

# **Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf den ruminalen Trockenmasse-Abbau neun aktueller Silomais- Sorten unterschiedlicher Reifezahl**

## **Masterarbeit**

zur Erlangung des akademischen Grades des Diplomingenieurs (DI)

eingereicht von

**Georg Terler, Bakk. techn.**

**(0840645)**

### ***Beurteiler:***

Univ.-Doz. DI Dr. Leonhard Gruber

### ***Betreuer:***

Univ.-Doz. DI Dr. Leonhard Gruber

Ing. Anton Schauer

*Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft, Raumberg-Gumpenstein  
Institut für Nutztierforschung*

Ao. Univ.-Prof. DI Dr. Wilhelm Knaus

*Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nachhaltige Agrarsysteme  
Institut für Nutztierwissenschaften*

Wien, November 2013

## Danksagung

Zu allererst möchte ich mich bei Herrn Univ.-Doz. DI Dr. Leonhard Gruber für die Überlassung des Themas und die Hilfe bei der Verfassung dieser Masterarbeit bedanken. Er war mir bei der Literatursuche sehr behilflich, hat mich bei der Auswertung der Daten unterstützt und durch Ratschläge und konstruktive Kritik zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

Weiters möchte ich Herrn Ing. Anton Schauer für seine Unterstützung bei der praktischen Versuchsdurchführung und Datenaufbereitung danken.

Mein besonderer Dank gilt auch Herrn Ao. Univ.-Prof. DI Dr. Wilhelm Knaus, der mich seitens der Universität für Bodenkultur Wien betreut hat. Seine Ratschläge und Tipps haben mir bei meinem Vorhaben sehr weitergeholfen.

Auch dem Stallpersonal des LFZ Raumberg-Gumpenstein möchte ich meinen Dank aussprechen. Es hat mich bei der Versorgung der Ochsen und bei versuchstechnischen Angelegenheiten tatkräftig unterstützt.

In weiterer Folge gebührt auch allen anderen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts für Nutztierforschung in Gumpenstein großer Dank, da sie mich gut aufgenommen haben und mir bei so manchen Problemen weitergeholfen haben.

Weiters bin ich auch meinen Eltern und Großeltern für die finanzielle und materielle Unterstützung während meines Studiums und der Verfassung der Masterarbeit dankbar.

Abschließend möchte ich noch meiner ganzen Familie und meinen Freunden für die mentale und moralische Unterstützung in den letzten Jahren danken.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>6</b>
1.1	Bedeutung des Silomais-Anbaus in Österreich.....	6
1.2	Problemstellung .....	7
1.3	Forschungsfragen.....	8
1.4	Arbeitshypothesen .....	8
<b>2</b>	<b>Literaturübersicht .....</b>	<b>9</b>
2.1	Botanik der Maispflanze .....	9
2.2	Futterwert von Silomais.....	10
2.2.1	Zusammensetzung von Restpflanze, Kolben und Gesamtpflanze .....	10
2.2.2	Veränderung der Zusammensetzung während der Abreife.....	12
2.2.3	Verdaulichkeit von Silomais .....	14
2.3	Die in situ-Methode .....	19
2.3.1	Ablauf der in situ-Methode .....	19
2.3.2	Ursachen für die Varianz der in situ-Ergebnisse .....	20
2.3.3	Das mathematische Modell zur Berechnung des ruminalen TM- Abbaus.....	24
<b>3</b>	<b>Tiere, Material und Methodik .....</b>	<b>26</b>
3.1	Beschreibung der Sorten.....	26
3.2	Klimadaten für die Versuchsjahre .....	28
3.3	Erntetermine .....	29
3.4	Der in situ-Versuch .....	30
3.4.1	Probenvorbereitung .....	30
3.4.2	Vorbereitung der Säckchen (Nylon bags).....	30
3.4.3	Einwaage des Probenmaterials .....	31
3.4.4	Inkubation der Proben.....	32
3.4.5	Trocknung und Rückwaage.....	33
3.4.6	Die Versuchstiere.....	34
3.5	Statistische Auswertung der Daten .....	35

<b>4</b>	<b>Ergebnisse und Diskussion .....</b>	<b>36</b>
<b>4.1</b>	<b>Ergebnisse Restpflanze .....</b>	<b>36</b>
4.1.1	Nährstoffgehalte der Restpflanze .....	36
4.1.2	Einfluss der Sorte auf den in situ-TM-Abbau der Restpflanze .....	39
4.1.3	Einfluss des Erntezeitpunktes auf den in situ-TM-Abbau der Restpflanze .....	40
4.1.4	Einfluss des Jahres auf den in situ-TM-Abbau der Restpflanze.....	44
4.1.5	Wechselwirkungen bei der Restpflanze .....	45
<b>4.2</b>	<b>Ergebnisse Kolben.....</b>	<b>50</b>
4.2.1	Nährstoffgehalt des Kolbens .....	50
4.2.2	Einfluss der Sorte auf den in situ-TM-Abbau des Kolbens .....	52
4.2.3	Einfluss des Erntezeitpunktes auf den in situ-TM-Abbau des Kolbens.....	53
4.2.4	Einfluss des Jahres auf den in situ-TM-Abbau des Kolbens .....	57
4.2.5	Wechselwirkungen beim Kolben.....	58
<b>4.3</b>	<b>Ergebnisse Gesamtpflanze .....</b>	<b>63</b>
4.3.1	Nährstoffgehalt der Gesamtpflanze.....	63
4.3.2	Einfluss der Sorte auf den in situ-TM-Abbau der Gesamtpflanze.....	66
4.3.3	Einfluss des Erntezeitpunktes auf den in situ-TM-Abbau der Gesamtpflanze.....	67
4.3.4	Einfluss des Jahres auf den in situ-TM-Abbau der Gesamtpflanze .....	71
4.3.5	Wechselwirkungen bei der Gesamtpflanze.....	71
<b>4.4</b>	<b>Schlussfolgerungen .....</b>	<b>76</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>80</b>
<b>6</b>	<b>Abstract .....</b>	<b>81</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>82</b>
<b>8</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>90</b>
<b>9</b>	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>92</b>
<b>10</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>95</b>

## Abkürzungen

ADF	acid detergent fibre, Säure-Detergenzien-Faser
ADL	acid detergent lignin, Lignin
bm3	brown midrib 3, spezielle Genmutation bei Silomais
bzw.	beziehungsweise
d.h.	das heißt
ED 2	effective degradability, passage rate 2 %; effektive Abbaubarkeit bei einer Passagerate von 2 %
ED 5	effective degradability, passage rate 5 %; effektive Abbaubarkeit bei einer Passagerate von 5 %
ED 8	effective degradability, passage rate 8 %; effektive Abbaubarkeit bei einer Passagerate von 8 %
FM	Frischmasse
h	Stunde
ha	Hektar
NDF	neutral detergent fibre, Neutral-Detergenzien-Faser
NFC	non-fibre carbohydrates, Nicht-Faser-Kohlenhydrate
OM	organic matter, organische Masse
R <sup>2</sup>	Bestimmtheitsmaß
RSD	residual standard deviation, Rest-Standardabweichung
RZ	Reifezahl
TM	Trockenmasse
XA	Rohasche
XF	Rohfaser
XL	Rohfett
XP	Rohprotein
XX	Stickstofffreie Extraktstoffe
usw.	und so weiter
z.B.	zum Beispiel

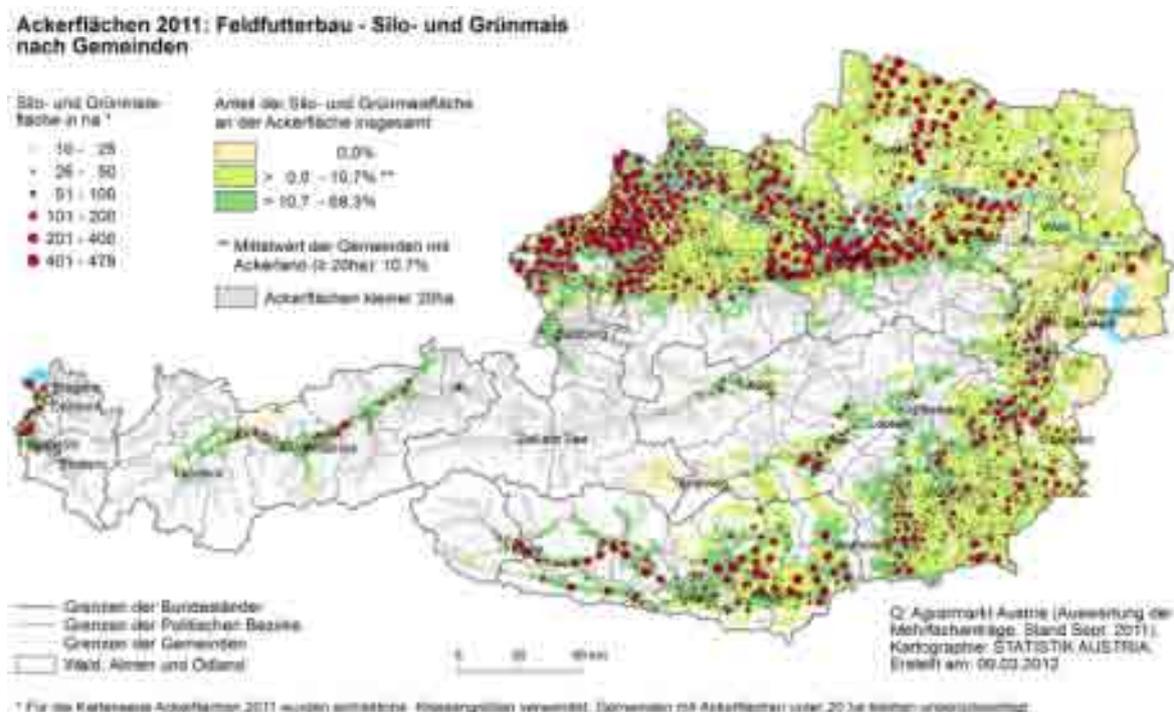
Weitere Abkürzungen sind im Text erklärt.

# 1 Einleitung

## 1.1 Bedeutung des Silomais-Anbaus in Österreich

Silomais stellt in Österreich ein wesentliches Grundfuttermittel in der Rinderfütterung dar. Aufgrund seines hohen Energie- und niedrigen Proteingehaltes eignet er sich sehr gut, um den Proteinüberschuss des teilweise kleereichen Grünlandfutters auszugleichen (HERTER et al. 1996a). Deswegen wird er in Milchviehherden vor allem im Winter zur Ergänzung von Grassilage und zur Einsparung von Kraftfutter eingesetzt.

Die Silomais-Anbaufläche betrug in Österreich im Jahr 2011 81.317 ha, was knapp 6 % der gesamten österreichischen Ackerfläche und 2,86 % der gesamten österreichischen landwirtschaftlichen Nutzfläche entspricht. Der Silomais stellt somit nach Winterweichweizen und Körnermais die am dritthäufigsten angebaute Kultur auf den Ackerflächen dar (BMLFUW 2012, STATISTIK AUSTRIA 2012a). Die meisten Silomais-Flächen befinden sich in Nieder- und Oberösterreich, wo zusammen mehr als 50.000 ha angebaut werden, das sind etwa zwei Drittel des gesamten österreichischen Silomaises (STATISTIK AUSTRIA 2012a).



**Abbildung 1:** Verbreitung des Silomais-Anbaus in Österreich (STATISTIK AUSTRIA 2012b)

Die geographische Verteilung des Silomais-Anbaus in Österreich ist in Abbildung 1 zu sehen. Der Anbau erfolgt vor allem in klimatisch geeigneten Lagen, wie dem Inn-, Hausruck- und Mühlviertel Oberösterreichs, im Wald- und Mostviertel Niederösterreichs so-

wie in der Buckligen Welt und im südoststeirischen Hügelland. Aber auch im Kärntner Becken und in inneralpinen Tälern wird Silomais kultiviert (z.B. Rheintal, Inntal, Drautal, Ennstal sowie Mur- und Mürztal). In diesen Gebieten ist auch die intensive Milchviehhaltung am weitesten verbreitet (STATISTIK AUSTRIA 2012b, GRUBER und HEIN 2006).

## **1.2 Problemstellung**

In Österreich sind viele verschiedene Silomais-Sorten am Markt, die sich teilweise in ihren Eigenschaften deutlich unterscheiden. Ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal ist die Reifezahl, die den Reifezeitpunkt und die Reifegeschwindigkeit der Pflanzen beschreibt. Der optimale Erntezeitpunkt ist für die Zusammensetzung und Qualität des Silomaises von großer Bedeutung. Je nach Reifezahl der Sorte kann jedoch dieser optimale Erntezeitpunkt stark variieren.

In Österreich werden, je nach Region, unterschiedliche Reifezahlen bevorzugt. Während in wärmeren Gebieten Sorten mit höherer Reifezahl (spätreife Sorten) bevorzugt werden, werden in den Grenzlagen frühreife Sorten (niedrige Reifezahl) verwendet. Wenn spätreife Sorten in Grenzlagen verwendet werden, kann es sein, dass diese die erforderliche Reife nicht erreichen. Frühreife Sorten reifen in Gunstlagen möglicherweise zu schnell, was negative Auswirkungen auf die Silagequalität haben kann. Deshalb sind die Wahl der Sorte mit passender Reifezahl und der richtige Erntezeitpunkt wesentliche Voraussetzungen für eine optimale Zusammensetzung und Qualität der Maissilage.

Für das komplexe Verdauungssystem in den Vormägen der Wiederkäuer spielt die Zusammensetzung der Silage ebenfalls eine große Rolle. Die Sorten unterscheiden sich teilweise in den Anteilen an Kolben und Restpflanze, was die Verdaulichkeit der Gesamtpflanze erheblich beeinträchtigen kann. Neben der Verdaulichkeit stellt aber bei Wiederkäuern die Futterstruktur eine wichtige Voraussetzung für die Funktion des Verdauungssystems dar. Eine zu geringe Futterstruktur in der Nahrung kann bei Rindern zu Acidose führen, was nachteilige Folgen für Tier und Landwirt hat.

In der vorliegenden Arbeit soll deshalb die ruminale TM-Abbaubarkeit von Silagen neun verschiedener Silomais-Sorten untersucht werden. Um Auskunft über den Einfluss des Erntezeitpunktes zu bekommen, wurden sie zu drei verschiedenen Zeitpunkten geerntet. Weiters wurden, neben der Gesamtpflanze, auch Kolben und Restpflanze getrennt betrachtet, um die Sorten bezüglich ihrer ruminalen Abbaubarkeit genauer differenzieren zu können. Um auch den Einfluss des jeweiligen Jahres bestimmen zu können, wurden die Daten von drei Jahren herangezogen und miteinander verglichen. Auf Basis dieser Daten soll bestimmt werden, welche Sorte unter welchen Bedingungen am besten für die Rinderfütterung geeignet ist.

### **1.3 Forschungsfragen**

Im Rahmen dieser Masterarbeit sollen folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

- Unterscheiden sich die untersuchten Silomais-Sorten hinsichtlich der Nährstoff-Zusammensetzung und der ruminalen TM-Abbaubarkeit von Restpflanze, Kolben und Gesamtpflanze?
- Welchen Einfluss hat der Erntezeitpunkt auf die Nährstoff-Zusammensetzung und ruminale TM-Abbaubarkeit von Restpflanze, Kolben und Gesamtpflanze?
- Welchen Einfluss hat das Jahr auf die Nährstoff-Zusammensetzung und ruminale TM-Abbaubarkeit von Restpflanze, Kolben und Gesamtpflanze?

### **1.4 Arbeitshypothesen**

Folgende Arbeitshypothesen wurden für die vorliegende Arbeit aufgestellt:

- Restpflanze, Kolben und Gesamtpflanze der verschiedenen Sorten unterscheiden sich signifikant hinsichtlich ihrer Nährstoff-Zusammensetzung und ihrer ruminalen TM-Abbaubarkeit.
- Der Erntezeitpunkt hat einen signifikanten Einfluss auf die Nährstoff-Zusammensetzung und die ruminale TM-Abbaubarkeit von Restpflanze, Kolben und Gesamtpflanze.
- Das Jahr hat einen signifikanten Einfluss auf die Nährstoff-Zusammensetzung und die ruminale TM-Abbaubarkeit von Restpflanze, Kolben und Gesamtpflanze.

## 2 Literaturübersicht

### 2.1 Botanik der Maispflanze

Mais (*Zea mays*) gehört, wie alle anderen Getreidearten, der Familie der Gräser an. Je nach Pflanzenlänge, Wachstumszeit und Kornform können viele verschiedene Varietäten unterschieden werden. Anhand der Kornform können sie in Zahn-, Hart-, Puff-, Zucker-, Stärke-, Wachs- und Spelzmais eingeteilt werden. Die größte wirtschaftliche Bedeutung kommt weltweit dem Zahnmais zu. Die meisten der heutzutage in Europa verwendeten Hybridmais-Sorten sind Kreuzungen zwischen Zahn- und Hartmais (ZSCHEISCHLER et al. 1990).

Diese zwei Korntypen unterscheiden sich in der Zusammensetzung und im Aussehen des Korns. Beim Zahnmais umgibt eine glasige Schicht die innere mehligke Schicht, die an der Kronenseite des Korns bis zur Schale dringt. Da das mehligke Endosperm bei der Reife rascher eintrocknet, ergibt sich eine charakteristische Einsenkung an der Oberfläche des Korns. Beim Hartmais umgibt die glasige Schicht das gesamte mehligke Endosperm, so dass die Körner runder und härter sind (ZSCHEISCHLER et al. 1990, PHILIPPEAU und MICHALET-DOREAU 1998).

Die männlichen Blüten (Fahne) befinden sich an der Spitze der Pflanze, während sich aus den weiblichen Blüten der Kolben entwickelt. Die Bestäubung findet zum größten Teil durch Fremdbefruchtung statt, indem der Wind die Pollen von der männlichen zur weiblichen Blüte befördert, wo sie am Griffel (Narbenfäden) hängen bleiben. Nach der Befruchtung wird durch Einlagerung von Nährstoffen der TM-Gehalt stark erhöht. Maispflanzen werden durchschnittlich 2–3 m hoch und bilden 400–600 Körner pro Pflanze (ZSCHEISCHLER et al. 1990).

Der Kolben besteht aus den Körnern, die an der Spindel sitzen und von den Lieschblättern umgeben sind. Der Spindelanteil beträgt zum Zeitpunkt der Ernte, sortenabhängig, zwischen 15,0 und 26,6 %. Die Körner bestehen aus dem Nährgewebe und dem Keimling. Während das Nährgewebe fast ausschließlich aus Stärke besteht, ist der Keimling reich an Eiweiß und Ölen. Die Stängel des Maises können bis zu 7 m lang werden und sind im Inneren mit Mark gefüllt. Bevor sich die Körner bilden, können die Stängel bis zu 8 % Zucker enthalten. Eine Maispflanze kann zwischen 6 und 48 Blätter besitzen, in Mitteleuropa sind allerdings Sorten mit 8 bis 16 Blättern üblich. Das direkt unterhalb des Kolbens sitzende Blatt ist das wichtigste, da dieses den Kolben mit Nährstoffen versorgt (ZSCHEISCHLER et al. 1990).

Mais ist eine Pflanze, die einen sehr hohen Wärmebedarf hat. Die während der Wachstumsphase notwendige Durchschnittstemperatur liegt für Silomais bei 13,5 °C. In Grenzlagen sollten deshalb nur Sorten mit guter Kältetoleranz und Jugendentwicklung verwendet werden, die auch kurze Spätfröste aushalten. Während der Jugendentwicklung

im Mai und Juni führen höhere Temperaturen zu rascherem Bestandesschluss und höheren Erträgen. Danach, während des Schossens und Rispenschiebens, ist vor allem die richtige Wasser- und Nährstoffversorgung von entscheidender Bedeutung für die Befruchtung und gute Erträge. Zum Zeitpunkt der Kornbildung und -füllung führen hohe Sättigungsdefizite der Luft zu rascherer Nährstoffeinlagerung und Ausreife (ZSCHEISCHLER et al. 1990).

Beste Wachstumsbedingungen findet der Mais auf humusreichen, gut gekrümelten Böden vor, die sich im Frühjahr rasch erwärmen. In feuchten Grenzlagen sind deshalb gut erwärmbare und durchlüftete leichte Böden gegenüber schweren Böden unbedingt zu bevorzugen. Auf kalten Tonböden und staunassen Böden gedeiht Mais überhaupt nicht (ZSCHEISCHLER et al. 1990).

## **2.2 Futterwert von Silomais**

Der Futterwert von Silomais wird im Wesentlichen durch die chemische Zusammensetzung der verschiedenen Pflanzenfraktionen sowie dem Anteil von Kolben und Restpflanze an der Gesamtpflanze bestimmt. Der Kolbenanteil an der Gesamtpflanze wird sehr stark vom Vegetationsstadium beeinflusst, wodurch dem Erntezeitpunkt eine entscheidende Bedeutung zukommt. In weiterer Folge spielt auch die Verdaulichkeit der verschiedenen Fraktionen eine wichtige Rolle für den Futterwert von Silomais (PARYS et al. 2000, ETTLE und SCHWARZ 2003, GRUBER und HEIN 2006). Auf Nährstoffebene betrachtet, beeinflussen vor allem der NDF-Gehalt sowie die NDF-Verdaulichkeit der verschiedenen Pflanzenfraktionen, der Stärkegehalt der Körner, die Stärke-Verdaulichkeit sowie der Fett- und Proteingehalt den Futterwert von Silomais (BAL et al. 2000a).

Aufgrund dieser Erkenntnisse werden in den folgenden Abschnitten der Einfluss des Vegetationsstadiums sowie der Sorte und des Jahres auf die Zusammensetzung und Verdaulichkeit und somit den Futterwert von Silomais genauer beschrieben.

### **2.2.1 Zusammensetzung von Restpflanze, Kolben und Gesamtpflanze**

Die Gesamtpflanze setzt sich aus dem energiereichen, hochverdaulichen Maiskolben und der relativ energiearmen, rohfaserreichen Restpflanze zusammen (GRUBER et al. 1983, HEIN und GRUBER 2003). Der Nährstoffgehalt in der Gesamtpflanze wird in erster Linie vom Kolbenanteil bestimmt, der von Standort, Düngung, Sorte, Bestandesdichte und Erntezeitpunkt abhängig ist (GROSS 1970a). Mit steigendem Kolbenanteil steigt somit auch die Nährstoffkonzentration in der Gesamtpflanze an. Auch ein geringer Spindelanteil am Kolben beeinflusst die Nährstoffkonzentration positiv (HEPTING 1984). Je nach Vegetationsstadium beträgt der Kolbenanteil an der Gesamtpflanze zwischen 37 % (früher Erntezeitpunkt) und 59 % (später Erntezeitpunkt) (PEX et al. 1996). Der TM-Gehalt der Gesamtpflanze wird hauptsächlich vom TM-Gehalt des Kolbens beeinflusst, und zwar umso mehr, je höher der Kolbenanteil ist (GROSS 1979).

In Tabelle 1 sind die durchschnittlichen Nährstoffgehalte von Restpflanzen-, Kolben- und Gesamtpflanzensilagen nach INRA (1989), DLG (1997) und NRC (2001) angeführt. Die Spannweiten bei den Gehalten in der Gesamtpflanze ergeben sich durch mehrere Angaben für unterschiedliche Reifestadien der Gesamtpflanze. Der erste Wert entspricht aber nicht immer dem frühesten und der letzte Wert nicht immer dem spätesten Reifestadium.

**Tabelle 1:** Durchschnittliche Nährstoffgehalte von silierten Restpflanzen, Kolben und Gesamtpflanzen  
(TM in g/kg FM und XP ... NFC in g/kg TM)

	Restpflanze		Kolben		Gesamtpflanze		
	DLG (1997)	INRA (1989)	DLG (1997)	INRA (1989)*	DLG (1997)	INRA (1989)	NRC (2001)
TM	350	310	600	530	170–380	240–350	235–442
XP	69	66	95	83	80–101	77–105	85–97
XL	15		40		32–36		25–32
XF	307	337	89	90	177–277	165–226	
XX	477		753		508–666		
OM	868	907	977	981	918–957	929–953	952–960
XA	132	93	23	19	43–82	47–71	40–48
NDF							445–541
ADF		368		111		189–253	275–341
ADL							26–35
NFC							289–398

\* Werte für Lieschkolben-Silage

Anhand dieser Tabelle ist ersichtlich, dass Silomais ein wichtiges Energiefuttermittel ist. Die Kohlenhydrate der Restpflanze bestehen vorwiegend aus Gerüstsubstanzen, während die Kohlenhydrate des Kolbens aus Nicht-Faser-Kohlenhydraten (vor allem Stärke) bestehen. Alle anderen Nährstoffe sind nur in geringen Mengen (unter 10 %) enthalten und haben daher auf den Futterwert von Silomais nur geringe Auswirkungen.

Der TM-Ertrag der Restpflanze erreicht nach der Blüte das Maximum und fällt danach je nach Sorte unterschiedlich rasch ab. Länger grün bleibende Sorten bauen nicht so rasch an TM ab und haben daher eine höhere Ertragsersparnis als früh reifende Sorten. Allerdings besitzen sie einen geringeren Kolbenanteil, wodurch die gesamte Nährstofflieferung wieder ausgeglichen wird (HEPTING 1984). Der TM-Gehalt der Restpflanze ist vor allem vom Witterungsverlauf vor der Ernte, dem Wasservorrat im Boden und dem Entwicklungszustand des Maises abhängig. Die Restpflanze ist relativ reich an XF und XX, jedoch arm an XP (GROSS und PESCHKE 1980a). Besonders die tieferen Fraktionen der Restpflanze weisen höhere Lignin- und Zellwandgehalte auf als höhere Pflanzenteile.

Deswegen wird ein höherer Schnitt der Maispflanzen empfohlen (FLACHOWSKY et al. 1993).

In den letzten Jahrzehnten wurden auch Sorten mit verbesserter Faser-Verdaulichkeit, sogenannte bm3-Sorten, gezüchtet. Diese weisen im Vergleich zu konventionellen Sorten ähnliche TM- und XF-Gehalte, jedoch geringere Stärkegehalte und TM-Erträge auf (KURTZ et al. 2004). Eine andere Studie ergab für bm3-Sorten reduzierte TM-, Faser- und Stärkegehalte. Andere Sorten, die speziell auf niedrigen Fasergehalt gezüchtet werden, weisen im Vergleich zu faserreichen Sorten einen deutlich höheren Stärke- und einen deutlich reduzierten Fasergehalt auf (BAL et al. 2000a).

Der Kolben weist deutlich höhere XX- und Stärkegehalte als die Restpflanze auf. Dagegen ist der XF-Gehalt in der Restpflanze doppelt so hoch wie im Kolben. Der XP- und XL-Gehalt ist wiederum im Kolben doppelt so hoch wie in der Restpflanze (GROSS 1980). Um nährstoffreiche Silagen zu erhalten, sollte deshalb der Kolbenanteil an der Gesamtpflanze möglichst hoch sein.

Der maximale Stärkegehalt in Silomais wird bei einem TM-Gehalt des Korns von 60–65 % bzw. von 50–55 % des Kolbens erreicht. Deshalb sollte zum Erreichen des Ertragsmaximums ein TM-Gehalt des Kolbens von 45 % nicht unterschritten werden (SCHUPPENIES und KNABE 1990). Um gute Maissilagen erzeugen zu können, sollte der Kolbenanteil mind. 60 % auf TM-Basis betragen sowie der Kolben um 50 % und die Restpflanze unter 18 % TM aufweisen (GROSS 1979).

Neben dem Erntezeitpunkt und der Sorte beeinflussen auch vor allem die Silierung und der Standort den Nährstoffgehalt der Maissilage. Durch Silierung wird der XF-Gehalt erhöht und der Stärkegehalt vermindert. Der Standort beeinflusst vor allem den Gerüstsubstanzengehalt und die Anteile von Faser- und Nicht-Faser-Kohlenhydraten in der Maissilage (GRUBER et al. 2006).

### **2.2.2 Veränderung der Zusammensetzung während der Abreife**

Maissilage ist das einzige Grundfuttermittel, das bei Ernte in späterem Vegetationsstadium, zumindest bis zu einem bestimmten Zeitpunkt, an Futterwert zunimmt (GROSS 1970b, GROSS 1980). Der Frischmasse-Ertrag steigt zunächst an, bei später Ernte kann er jedoch wieder abnehmen. Der TM-Ertrag nimmt ebenfalls zu, jedoch wird der TM-Zuwachs mit fortschreitender Reife immer geringer (ZSCHEISCHLER et al. 1974).

Der TM-Gehalt der Restpflanze erhöht sich erst am Ende der Vegetation geringfügig, was auf Austrocknung und Zunahme von Struktur-Kohlenhydraten zurückzuführen ist. Der TM-Gehalt des Kolbens steigt hingegen im Laufe der Vegetation sehr stark an, was vor allem durch die Erhöhung des Stärkegehaltes im Kolben bedingt ist (GROSS 1979, GRUBER et al. 1983, PEX et al. 1996, SCHWARZ und ETTLE 2000, ETTLE und SCHWARZ 2003, GRUBER und HEIN, 2006). Während der Energiegehalt des Kolbens mit fortschreitender

Vegetation in etwa konstant bleibt, nimmt jener der Restpflanze aufgrund des steigenden XF- und sinkenden XX-Gehaltes ab (GRUBER et al. 1983).

Mit zunehmender Vegetationsdauer kommt es vor allem zu Umwandlungsprozessen in der Restpflanze (HEIN et al. 1996). Im Zuge dessen werden zunehmend Lignin, Zellulose und Hemizellulose eingelagert (GROSS 1970b, THOMET et al. 1986, HEIN et al. 1996, HEIN und GRUBER 2003, KURTZ und SCHWARZ 2005). Das Ausmaß der Einlagerung dieser Gerüstsubstanzen ist von Sorte zu Sorte unterschiedlich (HEIN et al. 1996). Es gibt auch Sorten, bei denen der Gehalt an den Zellwandbestandteilen mit fortschreitender Vegetation konstant bleibt (WERMKE 1985). Mit fortschreitendem Vegetationsstadium nimmt auch der XA-Gehalt zu, während der XX-, XP- und XL-Gehalt abnimmt (GROSS 1970a, PEX et al. 1996). Je länger die Restpflanze grün bleibt, desto nährstoffreicher ist sie (HEPTING 1984).

Die Stärkeeinlagerung im Kolben erfolgt durch Transport von Stärke und Zucker aus der Restpflanze in den Kolben und durch Umwandlung von Zucker in Stärke im Kolben (GRUBER et al. 1983). Während der Stärkegehalt mit fortschreitender Reife steigt, reduziert sich der XF-Gehalt im Kolben (GROSS 1980, GROSS und PESCHKE 1980b, GRUBER et al. 1983, PEX et al. 1996, GRUBER und HEIN 2006). Die XP- und XA-Gehalte gehen mit fortschreitender Reife nur unwesentlich zurück, während der XL-Gehalt ansteigt (GROSS 1970b, GROSS 1980, GROSS und PESCHKE 1980b).

In der Gesamtpflanze nimmt der Kolbenanteil und somit auch der TM-Gehalt mit zunehmender Reife immer mehr zu (GROSS und AVERDUNK 1974, GRUBER et al. 1983, DACCORD et al. 1995, PEX et al. 1996, METWALLY und SCHWARZ 2010, GRUBER und HEIN 2006). Das hat zur Folge, dass auch in der Gesamtpflanze der Stärkegehalt zunimmt, während der Zucker-, XA- und XF-Gehalt reduziert wird. Der XF-Gehalt nimmt ebenfalls zu, während jener von XP mit fortschreitendem Vegetationsstadium konstant bleibt oder leicht zurückgeht (GROSS 1970b, GRUBER et al. 1983, HERTER et al. 1996b, PEX et al. 1996, BAL et al. 1997, SUTTON et al. 1999). Bei steigendem TM-Gehalt des Kolbens ist der Rückgang des XP-Gehaltes der Gesamtpflanze umso größer, je höher der Kolbenanteil ist (GROSS 1970a). Andere Ergebnisse zeigen allerdings, dass mit Ausnahme des XF-Gehaltes (Abnahme) alle Kohlenhydratfraktionen bei zunehmendem Vegetationsstadium unverändert bleiben (GRUBER et al. 2006). Bei hohen TM-Gehalten der Gesamtpflanze (über 35 %) kann jedoch auch der XF-Anteil wieder zunehmen (HERTER et al. 1996a, PEX et al. 1996). Eine weitere Studie belegt, dass der XL-Gehalt mit steigendem TM-Gehalt auch abnehmen kann (GROSS und AVERDUNK 1974).

Der optimale Erntezeitpunkt wird dann erreicht, wenn der TM-Gehalt des Kolbens 45 % und jener der Gesamtpflanze 30 % beträgt (GRUBER et al. 1983). Andere Studien geben den optimalen Erntezeitpunkt für Maissilagen mit 35 % TM-Gehalt der Gesamtpflanze an (BAL et al. 1997). Der optimale Erntezeitpunkt kann somit bei TM-Gehalten der Gesamt-

pflanze zwischen 30 und 35 % angenommen werden (DACCORD et al. 1995, PEX et al. 1996). Im Bereich zwischen 30 und 35 % TM in der Gesamtpflanze kann die Zunahme des Körneranteils die Abnahme der Verdaulichkeit der Restpflanze noch ausgleichen. Darüber geht die Verdaulichkeit der Maissilage deutlich zurück (HERTER et al. 1996b). Außerdem entspricht dieser Bereich dem besten Kompromiss zwischen Ertrag, Gärqualität und Futtermittelverzehr (DACCORD et al. 1995).

Der optimale TM-Gehalt der Maissilage ist für die Nährstoffkonzentration im Futter, für die Siliereignung sowie das Auftreten von Gärstoff- und Gärungsverlusten und für die Futteraufnahme von entscheidender Bedeutung. Mit zunehmender TM nimmt die Futteraufnahme des Tieres zu, weshalb TM-Gehalte der Maissilage von über 30 % angestrebt werden sollten (GROSS 1979). Frühe Erntetermine mit niedrigen TM-Gehalten haben den Nachteil, dass aufgrund des hohen Restpflanzen- und des niedrigen Kolbenanteils der Gehalt an Gerüstsubstanzen relativ hoch ist (GRUBER et al. 2006). Dagegen sind die Gerüstsubstanzen in früh geernteten Silagen besser verdaulich (DI MARCO et al. 2002). Hohe TM-Gehalte können wiederum zu Problemen mit der Silagestabilität führen, da solche Silagen schwerer zu verdichten sind (JENSEN et al. 2005).

Abschließend kann gesagt werden, dass mit zunehmender Reife der Futterwert einerseits durch den Korn- bzw. Kolbenzuwachs ansteigt, andererseits aber durch den Alterungsvorgang der Restpflanze abnimmt. Diese zwei Faktoren müssen bei der Ermittlung des optimalen Erntezeitpunktes berücksichtigt werden. Eine zu frühe Nutzung sollte allerdings vermieden werden, da sonst mögliche Stärkezuwächse ungenutzt bleiben (SCHWARZ und ETTLE 2000). Allerdings muss beachtet werden, dass auch pflanzenbauliche Maßnahmen, wie z.B. Saatedichte, Düngungsintensität und Sorte, das Verhältnis von Kolben zu Restpflanze und die Veränderungen in der Zusammensetzung beeinflussen können (ZSCHEISCHLER et al. 1974, PEX et al. 1996).

### **2.2.3 Verdaulichkeit von Silomais**

Für die Beschreibung der Verdaulichkeit von Silomais sollte die Gesamtpflanze herangezogen werden, da in ihr sowohl der Kolbenanteil als auch die Restpflanzen-Verdaulichkeit enthalten sind (DEINUM et al. 1984, HERTER et al. 1996a). Die Verdaulichkeit der Gesamtpflanze ergibt sich somit aus den Verdaulichkeitsquotienten von Kolben und Restpflanze sowie deren Anteilen an der Gesamtpflanze, wobei dem Kolbenanteil die entscheidende Bedeutung zukommt (HEPTING 1992, SCHLAGHECK et al. 2000). Alle Maßnahmen die den Kolbenanteil erhöhen, führen zu einer rascheren Verbesserung der Verdaulichkeit als Maßnahmen, welche die Verwertbarkeit der Restpflanze steigern (SCHWARZ et al. 1996, SCHWARZ und ETTLE 2000). Für eine gute Verdaulichkeit der Gesamtpflanze ist deshalb ein gut ausgereifter Kolben eine wichtige Voraussetzung (HEPTING 1984).

Die Verdaulichkeit der OM wird in einem großen Maße vom Zellwandanteil und vom Lignozellulose-Gehalt bestimmt. Körneranteil und Stärkegehalt üben dagegen auf die Verdaulichkeit der OM nur einen geringen Einfluss aus (HERTER et al. 1996a). Die in vitro-Verdaulichkeit ist mit dem XF-Gehalt der Restpflanze negativ und mit dem Stärkegehalt des Kolbens positiv korreliert (FERRET et al. 1997, SCHWARZ und ETTLE 2000).

Auch die Silierung allein beeinflusst bereits die Verdaulichkeit der Maissilage. Durch den Siliervorgang erhöht sich die effektive ruminale Abbaubarkeit der Gesamtpflanze und der Körner, während sich jene der Restpflanze verringert. Außerdem geht die Abbaubarkeit von Mais bei fortschreitender Reife weniger stark zurück, wenn er siliert ist (METWALLY und SCHWARZ 2010). Die höhere Abbaubarkeit von siliertem Mais ist auf einen Anstieg der rasch löslichen Fraktion zurückzuführen (PHILIPPEAU und MICHALETDOREAU 1998).

#### 2.2.3.1 Einfluss der Sorte auf die Verdaulichkeit von Silomais

Die Differenzen in der Verdaulichkeit zwischen den Sorten sind in den Restpflanzen deutlich stärker ausgeprägt als im Kolben (DEINUM et al. 1984, SCHLAGHECK 2001). Innerhalb der Restpflanze variiert vor allem die Verdaulichkeit des Stängels zwischen den Sorten, während die Verdaulichkeit der Blätter ähnlich ist (HEPTING 1988b). Aber auch im Kolben können sowohl bei den Körnern als auch bei der Spindel und somit auch im gesamten Kolben signifikante Unterschiede in der Verdaulichkeit zwischen den Sorten festgestellt werden (HEPTING 1988a).

In einem österreichischen Versuch wurden geringe Unterschiede in der Verdaulichkeit zwischen den Sorten festgestellt. Dabei kam heraus, dass mittelfrühe Sorten die geringste und späte Sorten die höchste Verdaulichkeit aufweisen, was vor allem auf den Kolbenanteil zurückzuführen ist (HEIN und GRUBER 2003). Das hängt auch damit zusammen, dass mittelfrühe Sorten den höchsten XF- und den geringsten Energiegehalt aufweisen, während es bei späten Sorten genau umgekehrt ist (HEIN et al. 1996). Eine andere Studie sagt allerdings gerade den mittelfrühen Sorten die beste in vitro-Verdaulichkeit zu (SCHLAGHECK 2001).

In den USA wurden zwei Maissilagen unterschiedlichen Fasergehaltes verglichen. Dabei stellte sich heraus, dass die faserreichere Silage zwar eine geringere TM-Aufnahme und TM-Verdaulichkeit aufweist, sie aber eine höhere NDF-Verdaulichkeit besitzt (TJARDES et al. 2002). Ein weiterer Versuch belegt, dass die ruminale TM- und Stärke-Abbaubarkeit bei faserreichen Sorten geringer und die NDF-Abbaubarkeit höher ist als bei faserarmen Hybriden (BAL et al. 2000a). Bei Verwendung spezieller „Restpflanzen-Sorten“ können gegenüber konventionellen Sorten höhere Verdaulichkeitswerte für TM, OM, NDF und ADF in den Maissilagen erreicht werden (BAL et al. 2000b).

ETTLE und SCHWARZ (2003) verglichen sogenannte Stay-green-Sorten (spätreif) mit Dry-down-Sorten (frühreif). Dabei kam heraus, dass die Dry-down-Sorten in der Verdaulichkeit von OM, XX und XF besser oder zumindest gleich gut abschneiden wie die Stay-green-Sorten. Auch eine andere Studie kommt zum Schluss, dass Stay-green-Sorten keinen Vorteil in der Verdaulichkeit gegenüber herkömmlichen Sorten haben. Außerdem nimmt bei solchen Sorten die Verdaulichkeit mit fortschreitender Reife tendenziell schneller ab als bei konventionellen Sorten (SCHLAGHECK et al. 2000).

Verschiedene Sorten weisen teilweise beträchtliche Unterschiede in der Verdaulichkeit des Kolbens (OM) auf (THOMET et al. 1986). Vor allem gegen Ende des Vegetationsstadiums wurden bei der ruminalen Abbaubarkeit von silierten Maiskörnern Unterschiede beobachtet. Weiters wurde festgestellt, dass silierte Maiskörner eine um 5–10 % höhere Pansen-Abbaubarkeit aufweisen als unsilierte (ETTLE et al. 2001).

Die ruminale TM-Abbaubarkeit der Stängel unterscheidet sich in einer slowenischen Studie zwischen den Sorten signifikant und ist vor allem auf Unterschiede im Gehalt der löslichen Fraktion zurückzuführen. Auch die effektive TM-Abbaubarkeit variiert stark und ist eng mit dem ADF- und NDF-Gehalt korreliert. Die ruminale TM-Abbaubarkeit der Blätter variierte ebenfalls, aber nicht so stark wie bei den Stängeln. Bei der Spindel sind die Sorten-Unterschiede in der Pansen-Abbaubarkeit der TM auf variierende Gehalte an der potentiell löslichen Fraktion zurückzuführen. Die ruminale TM-Abbaubarkeit der Körner variierte ebenfalls sehr stark, wobei jedoch die Unterschiede mit zunehmender Verweildauer im Pansen abnahmen (VERBIČ et al. 1995). Ein weiterer Versuch bestätigt, dass zwischen den Sorten deutliche Unterschiede in der ruminalen TM- und NDF-Abbaubarkeit bestehen (PARYS et al. 2000). In einem amerikanischen Versuch wurde festgestellt, dass faserarme Maissilagen höhere Pansen-Abbauraten für Stärke und TM aufweisen als faserreiche (JOHNSON et al. 2003).

Spätreife Sorten besitzen im Vergleich zu frühreifen eine höhere lösliche und eine geringere potenziell abbaubare Fraktion, was dazu führt, dass sich die potentielle Abbaubarkeit zwischen den Sortentypen nicht unterscheidet. Außerdem weisen die spätreifen Sorten auch eine höhere Abbauraten auf (GRUBER et al. 2006). Ein hoher NDF-Gehalt in der Silage reduziert die lösliche Fraktion und erhöht die unabbaubare Fraktion, was einen negativen Einfluss auf die Verdaulichkeit der OM hat. Auch für die Abbaubarkeit des Rohproteins wurde dasselbe Szenario festgestellt (DE BOEVER et al. 2002).

Beim Einsatz von bm3-Sorten können deutlich höhere TM- und NDF-Abbaubarkeiten der Restpflanze im Pansen erwartet werden. Allerdings dürfte die ruminale Abbaubarkeit des Kolbens bei bm3-Sorten im Vergleich zu konventionellen Sorten reduziert sein. Bezogen auf die Gesamtpflanze sind die Unterschiede zwischen diesen beiden Sortentypen somit gering (BAL et al. 2000a, PARYS et al. 2000, KURTZ et al. 2004). Die höhere TM-Abbaubarkeit der Restpflanze von bm3-Sorten kann auf einen geringeren Gehalt an

Zellwandbestandteilen und einen höheren Gehalt an löslichen Kohlenhydraten sowie auf eine höhere NDF-Abbaubarkeit zurückgeführt werden (TOVAR-GÓMEZ et al. 1997).

Körner (siliert und unsiliert) von Zahnmais-Sorten weisen eine höhere Stärke-Abbaubarkeit im Pansen auf als jene von Hartmais-Sorten. Diese Differenz wird durch deutliche Unterschiede in der schnell löslichen Fraktion verursacht. Zahnmais-Sorten weisen wesentlich höhere Gehalte an dieser Fraktion auf (PHILIPPEAU und MICHALET-DOREAU 1998).

Eine höhere ruminale Abbaubarkeit bedeutet nicht automatisch eine höhere Gesamt-Verdaulichkeit. Auch eine hohe Abbaubarkeit in den ersten Stunden nach der Verfütterung der Maissilage muss nicht unbedingt zu einer höheren Gesamt-Abbaubarkeit führen, da verschiedene Sorten unterschiedlich schnell im Pansen abgebaut werden (LANGENHOFF 2002).

Unterschiede in der Verdaulichkeit treten auch zwischen den verschiedenen Tierarten auf. Rinder können Silomais besser verdauen als Schafe, was vor allem auf eine höhere XF-Verdaulichkeit zurückzuführen ist. Dafür tritt bei Schafen eine etwas höhere Stärke-Verdaulichkeit auf. Allerdings können bei Rindern und Schafen sehr große Sortenunterschiede in der XF-Verdaulichkeit auftreten. Bezüglich der Verdaulichkeit der OM kommen vor allem beim Schaf Sortenunterschiede vor (PEX et al. 1996, SCHWARZ et al. 1996, FERRET et al. 1997).

#### 2.2.3.2 Einfluss des Erntezeitpunktes auf die Verdaulichkeit von Silomais

Mit zunehmendem Alter der Restpflanze nimmt deren Verdaulichkeit ab. Ein hoher Kolbenanteil, wie er am Ende des Vegetationsstadiums auftritt, ist also häufig mit einer geringen Verdaulichkeit der Restpflanze korreliert (DACCORD et al. 1995, HEIN et al. 1996, ARRIGO und STOLL 2012). Vor allem nehmen der Gehalt an verdaulichem XP und die in vitro-Verdaulichkeit der OM der Restpflanze mit fortschreitender Vegetationsdauer stark ab (GRUBER et al. 1983, THOMET et al. 1986, SCHLAGHECK 2001). Auch die XX-, XL-, XP- und XF-Verdaulichkeit nehmen mit zunehmender Reife ab, wobei die Faser-Verdaulichkeit deutlich weniger stark abnimmt als im Kolben (GROSS 1970b, GROSS 1980, GROSS und PESCHKE 1980a). Das kann jedoch von Sorte zu Sorte unterschiedlich sein. Es gibt auch Sorten, bei denen die Verdaulichkeit der Restpflanze bei zunehmender Reife nahezu unverändert bleibt (WERMKE 1985).

Die Verdaulichkeit der Nährstoffe im Kolben ist erheblich höher als jene der Nährstoffe in der Restpflanze (GROSS und PESCHKE 1980b). Im Kolben nimmt der Gehalt an verdaulichem XP und die Verdaulichkeit der XF mit zunehmender Reife ab, während die in vitro-Verdaulichkeit der OM zunimmt bzw. bei hohen TM-Gehalten konstant bleibt. Auch die Verdaulichkeit der XX steigt mit zunehmender Reife deutlich an (GROSS 1970b, GROSS 1980, GRUBER et al. 1983, THOMET et al. 1986, SCHLAGHECK 2001). Bei hoher Kolben-

TM kann die Verdaulichkeit der OM allerdings auch verringert werden (GROSS und PESCHKE 1980b). Die Verdaulichkeit der Spindel fällt mit zunehmender Reife signifikant ab, während die Verdaulichkeit der Körner weitgehend konstant bleibt (HEPTING 1988a).

Die in vitro-Verdaulichkeit der OM und der Gehalt an verdaulichem XP in der Gesamtpflanze entwickeln sich mit fortschreitender Vegetationsdauer ähnlich wie beim Kolben (GRUBER et al. 1983, THOMET et al. 1986, SCHWARZ und ETTLE 2000, SCHLAGHECK 2001, ARRIGO und STOLL 2012). In den späten Vegetationsstadien kann der zunehmende Körneranteil die abnehmende Restpflanzenqualität nicht mehr ausgleichen, wodurch die Verdaulichkeit der Gesamtpflanze nicht mehr zunimmt (THOMET et al. 1986, DI MARCO et al. 2002). Mit zunehmender Reife nimmt die Verdaulichkeit der XX in der Gesamtpflanze zu, während jene des XP und der XF abnimmt. Weiters steigt auch der Stärkegehalt in der Gesamtpflanze an (GROSS 1970a, GROSS und AVERDUNK 1974, DI MARCO et al. 2002, ETTLE und SCHWARZ 2003). Andere Studien belegen allerdings, dass mit zunehmender Reife nicht nur die Verdaulichkeit der XF und des XP, sondern auch jene der TM und der Stärke abnehmen (ANDRAE et al. 2001, FERNANDEZ et al. 2004, JENSEN et al. 2005). Eine britische Studie kam jedoch zum Schluss, dass die Reife nur einen signifikanten negativen Einfluss auf die Stärke-Verdaulichkeit hat, nicht aber auf die TM- und NDF-Verdaulichkeit. Mit zunehmender Reife nimmt aber die Stärke-Aufnahme zu, womit absolut auch mehr Stärke verdaut wird (SUTTON et al. 1999).

Zu beachten ist auch die Verdaulichkeit von Gesamtrationen, wenn Maissilagen unterschiedlicher Reife eingesetzt werden. Während bei Rindern der Reifegrad der Maissilage keinen Einfluss auf die Verdaulichkeit der Gesamtration hat, können Schafe Rationen mit reiferen Silagen besser verdauen als solche mit früh geernteten (COLOVOS et al. 1970).

Während die ruminale Abbaubarkeit der Restpflanze (verursacht durch Reduktion der NDF- und ADF-Abbaubarkeit) mit zunehmender Reife zurückgeht, bleibt jene des Kolbens weitgehend unverändert (FLACHOWSKY et al. 1993, AKBAR et al. 2002). Eine andere Studie belegt jedoch, dass mit zunehmendem Vegetationsstadium auch die Abbaubarkeit von silierten Maiskörnern zurückgeht (ETTLE et al. 2001). In den tieferen Fraktionen der Restpflanze geht die ruminale Abbaubarkeit besonders stark zurück (FLACHOWSKY et al. 1993).

Bezogen auf die Gesamtpflanze geht die ruminale TM-Abbaubarkeit mit zunehmender Reife zurück, wobei dieser Rückgang je nach Sorte unterschiedlich stark ausgeprägt sein kann. Auch die ruminale Abbaubarkeit von Stärke, XP und XF geht mit fortschreitender Reife zurück (CONE und ENGELS 1993, BAL et al. 2000a, ANDRAE et al. 2001, JOHNSON et al. 2003, JENSEN et al. 2005, KURTZ und SCHWARZ 2005). Die abnehmende ruminale Abbaubarkeit von NDF bei zunehmender Reife ist vor allem auf eine verlängerte lag-Phase zurückzuführen, d.h. es dauert länger, bis die Pansen-Mikroorganismen mit dem Abbau der NDF beginnen (JENSEN et al. 2005). Je feiner der Mais geschnitten ist und je

früher er geerntet wird, desto besser können Stärke und NDF ruminal abgebaut werden. Bezüglich der Gesamt-Verdaulichkeit der Stärke kann aber eine späte Ernte und eine grobe Zusammensetzung der Maissilage von Vorteil sein, da dann weniger Stärke ruminal verdaut wird und somit der Verdauung im Dünndarm, und damit direkt der Kuh, zur Verfügung steht (FERNANDEZ et al. 2004).

Mit fortschreitender Reife nimmt die im Pansen lösliche Fraktion immer mehr ab, während die potentiell abbaubare Fraktion immer mehr zunimmt. Die Abbaurate nimmt ebenfalls zu, was auf den steigenden Kolbenanteil und die höhere Verdaulichkeit des Kolbens im Vergleich zur Restpflanze zurückzuführen ist (GRUBER et al. 2006).

### 2.2.3.3 Einfluss des Jahres auf die Verdaulichkeit von Silomais

Auch das Jahr hat einen Einfluss auf die Verdaulichkeit von Silomais. In deutschen Studien wurden in zwei aufeinander folgenden Jahren deutlich unterschiedliche Verdaulichkeiten gemessen. Die Unterschiede zwischen den Jahren können jedoch zwischen den verschiedenen Sorten variieren (HEPTING 1988c, SPIEKERS und MUES 2001). Jahresbedingte Unterschiede in der Verdaulichkeit werden vor allem von der Witterung beeinflusst, da sie Einfluss auf das Abreifeverhalten von Kolben und Restpflanze hat. Bei kühler Witterung dauert es länger, bis der Kolben reif wird, während die Alterung der Restpflanze gleichermaßen voranschreitet. Aber auch sehr warme und trockene Witterung kann eine negative Auswirkung haben, speziell auf die NDF-Verdaulichkeit (THOMET et al. 1986, JOHNSON et al. 2003). Für die Verdaulichkeit des Kornes hat das Jahr nur eine geringe Bedeutung, während der Einfluss des Jahres auf die Verdaulichkeit des gesamten Kolbens signifikant ist (HEPTING 1988a).

## 2.3 Die in situ-Methode

Die in situ-Methode wurde das erste Mal in den späten 1930er Jahren angewandt und ist heute eine weltweit verbreitete Methode zur Beschreibung von ruminalen Abbauprozessen (HUNTINGTON und GIVENS 1995). Mit dieser Methode können das Ausmaß und die Geschwindigkeit der Abbauprozesse von Futter im Pansen am lebenden Tier rasch, relativ billig und auf einfache Weise abgeschätzt werden (ØRSKOV et al. 1980). Neben der potentiellen Pansen-Abbaubarkeit verschiedener Nährstoffe können mit dieser Technik auch effektive ruminale Abbaubarkeiten und ruminalen Abbaukurven ermittelt werden (SÜDEKUM 2005).

### 2.3.1 Ablauf der in situ-Methode

In diesem Kapitel soll der grundsätzliche Ablauf dieser Methode beschrieben werden. Im nächsten Kapitel werden mögliche Unterschiede in der Durchführung erläutert.

Zur Vorbereitung der Inkubation wird an der Fistel eine Schnur befestigt, an deren unterem Ende ein Eisenring angebracht ist. Nachdem das Futtermittel getrocknet, zerkleinert

und in die Säckchen eingewogen wurde, werden die Säckchen zugenäht oder verschweißt. Damit die Säckchen nach dem Herausnehmen wieder unterschieden werden können, ist eine Kennzeichnung notwendig. Bei der Inkubation werden mehrere Säckchen an diesem Eisenring befestigt und dann mit der Hand an die richtige Stelle im Pansen gedrückt, wo sie bis zum Herausnehmen verbleiben (ØRSKOV et al. 1980).

Nach der Entnahme der Säckchen werden diese sofort in Eiswasser gegeben, um die mikrobiellen Abbauvorgänge zum Stillstand zu bringen. Anschließend werden die Säckchen gewaschen, damit die in den Säckchen verbliebenen Mikroben entfernt werden können. Vor der Rückwaage und dem Analysieren werden die Proben schließlich noch getrocknet (ØRSKOV et al. 1980, HUNTINGTON und GIVENS 1995, SÜDEKUM 2005). Das danach in den Beuteln verbliebene Futtermittel (Residue) setzt sich immer aus potentiell abbaubaren und unabbaubaren Futterbestandteilen zusammen (MERTENS 1993).

Ein Nachteil dieser Methode ist, dass das Futter keiner Zerkleinerung durch Kauen unterliegt. Dadurch kann es zu einer Unterschätzung der Abbaurate aufgrund verzögertem mikrobiellen Abbau im Pansen kommen (ØRSKOV et al. 1980, SÜDEKUM 2005). Es muss auch beachtet werden, dass Futterpartikel, die eigentlich schon klein genug sind, dass sie den Pansen verlassen könnten, solange im Pansen bleiben, bis die Säckchen herausgenommen werden. Dadurch werden diese Partikel in den Säckchen länger verdaut als im Pansen üblich, womit es zu Verfälschungen kommen könnte (ØRSKOV et al. 1980). Weiters kann es auch durch Mikroben, welche nach dem Waschen im Beutel verbleiben, zur Unterschätzung des ruminalen Abbaus kommen. Dagegen können Partikel, die so klein sind, dass sie ohne Abbauvorgänge durch die Poren der Beutel diffundieren können, zu einer Überschätzung des Abbaus führen (MERTENS 1993, SÜDEKUM 2005).

Weiters können Substanzen in den Futtermitteln enthalten sein, die in Wasser oder in der Pansenflüssigkeit sofort löslich sind. Diese Futterbestandteile unterliegen daher keiner Verdauung im Pansen. Deshalb werden von jedem Futtermittel Proben vorbereitet, die nur in Wasser eingelegt werden und anschließend gewaschen und getrocknet werden. Damit kann jener Anteil des Futtermittels festgestellt werden, der die Säckchen unmittelbar nach der Inkubation verlässt (ØRSKOV et al. 1980). Dieser Anteil wird auch als Auswaschverlust bezeichnet. Weiters kann mit Hilfe einer Filterprobe eine Fraktionierung der Auswaschverluste in wasserlösliche Bestandteile und Mikropartikel durchgeführt werden (SÜDEKUM 2005).

### **2.3.2 Ursachen für die Varianz der in situ-Ergebnisse**

Verschiedene Autoren verwendeten unterschiedliche Säckchen (nylon bags) für ihre in situ-Versuche. Sie können aus Nylon, Polyester oder Dacron sein und ein mono- oder multifilamentöses Gewebe haben (MADSEN und HVELPLUND 1994, HUNTINGTON und GIVENS 1995). Es wird aber empfohlen monofilamentöse Säckchen aus Nylon mit ver-

schweißten Nähten zu verwenden (HUNTINGTON und GIVENS 1995). Damit kein Futtermittel in die für die Mikroben schwer zugänglichen Ecken der Beutel gelangt, sollten die Ecken abgerundet werden (MADSEN und HVELPLUND 1994).

Die Säckchen unterscheiden sich aber vor allem in der Größe und der Porengröße. Die Porengröße ist sehr entscheidend, da sie das Eindringen von Mikroben in die Beutel und das Ausströmen von Partikeln aus den Säckchen in das Pansenlumen beeinflusst (MERTENS 1993, HUNTINGTON und GIVENS 1995). Zu kleine Poren haben den Nachteil, dass gewisse Mikroben (vor allem Protozoen) nicht in die Beutel gelangen, während bei zu großen Poren unverdaute Partikel aus den Säckchen strömen könnten. Beide Szenarien könnten zu Verfälschungen der ruminale Abbaubarkeit führen. In einer Übersichtsarbeit wurde festgestellt, dass die meisten Forscher mit Porengrößen von 35 bis 54 µm arbeiten, was auch in etwa empfohlen wird (MADSEN und HVELPLUND 1994, HUNTINGTON und GIVENS 1995). Weiters wird empfohlen, Säckchen mit einem Längen/Breiten-Verhältnis von 1:1,0 bis 1:2,5 zu verwenden (MADSEN und HVELPLUND 1994).

Bei einem Versuch von ØRSKOV et al. (1980) hatten die Säckchen ein Maß von 140 × 90 mm und einen Porendurchmesser von 12 µm. In einem schwedischen Versuch wurden Beutel mit einer Größe von 120 × 60 mm verwendet (LINDBERG 1981a). In einem anderen schwedischen Versuch wurden allerdings Säckchen mit einem Maß von 170 × 75 mm und einer Porengröße von 10 µm bevorzugt (LINDBERG 1981b). Ein weiterer Versuch belegt, dass der ruminale TM-Abbau, aber auch die Auswaschverluste, mit zunehmender Porengröße immer mehr ansteigen. Vor allem in den ersten 24 Stunden der Inkubation wurde bei einer Porengröße von 36 µm eine deutlich höhere TM-Abbaubarkeit als bei 10 oder 20 µm festgestellt. Diese Tatsache gilt sowohl für Kraftfuttermittel als auch für Silage und Heu. Nur bei Stroh wurde kein Einfluss der Porengröße auf die ruminale TM-Abbaubarkeit festgestellt (LINDBERG und VARVIKKO 1982).

Die Trocknung des Futtermittels vor der Inkubation kann entweder durch Warmluft-, Gefrier- oder Mikrowellentrocknung erfolgen. Bei Warmlufttrocknung wird empfohlen, dass Trocknungstemperaturen von 60–65 °C nicht überschritten werden (MADSEN und HVELPLUND 1994, HUNTINGTON und GIVENS 1995).

Ein weiterer bedeutender Unterschied liegt in der Zerkleinerung bzw. Feinheit des inkubierten Materials. Die Zerkleinerung beeinflusst die Durchmischung des Futtermittels, die Auswaschverluste aus den Beuteln und die Oberfläche der Partikel. Je feiner das Futtermittel ist, desto höher sind die Auswaschverluste und umso rascher beginnt der Abbau im Pansen, auf das Ausmaß der Verdauung hat die Feinheit allerdings keinen Einfluss (ØRSKOV et al. 1980, HUNTINGTON und GIVENS 1995). ØRSKOV et al. (1980) vermahlten die Futtermittel in einer Mühle mit einem Sieb mit 2,5–3,0 mm Maschenweite, während LINDBERG (1981a) das Probenmaterial auf 1,0 mm Partikelgröße zerkleinerte. HUNTINGTON und GIVENS (1995) stellten fest, dass Siebe mit Maschenweiten von 1,0

mm bzw. zwischen 2,0 und 3,0 mm am häufigsten verwendet werden. MADSEN und HVELPLUND (1994) empfehlen Siebe mit Maschenweiten zwischen 1,5 und 2,5 mm. MERTENS (1993) dagegen empfiehlt, das Futtermittel möglichst grob zu mahlen, um die Auswaschverluste zu minimieren.

LINDBERG (1981b) verglich die ruminale Abbaubarkeit von Silage, Hafer und einer Kraftfuttermischung bei unterschiedlicher Partikelgröße (1,0 und 4,5 mm). Dabei stellte er fest, dass bei Silage und Hafer kleinere Partikelgrößen einen rascheren ruminale Abbau bewirken, während bei der Kraftfuttermischung die Feinheit keinen Einfluss auf die Pansen-Abbaubarkeit hatte. Vor allem bei kurzen Inkubationszeiten kann eine grobe Vermahlung die ruminale Abbaubarkeit stark reduzieren.

Werden Säckchen mit großen Poren (z.B. über 50 µm) verwendet und zusätzlich das Futtermittel fein vermahlen (z.B. unter 2 mm durchschnittliche Partikelgröße), so ist die Gefahr von Auswasch- bzw. Partikelverlusten besonders groß (HUNTINGTON und GIVENS 1995).

Auch die Menge an Futtermittel, die in einem Säckchen inkubiert wird, variiert deutlich zwischen den verschiedenen Versuchen. Am häufigsten werden aber Mengen/Oberflächen-Verhältnisse von weniger als 17 mg Futtermittel/cm<sup>2</sup> Säckchen-Oberfläche verwendet (HUNTINGTON und GIVENS 1995). HUNTINGTON und GIVENS (1995) empfehlen deshalb ein Verhältnis von 16 mg/cm<sup>2</sup>, während MADSEN und HVELPLUND (1994) ein Verhältnis von 10–15 mg/cm<sup>2</sup> für am besten halten. In einem Versuch von LINDBERG (1981b) wurde festgestellt, dass mit steigender Menge an Futtermittel in den Säckchen die ruminale Abbaubarkeit des Probenmaterials sinkt. Deshalb empfiehlt er, Mengen von 10 mg/cm<sup>2</sup> und bei Getreide sogar nur 5 mg/cm<sup>2</sup> in die Säckchen einzufüllen.

Die Säckchen sollten im ventralen Pansensack positioniert werden und frei im Pansen beweglich sein, damit eine gute Durchspülung mit Pansensaft und Besiedelung mit Mikroben erreicht werden kann (HUNTINGTON und GIVENS 1995, SÜDEKUM 2005). Deshalb sollte die Schnur, an der die Säckchen befestigt und mit der Fistel verbunden sind, mindestens 40 cm lang sein, um eine optimale Platzierung der Proben im Pansen von Rindern zu gewährleisten (ØRSKOV et al. 1980). In den meisten Versuchen werden Schnurlängen von 41–60 cm verwendet (LINDBERG 1981a, HUNTINGTON und GIVENS 1995).

Die Art, wie die Säckchen gewaschen werden, hat sich mit der Zeit verändert. In früheren Versuchen wurden die Säckchen mit der Hand unter fließendem Wasser so lange gewaschen bis das Waschwasser klar wurde (ØRSKOV et al. 1980, SÜDEKUM 2005). Heutzutage werden die Beutel jedoch mit einer handelsüblichen Waschmaschine gewaschen. Die Dauer des Waschvorgangs und die Temperatur des Waschwassers variiert allerdings sehr stark zwischen den verschiedenen Labors (MERTENS 1993, HUNTINGTON und GIVENS 1995, SÜDEKUM 2005). Es wird jedoch empfohlen, die Beutel in einer

Waschmaschine mit kaltem Wasser für 10–15 Minuten zu waschen (LINDBERG 1981a, LINDBERG und VARVIKKO 1982, MADSEN und HVELPLUND 1994).

Prinzipiell können die Säckchen auch mehrere Male verwendet werden. Dazu müssen sie zwischen den Inkubationen sorgfältig gewaschen und getrocknet werden. Dadurch kann es aber zu Veränderungen der Porengrößen kommen, weshalb empfohlen wird, die Säckchen nur einmal zu verwenden (SÜDEKUM 2005).

Die Wahl der Trocknungstemperatur nach dem Herausnehmen der Säckchen hängt von den zu analysierenden Parametern ab. Sollen nur TM oder Gesamt-Stickstoff analysiert werden, so können auch Temperaturen von über 60 °C verwendet werden. Wenn aber Stärke-, Faser- oder XP-Gehalte der Futtermittel analysiert werden sollen, wird empfohlen, niedrige Trocknungstemperaturen oder die Gefriertrocknung anzuwenden (SÜDEKUM 2005). Bei ØRSKOV et al. (1980) erfolgte die Trocknung bei 60–70 °C, bis die Säckchen ein konstantes Gewicht aufwiesen. In schwedischen Versuchen wurden die Beutel jedoch bei einer geringeren Temperatur von 45 °C getrocknet (LINDBERG 1981a, LINDBERG 1981b, LINDBERG und VARVIKKO 1982).

Auch die Basisration kann einen entscheidenden Einfluss auf den Abbau des inkubierten Materials haben (ØRSKOV et al. 1980, LINDBERG 1981a). Sie sollte die Nährstoffanforderungen der Mikroben abdecken können und, wenn möglich, das inkubierte Futtermittel enthalten oder aus dem inkubierten Futtermittel bestehen (MERTENS 1993, HUNTINGTON und GIVENS 1995). Die Tiere sollten zweimal täglich auf Erhaltungsniveau oder knapp darüber gefüttert werden (MADSEN und HVELPLUND 1994). Wenn Heu oder Trockenschnitzel analysiert werden, führen hohe Grobfutteranteile in der Ration zu einem höheren TM-Abbau, während bei Fischmehl niedrige Grobfutteranteile den TM-Abbau fördern. Der ruminale TM-Abbau anderer Kraftfuttermittel wird von der Ration nur wenig beeinflusst (LINDBERG 1981a). In einem weiteren Versuch wurde festgestellt, dass verschiedene Futtermittel (Soja, Raps, Gerste, Grassilage, Heu) bei Verfütterung von Silage rascher abgebaut werden als bei Verfütterung von Heu (LINDBERG und VARVIKKO 1982). SÜDEKUM (2005) empfiehlt eine Ration bestehend aus 50–60 % Grob- und 40–50 % Kraftfutter.

Wie viele und welche Inkubationszeiten verwendet werden, hängt vor allem vom Futtermittel und den untersuchten Nährstoffen ab. Häufig werden Inkubationszeiten von 0 (Auswaschverluste) bis 336 Stunden verwendet, wobei sehr lange Stufen (über 72 Stunden) in der Regel nur bei faserreichen Futtermitteln Anwendung finden. Üblicherweise werden auch mehr als die Hälfte der Zeitstufen in den ersten 24 Stunden nach der Inkubation angesetzt (SÜDEKUM 2005).

Weiters stellt sich auch die Frage, ob es gleichgültig ist, die verschiedenen Zeitstufen gleichzeitig zu inkubieren und dann nach und nach herauszunehmen oder sie nach und nach zu inkubieren und dann gleichzeitig herauszunehmen. NOCEK (1985) stellte fest,

dass die Methode mit gleichzeitiger Inkubation zu geringeren Abbauraten führt als die Methode mit gleichzeitigem Herausnehmen. SÜDEKUM (2005) empfiehlt deshalb, alle Säckchen gleichzeitig zu inkubieren und nacheinander herauszunehmen.

Wichtig ist, dass innerhalb einer Versuchsanstalt immer mit der gleichen Methode gearbeitet wird (ØRSKOV et al. 1980). Zwischen den verschiedenen Versuchsanstalten können große Unterschiede in den ruminalen Abbaubarkeiten auftreten, die vor allem auf die verschiedenen Methoden, die in den zahlreichen Labors angewendet werden, zurückzuführen sind. Die wichtigste Ursache für diese Differenzen ist die unterschiedliche Verwendung und Behandlung der Säckchen (MADSEN und HVELPLUND 1994).

### 2.3.3 Das mathematische Modell zur Berechnung des ruminalen TM-Abbaus

Ein häufig verwendetes Modell zur Berechnung des TM-Abbaus im Pansen beruht auf ØRSKOV und McDONALD (1979). Sie haben zur Berechnung der potentiellen ruminalen Abbaubarkeit folgende Formel erstellt:

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

P .... ruminaler Abbau nach Zeit t (%)

A .... rasch und vollständig lösliche Fraktion des Futtermittels (%); entspricht dem Schnittpunkt der Abbaukurve mit der y-Achse zum Zeitpunkt t = 0

b .... potentiell abbaubare Fraktion des Futtermittels (%)

c .... Abbauraten der Fraktion b ( $\text{h}^{-1}$ )

t .... Inkubationszeit (h)

Die Parameter a, b und c können dabei mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate annähernd geschätzt werden (ØRSKOV und McDONALD 1979). Die Parameter a und b stellen die abbaubare Fraktion dar und entsprechen somit gemeinsam der potentiellen Abbaubarkeit des Futtermittels (a + b). Weiters kann die Summe von a und b einen Wert von 100 niemals überschreiten. Die Differenz von 100 – (a + b) stellt somit die im Pansen nicht abbaubare Fraktion des Futtermittels dar (ØRSKOV et al. 1980).

Wenn a positiv ist, dann bedeutet das, dass das Futtermittel rasch lösliche Substanzen enthält. Ein negativer Wert für a bedeutet, dass der Beginn des Abbaus verzögert ist. Die Zeit zwischen Beginn der Inkubation und Beginn des Abbaus wird als lag-Phase bezeichnet (ØRSKOV et al. 1980).

Für die ruminale Abbaubarkeit eines Futtermittels spielt allerdings auch die Passagerate (k) eine wichtige Rolle. Sie hat einen Einfluss darauf, welche Menge eines Futtermittels (f) nach einer bestimmten Zeit (t) im Pansen verbleibt. Das kommt in folgender Gleichung zum Ausdruck (ØRSKOV und McDONALD 1979):

$$f = e^{-k \times t}$$

Wird nun in der Formel für die potentielle ruminale Abbaubarkeit ( $P = a + b \times (1 - e^{-c \times t})$ ), die Passagerate ( $f = e^{-k \times t}$ ) berücksichtigt, so ergibt sich die Formel für die effektive ruminale Abbaubarkeit (ED) eines Futtermittels (ØRSKOV und McDONALD 1979, ØRSKOV et al. 1980):

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

Die potentielle ruminale Abbaubarkeit (P) beschreibt den maximal möglichen Abbau eines Futtermittels im Pansen, wenn man davon ausgeht, dass das Futter bis zum vollständigen Abbau im Pansen verbleibt. Die effektive ruminale Abbaubarkeit (ED) dagegen stellt den tatsächlichen Abbau eines Futtermittels im Pansen unter Berücksichtigung der Passagerate dar. Sie bezieht sich also nur auf die Zeit, in der das Futtermittel tatsächlich im Pansen verweilt. ED ist umso größer, je geringer die Passagerate ist (ØRSKOV und McDONALD 1979, ØRSKOV et al. 1980).

Die tatsächliche Verdaulichkeit eines Futtermittels wird also von der potentiellen Abbaubarkeit ( $a + b$ ), von der Abbaurrate der potentiell abbaubaren Fraktion ( $c$ ), von der Passagerate ( $k$ ) und von der Verdaulichkeit im nachfolgenden Verdauungstrakt bestimmt (ØRSKOV et al. 1980).

In der Formel für die effektive ruminale Abbaubarkeit (ED) wird allerdings die lag-Phase (lag) noch nicht berücksichtigt. Die lag-Phase beschreibt jene Zeitspanne, die vom Beginn der Inkubation bis zum Beginn des Abbaus der potentiell abbaubaren Fraktion durch die Mikroorganismen vergeht. Dabei kommt es zu einer Hydratation des Futtermittels, zu einer Ausschaltung von Verdauungsinhibitoren und zur Besiedelung des Substrats durch die Mikroorganismen (MERTENS 1993). Die Formel für die ED wurde deshalb von McDONALD (1981) noch um die lag-Phase erweitert und später von SÜDEKUM (2005) modifiziert:

$$ED = a + (b \times c) / (c + k) \times e^{(-k \times lag)}$$

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

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

### 3 Tiere, Material und Methodik

Für die Untersuchungen wurden neun verschiedene Silomais-Sorten über drei Jahre hinweg angebaut und jedes Jahr zu drei verschiedenen Erntezeitpunkten geerntet. Weiters wurden Restpflanzen und Kolben getrennt voneinander geerntet, siliert und analysiert, somit waren insgesamt 162 verschiedene Futtermittel in den Versuch eingebunden. Da bei den Restpflanzen-Silagen zehn und bei den Kolben-Silagen neun verschiedene Zeitstufen getestet und die Untersuchungen bei vier verschiedenen Tieren durchgeführt wurden, erfolgte die Ermittlung der ruminalen Abbaubarkeit anhand von 6156 Proben (3240 Restpflanzen, 2916 Kolben).

Alle Daten, die sich auf die Gesamtpflanze beziehen, wurden aus den Werten von Restpflanze und Kolben berechnet. Dabei wurden die Gehalte an Nährstoffen und die potentiellen ruminalen Abbaubarkeiten von Restpflanze und Kolben mit ihren Anteilen an der Gesamtpflanze multipliziert und so die Werte für die Gesamtpflanze rechnerisch ermittelt.

#### 3.1 Beschreibung der Sorten

Für diesen Versuch wurden insgesamt neun Silomais-Sorten ausgewählt. Davon gehören jeweils drei Sorten der Reifegruppe I (früh bis mittelfrüh reifend, RZ 230–260), der Reifegruppe II (mittelfrüh bis mittelspät reifend, RZ 260–320) und der Reifegruppe III (mittelspät bis sehr spät reifend, RZ > 320) an. Die Auswahl der Sorten erfolgte nach Beratung mit namhaften Silomais-Experten der AGES und der Landwirtschaftskammern. In Tabelle 2 sind übersichtsmäßig die verwendeten Sorten angeführt.

**Tabelle 2:** Überblick über Reifegruppe und Reifezahl der im Versuch verwendeten Sorten (PIONEER 2012, AGES 2012)

Sorte	Reifegruppe	Reifezahl
NUESTRO	I	230
NK FALKONE	I	250
BEATLE	I/II	260
ROBERTO	II	270
PR39T45	II	280
RONALDINIO	II	290
DK315	III	320
PR39F58	III	320
FRIEDRIX	III	330

Nachfolgend werden nun die verwendeten Sorten hinsichtlich einiger wichtiger Merkmale beschrieben. Zunächst wird auf die drei Sorten der Reifegruppe I eingegangen, welche sich besonders durch eine rasche Jugendentwicklung auszeichnen (AGES 2012).

NUESTRO: NUESTRO ist eine Sorte, die sowohl als Silomais als auch als Körnermais genutzt werden kann. Vom Korntyp her zählt sie zu den Hartmais-Sorten. Innerhalb der Reifegruppe I weist diese Sorte eine rasche Jugendentwicklung, eine mittlere Wuchshöhe und einen mittleren Kolbenanteil und TM-Ertrag auf. Weiters bleiben die Blätter im Vergleich zu den anderen frühreifenden Sorten lange grün (AGES 2012).

NK FALKONE: Auch diese Sorte kann als Silo- und Körnermais genutzt werden und zählt zu den Hartmais-Sorten. Im Vergleich zu den anderen frühreifen Sorten weist sie ebenfalls eine rasche Jugendentwicklung auf, jedoch ist sie auch durch eine geringe Wuchshöhe sowie einen geringen Kolbenanteil und einen geringen TM-Ertrag gekennzeichnet. Bezüglich der Blattabreife nimmt sie in der Reifegruppe I eine Mittelstellung ein (AGES 2012).

BEATLE: Die Sorte BEATLE kann aufgrund ihrer Reifezahl sowohl der Reifegruppe I als auch der Reifegruppe II zugerechnet werden. Sie nimmt also eine Mittelstellung ein. Auch sie kann als Silo- oder Körnermais genutzt werden, vom Korntyp her ist sie allerdings eine Mischform zwischen Hart- und Zahnmais. Von den Eigenschaften her ist sie der Sorte NK FALKONE sehr ähnlich. Pflanzen der Sorte BEATLE werden allerdings etwas höher und weisen eine langsamere Blattabreife auf (AGES 2012).

Die Sorten der Reifegruppe II, die im Folgenden beschrieben werden, weisen im Vergleich zur Reifegruppe I generell eine langsamere Jugendentwicklung und Blattabreife auf (AGES 2012).

ROBERTO: Diese Sorte kann ebenfalls für beide Nutzungsrichtungen verwendet werden und gehört zu den Hartmais-Sorten. ROBERTO weist in allen beschriebenen Eigenschaften (Jugendentwicklung, Blattabreife, Wuchshöhe, TM-Ertrag, Kolbenanteil) innerhalb der Reifegruppe II eine mittlere Ausprägung auf (AGES 2012).

PR39T45: PR39T45 ist vom Korntyp her eine Mischform aus Hart- und Zahnmais und kann als Körner- und Silomais genutzt werden. Sie weist innerhalb der Reifegruppe II eine relativ rasche Jugendentwicklung, eine geringe Wuchshöhe und einen mittleren TM-Ertrag und Kolbenanteil auf. Auch bezüglich der Blattabreife nimmt sie eine Mittelstellung ein (AGES 2012).

RONALDINIO: Das ist eine Hartmais-Sorte, die für beide Nutzungsrichtungen geeignet ist. Neben einer mittleren Wuchshöhe und einem mittleren bis geringen TM-Ertrag und Kolbenanteil zeichnet sich diese Sorte innerhalb der Reifegruppe II durch eine rasche Jugendentwicklung und relativ langsam abreifende Blätter aus (AGES 2012).

Die Sorten der Reifegruppe III zeichnen sich im Vergleich zu den Sorten der Reifegruppe II wiederum durch eine langsamere Jugendentwicklung und Blattabreife aus (AGES 2012).

DK315: Diese Sorte kann als Körner- oder Silomais verwendet werden und zählt zu den Zahnmais-Sorten. Sie weist im Vergleich zu den anderen Sorten der Reifegruppe III eine relativ langsame Jugendentwicklung, eine geringe Wuchshöhe sowie einen mittleren TM-Ertrag und einen geringen Körneranteil auf. Verglichen mit anderen Sorten dieser Reifegruppe reifen die Blätter der Sorte DK 315 auch relativ rasch ab, wobei sie aber später braun werden als bei den meisten Sorten der Reifegruppe I und II (AGES 2012).

PR39F58: Auch diese Sorte ist für beide Nutzungsrichtungen geeignet und zählt zu den Zahnmais-Sorten. Verglichen mit den anderen Sorten der Reifegruppe III besitzt sie eine mittlere Jugendentwicklung, eine mittlere Wuchshöhe und relativ rasch abreifende Blätter. Sie ist für feucht-kühle bis mittlere Lagen gut geeignet, auf leichten und sandigen Standorten sollte sich nicht angebaut werden (PIONEER 2012).

FRIEDRIX: Wie die beiden anderen Sorten der Reifegruppe III ist auch diese Sorte eine Zahnmais-Sorte und sowohl für Körner- als auch Silomais-Nutzung geeignet. Innerhalb der Reifegruppe III weist sie eine mittlere Jugendentwicklung, eine relativ hohe Wuchshöhe und relativ rasch abreifende Blätter auf. Weiters sind nur geringe TM-Erträge und ein mittlerer bis geringer Kolbenanteil zu erwarten (AGES 2012).

### 3.2 Klimadaten für die Versuchsjahre

Der Anbau der im Versuch verwendeten Maispflanzen erfolgte in Bad Wimsbach-Neydhardting, in der Nähe von Wels, in Oberösterreich. Bad Wimsbach-Neydhardting liegt auf 387 m Seehöhe und kann als typische Ackerbau-Gemeinde bezeichnet werden. Mehr als drei Viertel der landwirtschaftlichen Fläche und mehr als die Hälfte der gesamten Gemeindefläche werden zum Anbau von Ackerkulturen genutzt (MARKTGEMEINDE BAD WIMSBACH-NEYDHARDTING 2008).

Um die Witterungsverhältnisse in den Anbaujahren grob beschreiben zu können, sind in Tabelle 3 die Jahresmitteltemperatur und die Jahresniederschlagsmenge der nahegelegenen Stadt Wels für die Jahre 2007, 2008 und 2010 angeführt. Ursprünglich wäre 2009 als drittes Versuchsjahr vorgesehen gewesen, allerdings wurde in diesem Jahr die Ernte durch Hagelschlag vernichtet.

**Tabelle 3:** Jahresmitteltemperatur und Jahresniederschlagsmenge im Anbaugebiet in den Jahren 2007, 2008 und 2010 (ZAMG 2007, ZAMG 2008, ZAMG 2010)

	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2010</b>
Jahresmitteltemperatur (°C)	10,4	9,9	8,6
Jahresniederschlagsmenge (mm)	876	777	845

Das Jahr 2007 war durch einen sehr warmen und trockenen April sowie durch einen relativ heißen und trockenen Hochsommer geprägt. Dafür fiel im September, d.h. während der Ernte, besonders viel Regen (ZAMG 2007). Das Jahr 2008 war durch eine gleichmäßige Niederschlags- und Temperaturverteilung während der Anbaumonate gekennzeichnet. Die wärmsten und niederschlagsreichsten Monate waren Juni und Juli (ZAMG 2008). 2010 war im Durchschnitt das kühlfste Jahr, was auch in der Temperaturverteilung sichtbar wird. Vor allem die Monate Mai und Juni waren deutlich kühler als in den beiden anderen Jahren, während der Juli wärmer war. Von Mai bis August wurden im Jahr 2010 die höchsten Niederschläge der drei Versuchsjahre beobachtet (ZAMG 2010).

### 3.3 Erntetermine

Die Wahl der Erntetermine richtete sich in erster Linie nach dem TM-Gehalt des Kolbens. Für die Proben des ersten Reifestadiums (VOR) wurden TM-Gehalte des Kolbens zwischen 45 und 50 % und für jene des mittleren Reifestadiums (HAUPT) zwischen 50 und 55 % angestrebt. Die TM-Gehalte der Kolben beim letzten Erntezeitpunkt (NACH) bewegten sich um 60 %. Um diese angestrebten Werte möglichst genau zu erreichen, wurden die verschiedenen Sorten teilweise an verschiedenen Tagen geerntet. Zur Veranschaulichung sind die Erntetermine und die dazugehörigen TM-Gehalte des Kolbens beispielhaft für das Jahr 2010 in Tabelle 4 dargestellt. Diese TM-Werte beziehen sich auf die bereits silierten Pflanzen, wobei die Abweichungen zum TM-Gehalt der Frischpflanzen nur sehr gering sind. Der TM-Gehalt der silierten Kolben betrug zu den Erntezeitpunkten VOR, HAUPT und NACH im Durchschnitt 48,6 %, 53,3 % bzw. 59,5%.

**Tabelle 4:** Erntetermine und TM-Gehalte der Kolben zu den drei Erntezeitpunkten (VOR, HAUPT, NACH) im Jahr 2010

Sorte	VOR		HAUPT		NACH	
	Datum	TM % Kolben	Datum	TM % Kolben	Datum	TM % Kolben
NUESTRO	08. 09.	50,8	14. 09.	54,0	08. 10.	61,7
NK FALKONE	08. 09.	50,1	14. 09.	52,9	15. 10.	62,1
BEATLE	08. 09.	46,5	22. 09.	53,0	15. 10.	58,8
ROBERTO	14. 09.	47,7	30. 09.	51,9	15. 10.	57,0
PR39T45	08. 09.	49,8	22. 09.	54,4	15. 10.	59,9
RONALDINIO	08. 09.	47,3	22. 09.	53,9	15. 10.	60,6
DK315	22. 09.	48,5	30. 09.	51,3	15. 10.	56,3
PR39F58	08. 09.	47,7	22. 09.	53,5	15. 10.	59,7
FRIEDRIX	14. 09.	49,4	30. 09.	55,1	15. 10.	59,7
<b>Ø TM % Kolben</b>		<b>48,6</b>		<b>53,3</b>		<b>59,5</b>

### **3.4 Der in situ-Versuch**

Der in situ-Versuch wurde nach dem von ØRSKOV et al. (1980) beschriebenen Schema durchgeführt.

#### **3.4.1 Probenvorbereitung**

Zu den drei Erntezeitpunkten wurden von allen Sorten jeweils 30 Pflanzen einer Saatreihe geerntet. Nach der Ernte wurden die Pflanzen nach Gumpenstein ins Forschungslabor gebracht, wo zunächst die Kolben von der Restpflanze abgetrennt wurden. Auch die Lieschblätter wurden vom Kolben entfernt und der Restpflanze zugerechnet. Die im Versuch untersuchten Kolben-Silagen bestanden somit lediglich aus Körnern und Spindeln, während in den Restpflanzen-Silagen alle anderen Teile der Maispflanze enthalten waren.

Die Restpflanzen und Kolben wurden anschließend gehäckselt und in kleinen Plastiksilos getrennt voneinander siliert. Nach 8 Wochen wurden die Silagen entnommen. Für die Analyse der Weender Roh Nährstoffe (VDLUFA 1976, ALVA 1983) und der Gerüstsubstanzen (VAN SOEST 1994) wurden die Proben schonend bei 50–55 °C getrocknet. Die Proben für die in situ-Abbau-Untersuchungen wurden gefriergetrocknet und anschließend durch eine Mühle mit einem 2 mm Sieb vermahlen um ein möglichst homogenes Probenmaterial zu erhalten. Danach wurden die Futtermittel bis zur in situ-Analyse in gut verschlossenen Plastikbehältern aufbewahrt.

#### **3.4.2 Vorbereitung der Säckchen (Nylon bags)**

Die in diesem Versuch verwendeten Säckchen stammen aus den USA von der Firma ANKOM Technology. Die genaue Produktbezeichnung lautet „Part # R1020“. Sie weisen eine Außenabmessung von 10 × 20 cm und eine Porengröße von 50 µm auf. In diesem Versuch wurden ausschließlich neue, originalverpackte Säckchen verwendet. Die gekauften Nylon bags waren an den beiden Längsseiten und an einer Breitseite verschweißt. Die zweite Breitseite war offen, damit das Futtermittel eingefüllt werden kann.

Zunächst wurde an einer Ecke der Säckchen eine Fläche von 10,125 cm<sup>2</sup> (Dreieck mit 4,5 cm Seitenlänge) abgeschweißt und dann in diese Ecke eine Metallöse, die zum Einhängen der Säckchen bei der Inkubation diente, hineingepresst. Das Abschweißen dieser Ecke sollte verhindern, dass bei der Inkubation Probenmaterial durch eine möglicherweise nicht dichte Öse unverdaut in das Pansenlumen entweicht. Danach wurden die Nylon bags mit einem wasserfesten Stift der Firma Edding beschriftet. Das diente dazu, dass die Säckchen nach der Inkubation wieder identifiziert werden konnten, da immer mehrere gleichzeitig in den Pansen eingehängt wurden. Die Säckchen wurden mit einem Code bestehend aus Jahr, Probennummer, Tier und Zeitstufe der Inkubation gekennzeichnet (z.B. 10/2512/3.5). Ein vorbereitetes Säckchen ist in Abbildung 2 zu sehen.



**Abbildung 2:** Vorbereiteter Nylon bag mit Öse und Beschriftung

### **3.4.3 Einwaage des Probenmaterials**

Die Einwaage der Futtermittel erfolgte für Restpflanze und Kolben getrennt und mit einer Laborwaage auf  $\pm 0,05$  g genau. Die Einwaage-Menge richtete sich nach der jeweiligen Inkubationsstufe und ist in Tabelle 5 dargestellt. Bei den höheren Zeitstufen wurden größere Mengen eingewogen, um nach der Inkubation genug Probenmaterial für die Analyse des Nährstoff-Abbaus zur Verfügung zu haben. Auf die Ergebnisse dieser Analyse wird in dieser Arbeit jedoch nicht eingegangen.

Bevor das Futtermittel eingewogen wurde, wurde das Leergewicht der Nylon bags festgestellt. Anschließend wurden die Nylon bags über einen kleinen Plastik-Becher gestülpt, um das Einfüllen des Futtermittels zu erleichtern. Danach wurde das Futtermittel in die Säckchen eingewogen. Abschließend wurde die offene Seite des Säckchens mithilfe eines Schweißgeräts der Firma Audion Elektro (Marke „Sealboy 235 SBM“) verschlossen.

Für die Analyse der Restpflanze und des Kolbens wurden 8 bzw. 9 Inkubationsstufen verwendet (Tabelle 5). In den ersten 24 Stunden wurden mehrere Zeitstufen angelegt, da in dieser Zeit die Hauptabbauaktivität der Mikroben stattfindet. Die übrigen Zeitstufen unterschieden sich geringfügig zwischen Kolben und Restpflanze. Beim Kolben wurde auf die letzte Inkubationsstufe verzichtet, da dieser nach 96 Stunden praktisch schon vollständig abgebaut ist. Um die Auswaschungsverluste feststellen zu können, wurden auch noch Säckchen vorbereitet, welche die gleiche Behandlung wie alle anderen Säckchen erfuhren, mit der Ausnahme, dass sie nicht inkubiert wurden (Zeitstufe 0).

**Tabelle 5:** Inkubationsstufen und Einwaage-Mengen für Restpflanze und Kolben

Zeitstufe	Restpflanze			Kolben		
	Stunden	Einwaage g	Einwaage mg/cm <sup>2</sup>	Stunden	Einwaage g	Einwaage mg/cm <sup>2</sup>
0	0	5,7	15	0	5,7	15
1	3	5,7	15	3	5,7	15
2	6	5,7	15	6	5,7	15
3	10	5,7	15	10	5,7	15
4	14	5,7	15	14	5,7	15
5	24	5,7	15	24	5,7	15
6	42	5,7	15	48	12	31,6
7	65	5,7	15	72	18	47,4
8	92	6,2	16,3	96	24	63,2
9	120	6,2	16,3			

Von jedem Futtermittel wurde jede Zeitstufe einmal in jedem Tier inkubiert, d.h. für jede Zeitstufe liegen vier Werte vor. Insgesamt wurden also 5.508 Proben inkubiert (4 Tiere × 8 bzw. 9 Zeitstufen × 9 Sorten × 2 Pflanzenfraktionen × 3 Erntezeitpunkte × 3 Jahre). Zur Bestimmung der Auswaschverluste wurden 4 Säckchen verwendet und als Trockenmasse des eingewogenen Futtermittels bzw. der Residue wurde der Mittelwert von 2 Proben herangezogen.

#### 3.4.4 Inkubation der Proben

Alle Zeitstufen eines Futtermittels wurden in der gleichen Woche (entspricht einer Serie) inkubiert, wobei in einer Serie immer mehrere Futtermittel gleichzeitig getestet wurden. Dazu wurden alle Säckchen der gleichen Serie und Zeitstufe mit einem Kabelbinder zusammengehängt, um die Befestigung der Säckchen beim Inkubieren zu erleichtern.

Vor dem Inkubieren wurden die Nylon bags in 38 °C warmem Wasser angewärmt, damit sie die gleiche Temperatur wie der Panseninhalt aufweisen. Danach wurde der Deckel der Fistel, an dem eine Schnur mit einem Eisenring befestigt war, entnommen. Am Eisenring waren Karabiner angebracht, an denen die Säckchen eingehängt wurden. Anschließend wurden die Säckchen inkubiert und im Pansen – durch die Schwimmdecke – in den Pansensee gedrückt. Abschließend wurde die Pansenfistel wieder verschlossen. Abbildung 3 zeigt den Deckel einer Pansenfistel mit Schnur und Eisenring, an welchem die Säckchen während der Inkubation befestigt waren.

Nach der vorgegebenen Inkubationszeit wurde die Fistel geöffnet und die Säckchen herausgenommen. Danach wurden sie sofort in Eiswasser eingetaucht, damit die mikrobiellen Abbauvorgänge möglichst schnell zum Stillstand kommen. Nach dem Verschließen der Fistel wurden die Säckchen unter fließendem Wasser zunächst vom groben Pansen-

material gereinigt. Anschließend wurden sie in einer Waschmaschine mit kaltem Wasser für ca. 30 Minuten gewaschen. Danach wurden sie bis zur Trocknung im Tiefkühlraum bei -18 °C aufbewahrt.



**Abbildung 3:** Deckel der Pansenfistel mit Schnur, Eisenring und inkubierten Säckchen

### 3.4.5 Trocknung und Rückwaage

Vor der Trocknung wurden die mit dem Kabelbinder verbundenen Säckchen wieder voneinander getrennt und anschließend auf Gitterrosten einzeln aufgelegt. Die Trocknung erfolgte bei 50–55 °C und dauerte 72 Stunden. Von jedem Futtermittel waren auch zwei Säckchen vorbereitet, die nach diesem Vorgang nochmals im Trockenschrank bei 105 °C für 24 Stunden getrocknet wurden, um den Säckchen auch noch die verbliebene Restfeuchtigkeit (etwa 1–2 %) zu entziehen und den TM-Gehalt der getrockneten Residuen feststellen zu können. Auch die TM des eingewogenen Probenmaterials wurde durch Trocknung bei 105 °C ermittelt.

Nach der Trocknung wurden die Säckchen wieder gewogen. Da dabei nur das Bruttogewicht (Säckchen und Probe) festgestellt werden konnte, musste dann noch das Säckchen-Gewicht abgezogen werden, um zum Residuen-Gewicht zu gelangen. Danach wur-

den die Säckchen noch sorgfältig in Plastikdosen entleert und für die weitere Analyse bereitgestellt.

### 3.4.6 Die Versuchstiere

Als Versuchstiere standen für die Analysen der Jahre 2007 und 2008 vier Ochsen zur Verfügung. Kurz vor der Analyse des Jahres 2010 verendete einer dieser vier Ochsen, weshalb als viertes Tier eine trockenstehende Kuh verwendet wurde. Die Ochsen wogen im Durchschnitt 1200 kg, während die Kuh ein Lebendgewicht von etwa 950 kg aufwies. Die Tiere gehörten den Rassen Braunvieh und Holstein Friesian an. Allen im Versuch verwendeten Tieren wurde eine Pansenfistel der Firma Bar Diamond mit einem Durchmesser von 10 cm einoperiert (Abbildung 4). Über diese Öffnung erfolgte das Einhängen und Herausnehmen der Proben.



**Abbildung 4:** Pansenfistel an einem im Versuch verwendeten Ochsen

Die Tiere wurden einzeln in einem Tieflaufstall gehalten und hatten ständigen Zugang zu Wasser und zu einem Auslauf. Sie wurden viermal täglich um 8, 11, 14 und 18 Uhr gefüttert. Dabei erhielten sie jedes Mal Gras- und Maissilage sowie eine Kraftfuttermischung und um 8 und 18 Uhr zusätzlich auch noch Heu. Die Tagesration eines Tieres ist in Tabelle 6 dargestellt. Sie entspricht in etwa dem Erhaltungsbedarf der Tiere. Damit sich bereits am Beginn der in situ-Analyse ein stabiles Pansenmilieu einstellen konnte, wurden die Tiere schon zwei Wochen vor Beginn des Versuchs auf diese Ration umgestellt.

**Tabelle 6:** Tagesration eines im Versuch stehenden Tieres

	<b>08:00</b>	<b>11:00</b>	<b>14:00</b>	<b>18:00</b>
Heu (kg TM)	1,0			1,0
Grassilage (kg TM)	0,5	0,5	0,5	0,5
Maissilage (kg TM)	0,5	0,5	0,5	0,5
Kraftfutter (kg TM)	0,5	0,5	0,5	0,5

### 3.5 Statistische Auswertung der Daten

Die Aufbereitung der ermittelten Daten für Restpflanze und Kolben erfolgte mit dem Computerprogramm Excel. Weiters wurde aus diesen Daten mit Hilfe des Restpflanzens- bzw. Kolbenanteils die Ergebnisse für die Gesamtpflanze berechnet. Danach wurden die Daten mit dem Programm STATGRAPHICS Centurion XVI statistisch ausgewertet.

Die Berechnung der Abbauparameter a, b und c erfolgte anhand einer nicht linearen Regression nach der in Kapitel 2.3.3 erläuterten Formel von ØRSKOV und RYLE (1990). Die Ermittlung der lag-time und der effektiven Abbaubarkeiten (ED 2, ED 5 und ED 8) erfolgte nach den ebenfalls in Kapitel 2.3.3 beschriebenen Formeln von ØRSKOV und RYLE (1990) bzw. SÜDEKUM (2005).

Die statische Auswertung erfolgte anhand des folgenden Allgemeinen linearen Modells, welches für alle untersuchten Parameter (Inhaltsstoffe, Abbaubarkeiten, Abbauparameter) angewendet wurde:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + E_j + J_k + (S \times E)_{ij} + (S \times J)_{ik} + (E \times J)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

- $Y_{ijk}$  ..... Beobachtungswert der abhängigen Variable
- $\mu$  ..... gemeinsame Konstante aller  $Y_{ijk}$
- $S_i$  ..... fixer Effekt der Sorte i (i = 1, 2, 3, ... , 9)
- $E_j$  ..... fixer Effekt des Erntezeitpunktes j (j = 1, 2, 3)
- $J_k$  ..... fixer Effekt des Jahres k (k = 2007, 2008, 2010)
- $(S \times E)_{ij}$  ..... Wechselwirkungseffekt der Sorte i mit dem Erntezeitpunkt j
- $(S \times J)_{ik}$  ..... Wechselwirkungseffekt der Sorte i mit dem Jahr k
- $(E \times J)_{jk}$  ..... Wechselwirkungseffekt des Erntezeitpunktes j mit dem Jahr k
- $\varepsilon_{ijk}$  ..... Resteffekt

Weiters wurden auch paarweise Mittelwerts-Vergleiche mit Hilfe des Tukey-Tests erstellt. Dabei wurde mit einem Konfidenzintervall von 0,95 gearbeitet, d.h. bei p-Werten von unter 0,05 wurden Unterschiede zwischen den Beobachtungswerten der untersuchten Faktoren als signifikant angenommen. In allen folgenden Tabellen weisen unterschiedliche Hochbuchstaben auf signifikante Unterschiede zwischen den jeweiligen Sorten, Erntezeitpunkten und Jahren hin.

## **4 Ergebnisse und Diskussion**

In den folgenden Unterkapiteln werden die Ergebnisse für Restpflanze, Kolben und Gesamtpflanze jeweils getrennt erläutert. Dabei werden der Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr sowie allfällige Wechselwirkungen auf Nährstoffgehalt und ruminale TM-Abbaubarkeit beschrieben. Zum Abschluss werden die wichtigsten Auswirkungen auf die Praxis in gemeinsamen Schlussfolgerungen aufgezeigt.

### **4.1 Ergebnisse Restpflanze**

#### **4.1.1 Nährstoffgehalte der Restpflanze**

Im Rahmen dieses Kapitels werden zunächst der Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf den Restpflanzenanteil und die TM der produzierten Restpflanzen-Silagen kurz beschrieben. Die weitere Betrachtung der Inhaltsstoffe umfasst die Weender Rohnährstoffe XP, XL, XF, XX, OM und XA sowie die Faserbestandteile NDF, ADF und ADL. Weiters wurde daraus auch der Gehalt an NFC berechnet.

Der Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf den Restpflanzenanteil, den TM-Gehalt sowie den Gehalt an den genannten Nährstoffen ist in Tabelle 7 dargestellt. Die Werte für die dazugehörigen Wechselwirkungen finden sich im Anhang (Tabellen 16, 17 und 18). Beim Vergleich der festgestellten Werte mit jenen von INRA (1989) und DLG (1997) in Tabelle 1 fällt auf, dass die untersuchten Silagen mit durchschnittlich rund 20 % TM eine hohe Feuchtigkeit aufweisen. Der Gehalt an XP, XL und XX stimmt in etwa mit den Referenzwerten überein. Der Gehalt an XF und OM ist etwas erhöht, während der XA-Gehalt etwas niedriger ist.

Auf den Restpflanzenanteil haben alle drei Faktoren einen signifikanten Einfluss. Hinsichtlich der Sorte wurden keine eindeutigen Unterschiede zwischen früh- und spätreifen Sorten festgestellt, d.h. die Reifezahl hat wenig bis keinen Einfluss auf den Restpflanzenanteil. Mit zunehmender Reife geht er jedoch deutlich zurück, wobei der Rückgang zwischen zweitem und drittem Erntezeitpunkt deutlich größer ist als zwischen erstem und zweitem. Dieser Rückgang des Restpflanzenanteils mit zunehmender Reife wurde auch bereits von MÜLLER (2012) beobachtet. Auch zwischen den Jahren wurden deutliche Unterschiede im Restpflanzenanteil sichtbar. Weiters sind auch die Wechselwirkungen Sorte  $\times$  Jahr und Erntezeitpunkt  $\times$  Jahr signifikant.

Der TM-Gehalt wird von der Sorte, dem Erntezeitpunkt und dem Jahr hoch signifikant beeinflusst, wobei der Anstieg der TM mit fortschreitendem Vegetationsstadium natürlich bedingt ist und daher zu erwarten war. Der signifikante Einfluss von Erntezeitpunkt, Sorte und Jahr auf den TM-Gehalt der Restpflanze wird von GRUBER und HEIN (2006) bestätigt. In anderen Studien wurde ebenfalls festgestellt, dass vor allem in späteren Reifestadien der TM-Gehalt rasch ansteigt (GRUBER et al. 1983, PEX et al. 1996, KURTZ

2006, ZELLER 2009). Im Gegensatz dazu war bei MÜLLER (2012) jedoch kein Anstieg der Restpflanzen-TM mit zunehmender Reife sichtbar. Wie beim Restpflanzenanteil wurden auch beim TM-Gehalt zwar deutliche Unterschiede zwischen den Sorten festgestellt, jedoch nicht zwischen den Reifegruppen. Das Jahr 2007 hebt sich hinsichtlich der TM wesentlich von den beiden anderen Jahren ab, was vermutlich durch eine etwas frühere Ernte in diesem Jahr bedingt ist. Neben den Einzeleffekten ist auch die Wechselwirkung Erntezeitpunkt  $\times$  Jahr hoch signifikant.

Innerhalb der Weender Roh Nährstoffe wurde nur bei XL ein leicht signifikanter Unterschied zwischen den Sorten festgestellt. Der Gehalt an alle anderen Roh Nährstoffen wird von der Sorte nicht beeinflusst. Ein Einfluss des Erntezeitpunktes tritt nur bei XP und XL auf, wobei jeweils ein Rückgang des Gehaltes zu beobachten ist. Das Jahr hat jedoch auf alle Roh Nährstoffe einen signifikanten Einfluss. Während beim XP deutliche Unterschiede zwischen allen drei Jahren auftreten, weicht bei den weiteren Nährstoffen das Jahr 2008 von den beiden anderen Jahren ab. Außer bei XP und XL (jeweils Sorte  $\times$  Jahr und Erntezeitpunkt  $\times$  Jahr) treten keine signifikanten Wechselwirkungen auf.

Bei den Faserbestandteilen übt die Sorte einen hoch signifikanten Einfluss auf den ADL-Gehalt aus. Ansonsten wurden keine signifikanten Einflüsse auf die Faserbestandteile festgestellt. Außer Ernte  $\times$  Jahr bei NDF und Sorte  $\times$  Jahr bei ADF sind auch keine signifikanten Wechselwirkungen aufgetreten.

Auch andere Autoren fanden heraus, dass mit zunehmender Reife der Gehalt an den Faserbestandteilen zunimmt und im Gegensatz dazu die XP-, XL- und NFC-Gehalte abnehmen (KURTZ 2006, MÜLLER 2012, GRUBER und HEIN 2006). GRUBER und HEIN (2006) stellten überdies auch einen signifikanten Einfluss der Sorte auf den XF-, ADL- und XX-Gehalt sowie des Jahres auf den Gehalt an XL, XX und allen Gerüstsubstanzen fest. Im Versuch von MÜLLER (2012) wurde ein höherer Gehalt an Faserbestandteilen bei frühreifen Sorten beobachtet.

PEX et al. (1996) ermittelten neben der Abnahme des XP-Gehaltes und der Zunahme des XF-Gehaltes auch einen Anstieg des XA-Gehaltes mit zunehmender Reife. In einem weiteren deutschen Versuch fiel ebenfalls auf, dass mit fortschreitender Reife der XP-Gehalt sinkt und die Faserbestandteile zunehmen. Weiters wurde bei diesem Versuch ein signifikanter Einfluss der Sorte auf die Gehalte an XA und den Faserbestandteilen in der Restpflanze festgestellt (ZELLER 2009). Auch bei einem spanischen Versuch wurden deutlich unterschiedliche NDF-, ADF- und ADL- Gehalte bei verschiedenen Sorten beobachtet (FERRET et al. 1997).

**Tabelle 7:** Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf Restpflanzenanteil, TM-Gehalt und Gehalt an Inhaltsstoffen in der Restpflanze

	Restpfl.- anteil (%)	TM g/kg FM	XP	XL	XF	XX	OM	XA	NDF	ADF	ADL	NFC
			g/kg TM									
<b>Sorte</b>												
NUESTRO	46,4 <sup>abc</sup>	194 <sup>abc</sup>	63	17 <sup>b</sup>	368	482	929	71	642	408	43 <sup>a</sup>	207
NK FALKONE	44,2 <sup>a</sup>	211 <sup>c</sup>	59	16 <sup>ab</sup>	379	477	931	69	656	426	52 <sup>b</sup>	200
BEATLE	49,0 <sup>c</sup>	186 <sup>a</sup>	63	16 <sup>ab</sup>	389	462	930	70	666	434	53 <sup>b</sup>	185
ROBERTO	48,1 <sup>bc</sup>	195 <sup>abc</sup>	57	15 <sup>ab</sup>	389	466	927	73	669	433	45 <sup>ab</sup>	186
PR39T45	45,0 <sup>ab</sup>	208 <sup>bc</sup>	59	14 <sup>a</sup>	399	457	930	70	688	442	52 <sup>b</sup>	169
RONALDINIO	46,6 <sup>abc</sup>	212 <sup>c</sup>	59	14 <sup>ab</sup>	392	467	932	68	671	430	46 <sup>ab</sup>	188
DK315	46,6 <sup>abc</sup>	183 <sup>a</sup>	61	15 <sup>ab</sup>	384	473	933	67	661	423	46 <sup>ab</sup>	195
PR39F58	45,8 <sup>abc</sup>	199 <sup>abc</sup>	61	14 <sup>ab</sup>	395	459	929	71	677	436	48 <sup>ab</sup>	176
FRIEDRIX	47,2 <sup>abc</sup>	190 <sup>ab</sup>	62	16 <sup>ab</sup>	384	468	930	70	656	423	48 <sup>ab</sup>	197
<b>Ernte(zeitpunkt)</b>												
VOR	48,3 <sup>b</sup>	180 <sup>a</sup>	65 <sup>b</sup>	16 <sup>b</sup>	386	464	930	70	656	425	48	194
HAUPT	47,2 <sup>b</sup>	190 <sup>b</sup>	59 <sup>a</sup>	15 <sup>a</sup>	386	469	930	70	666	430	48	189
NACH	44,2 <sup>a</sup>	223 <sup>c</sup>	57 <sup>a</sup>	14 <sup>a</sup>	388	471	931	69	673	430	48	186
<b>Jahr</b>												
2007	49,4 <sup>c</sup>	175 <sup>a</sup>	71 <sup>c</sup>	15 <sup>a</sup>	388 <sup>b</sup>	456 <sup>a</sup>	931 <sup>ab</sup>	69 <sup>ab</sup>	662	429	49	182
2008	43,2 <sup>a</sup>	211 <sup>b</sup>	53 <sup>a</sup>	17 <sup>b</sup>	373 <sup>a</sup>	485 <sup>b</sup>	928 <sup>a</sup>	72 <sup>b</sup>	665	420	47	194
2010	47,0 <sup>b</sup>	207 <sup>b</sup>	57 <sup>b</sup>	14 <sup>a</sup>	398 <sup>b</sup>	462 <sup>a</sup>	931 <sup>b</sup>	69 <sup>a</sup>	668	436	49	192
<b>Statistische Parameter</b>												
p-Wert Sorte	0,007	<0,001	0,068	0,033	0,145	0,323	0,075	0,075	0,105	0,185	0,003	0,179
p-Wert Ernte	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,899	0,451	0,621	0,621	0,104	0,702	0,893	0,601
p-Wert Jahr	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,020	0,020	0,763	0,052	0,246	0,285
p-Wert Sorte × Ernte	0,569	0,593	0,124	0,491	0,371	0,612	0,640	0,640	0,264	0,265	0,618	0,438
p-Wert Sorte × Jahr	0,028	0,072	0,014	0,014	0,295	0,667	0,226	0,226	0,144	0,050	0,001	0,270
p-Wert Ernte × Jahr	<0,001	<0,001	0,001	0,001	0,165	0,208	0,126	0,126	0,049	0,053	0,950	0,089
RSD	2,4	13	4	2	22	22	4	4	29	24	5	29
R <sup>2</sup>	73,2	86,2	83,0	55,5	25,6	21,5	20,7	20,7	26,0	29,8	41,6	15,0

#### 4.1.2 Einfluss der Sorte auf den in situ-TM-Abbau der Restpflanze

Um den Einfluss der Sorte (und auch der anderen Einflussfaktoren) auf den in situ-TM-Abbau beurteilen zu können, werden einerseits die ruminale TM-Abbaubarkeiten zu 10 verschiedenen Zeitstufen und andererseits die sich daraus ergebenden Abbauparameter herangezogen.

Der Einfluss der Sorte auf die ruminale TM-Abbaubarkeit der Restpflanze ist bei allen Zeitstufen hoch signifikant (Tabelle 8). Tendenziell kann beobachtet werden, dass Sorten mit niedriger Reifezahl höhere ruminale TM-Abbaubarkeiten aufweisen als Sorten mit hoher Reifezahl. Diese Unterschiede sind über den gesamten Beobachtungszeitraum (0 bis 120 Stunden) relativ konstant und auch die Reihenfolge zwischen den Sorten ändert sich kaum. Das bedeutet, dass jene Sorten, die in den ersten Stunden schon weniger rasch verdaut werden, auch die geringste potentielle Verdaulichkeit nach 120 Stunden aufweisen.

Die Sorte mit der niedrigsten Reifezahl (NUESTRO) weist fast über den gesamten Zeitraum die höchste Abbaubarkeit auf und hat auch die mit Abstand höchste potentielle Verdaulichkeit. Weiters hervorzuheben sind auch die beiden Sorten PR39T45 (mittlere Reifezahl) und PR39F58 (hohe Reifezahl), die über den gesamten Zeitraum unterdurchschnittliche Verdaulichkeitswerte zeigen. Besonders die Sorte PR39T45 weist deutlich niedrigere Werte als alle anderen Sorten auf. Innerhalb der Reifegruppe I (niedrige Reifezahl) treten bei der Sorte BEATLE die niedrigsten Abbaubarkeiten auf. Verglichen mit den Sorten höherer Reifezahl sind die Werte aber durchaus als gut einzustufen (Abbildung 5).

Auch bei den Abbauparametern  $a$ ,  $b$ ,  $c$  und lag-time wurde ein signifikanter Einfluss der Sorte festgestellt (Tabelle 9). Die Sorte NUESTRO weist wiederum den höchsten und die Sorte PR39T45 den niedrigsten Wert für die sofort lösliche Fraktion  $a$  auf. Die potentiell abbaubare Fraktion  $b$  liegt bei den meisten Sorten um etwa 50 %, nur die Sorten BEATLE und PR39T45 weisen mit etwa 46 % niedrigere Werte auf. Hinsichtlich der Abbaurate  $c$  weist die Sorte PR39T45 mit  $0,026 \text{ h}^{-1}$  den niedrigsten und die Sorte BEATLE mit  $0,034 \text{ h}^{-1}$  den höchsten Wert auf. Bei allen anderen Sorten liegt die Abbaurate bei etwa  $0,03 \text{ h}^{-1}$ . Die lag-time schwankt zwischen 3,08 (Sorte NUESTRO) und 5,54 (Sorte PR39F58) Stunden, wobei sie mit zunehmender Reifezahl tendenziell zunimmt. Die effektiven Abbaubarkeiten wurden für Passageraten von 2, 5 und 8 %  $\text{h}^{-1}$  berechnet, wobei bei allen drei Passageraten signifikante Unterschiede zwischen den Sorten festgestellt wurden. Ähnlich wie bei der potentiellen Abbaubarkeit weisen auch hierbei die Sorten PR39T45 und PR39F58 deutlich niedrigere sowie die Sorte NUESTRO deutlich höhere Werte als die übrigen Sorten auf. Innerhalb dieser übrigen 6 Sorten waren nur geringe Unterschiede festzustellen.

Beim Versuch von ZELLER (2009) wurde lediglich ein signifikanter Einfluss der Sorte auf die Abbauparameter a und c festgestellt, der potentiell abbaubare Anteil b und die lag-time wurden von der Sorte nicht beeinflusst. In dieser Studie wurde jedoch kein Einfluss der Sorte auf die effektive Abbaubarkeit der Restpflanze beobachtet. Auch VERBIČ et al. (1995) stellten einen signifikanten Einfluss der Sorte auf die potentielle und effektive ruminale TM-Abbaubarkeit fest, wobei sie vor allem die Unterschiede im Gehalt der sofort löslichen Fraktion a dafür verantwortlich machen. Weiters erwähnen sie auch, dass vor allem Unterschiede in der Abbaubarkeit der Stängel zu den deutlichen Differenzen zwischen den Sorten führen. Ein höherer Kornanteil an der Gesamtpflanze soll, laut diesen Autoren, auch zu einer verbesserten effektiven Abbaubarkeit der Restpflanze führen.

Ein weiterer Versuch bestätigt ebenfalls den Einfluss der Sorte auf die ruminale Abbaubarkeit der Restpflanze. Dabei wurde auch beobachtet, dass die Sorten mit dem höchsten Anteil an der Fraktion a, den niedrigsten Anteil an der Fraktion b enthalten und umgekehrt. Für die potentielle Abbaubarkeit wurde somit kein signifikanter Einfluss der Sorte festgestellt (AKBAR et al. 2002).

#### **4.1.3 Einfluss des Erntezeitpunktes auf den in situ-TM-Abbau der Restpflanze**

Wie für die Sorte wurde auch für den Erntezeitpunkt ein signifikanter Einfluss auf die ruminale TM-Abbaubarkeit der Restpflanze beobachtet (Tabelle 8, Abbildung 5). Dabei fällt auf, dass innerhalb der ersten 24 Stunden nach der Inkubation die zum mittleren Erntezeitpunkt geernteten Silagen die deutlich höchsten Abbaubarkeiten erzielen. Nach den ersten 24 Stunden sind die Werte für den ersten und zweiten Erntezeitpunkt sehr ähnlich, erst nach 120 Stunden wurde eine deutlich höhere Abbaubarkeit der früh geernteten Silagen festgestellt. Der dritte Erntezeitpunkt weist zu allen getesteten Zeitstufen die niedrigste Abbaubarkeit auf.

Auch auf die Abbauparameter a, b und c hat der Erntezeitpunkt einen signifikanten Einfluss (Tabelle 9). Der mittlere Erntezeitpunkt weist den höchsten Gehalt an der löslichen Fraktion a auf. Während zum frühen Erntezeitpunkt ein ähnlicher Wert erzielt wurde, ist jener des späten deutlich niedriger. Weiters weist die Haupternte einen signifikant niedrigeren Gehalt an der potentiell löslichen Fraktion b und eine signifikant höhere Abbaurate c auf. Die lag-time ist beim mittleren Erntezeitpunkt deutlich höher als bei den beiden anderen.

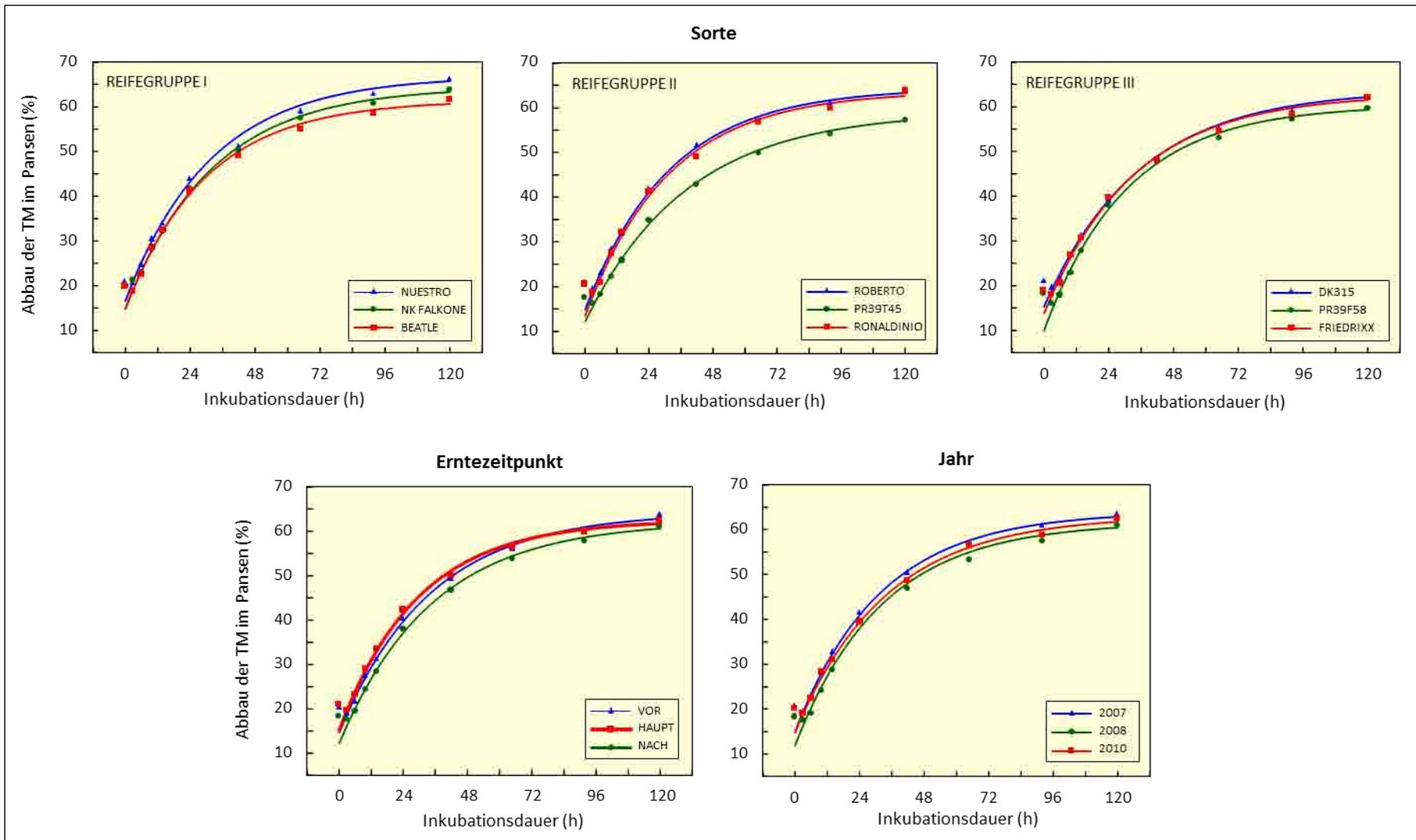
Hinsichtlich der effektiven Abbaubarkeit weisen die zum frühen und mittleren Erntezeitpunkt geernteten Silagen bei allen drei Passageraten ähnliche Werte auf, wobei jene der Haupternte jeweils um ca. 1,0–1,5 % höher sind. Bei den spät geernteten Silagen sind alle drei effektiven Abbaubarkeiten (ED 2, ED 5, ED 8) signifikant niedriger als bei den früh und mittelspät geernteten.

**Tabelle 8:** Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf die ruminale TM-Abbaubarkeit (%) der Restpflanze bei verschiedenen Inkubationszeiten

	Inkubationszeit (h)									
	0	3	6	10	14	24	42	65	92	120
<b>Sorte</b>										
NUESTRO	21,0 <sup>c</sup>	20,7 <sup>c</sup>	24,8 <sup>e</sup>	30,5 <sup>c</sup>	33,9 <sup>c</sup>	44,0 <sup>d</sup>	51,1 <sup>de</sup>	59,1 <sup>f</sup>	62,9 <sup>e</sup>	66,2 <sup>e</sup>
NK FALKONE	20,0 <sup>bc</sup>	21,2 <sup>c</sup>	22,9 <sup>cde</sup>	28,5 <sup>bc</sup>	32,4 <sup>bc</sup>	41,7 <sup>cd</sup>	50,2 <sup>cde</sup>	57,4 <sup>ef</sup>	60,7 <sup>d</sup>	63,8 <sup>cde</sup>
BEATLE	19,8 <sup>bc</sup>	18,8 <sup>b</sup>	22,4 <sup>bcd</sup>	28,5 <sup>bc</sup>	32,4 <sup>bc</sup>	41,2 <sup>cd</sup>	49,0 <sup>bcd</sup>	54,9 <sup>bcd</sup>	58,4 <sup>bc</sup>	61,6 <sup>bc</sup>
ROBERTO	20,9 <sup>c</sup>	19,5 <sup>bc</sup>	23,0 <sup>de</sup>	28,4 <sup>bc</sup>	32,0 <sup>bc</sup>	41,9 <sup>cd</sup>	51,6 <sup>e</sup>	57,0 <sup>de</sup>	61,0 <sup>de</sup>	64,1 <sup>de</sup>
PR39T45	17,5 <sup>a</sup>	16,2 <sup>a</sup>	18,2 <sup>a</sup>	22,2 <sup>a</sup>	25,8 <sup>a</sup>	34,8 <sup>a</sup>	42,7 <sup>a</sup>	49,8 <sup>a</sup>	54,0 <sup>a</sup>	57,1 <sup>a</sup>
RONALDINIO	20,5 <sup>c</sup>	18,5 <sup>b</sup>	20,8 <sup>bc</sup>	27,3 <sup>b</sup>	32,2 <sup>bc</sup>	41,1 <sup>c</sup>	48,9 <sup>bcd</sup>	56,7 <sup>cde</sup>	59,7 <sup>cd</sup>	63,6 <sup>cd</sup>
DK315	21,2 <sup>c</sup>	19,7 <sup>bc</sup>	21,8 <sup>bcd</sup>	26,9 <sup>b</sup>	31,2 <sup>b</sup>	39,1 <sup>bc</sup>	48,6 <sup>bcd</sup>	55,1 <sup>bcd</sup>	59,1 <sup>bcd</sup>	62,3 <sup>cd</sup>
PR39F58	18,3 <sup>a</sup>	16,1 <sup>a</sup>	17,9 <sup>a</sup>	23,0 <sup>a</sup>	27,8 <sup>a</sup>	37,9 <sup>b</sup>	47,7 <sup>b</sup>	53,0 <sup>b</sup>	57,2 <sup>b</sup>	59,6 <sup>ab</sup>
FRIEDRIX	18,9 <sup>ab</sup>	18,0 <sup>b</sup>	20,6 <sup>b</sup>	26,8 <sup>b</sup>	30,6 <sup>b</sup>	39,7 <sup>bc</sup>	48,1 <sup>bc</sup>	54,5 <sup>bc</sup>	58,3 <sup>bc</sup>	62,0 <sup>bcd</sup>
<b>Ernte(zeitpunkt)</b>										
VOR	20,2 <sup>b</sup>	19,0 <sup>b</sup>	21,6 <sup>b</sup>	27,5 <sup>b</sup>	31,2 <sup>b</sup>	40,3 <sup>b</sup>	49,4 <sup>b</sup>	56,0 <sup>b</sup>	59,7 <sup>b</sup>	63,7 <sup>c</sup>
HAUPT	20,9 <sup>c</sup>	19,7 <sup>b</sup>	23,1 <sup>c</sup>	29,0 <sup>c</sup>	33,3 <sup>c</sup>	42,2 <sup>c</sup>	49,9 <sup>b</sup>	56,2 <sup>b</sup>	59,8 <sup>b</sup>	62,3 <sup>b</sup>
NACH	18,2 <sup>a</sup>	17,6 <sup>a</sup>	19,4 <sup>a</sup>	24,2 <sup>a</sup>	28,2 <sup>a</sup>	37,9 <sup>a</sup>	46,7 <sup>a</sup>	53,6 <sup>a</sup>	57,6 <sup>a</sup>	60,8 <sup>a</sup>
<b>Jahr</b>										
2007	20,8 <sup>b</sup>	19,6 <sup>b</sup>	22,8 <sup>b</sup>	28,1 <sup>b</sup>	32,9 <sup>c</sup>	41,6 <sup>b</sup>	50,5 <sup>c</sup>	56,3 <sup>b</sup>	61,0 <sup>c</sup>	63,5 <sup>b</sup>
2008	18,4 <sup>a</sup>	17,5 <sup>a</sup>	19,1 <sup>a</sup>	24,2 <sup>a</sup>	28,8 <sup>a</sup>	39,5 <sup>a</sup>	46,8 <sup>a</sup>	53,2 <sup>a</sup>	57,4 <sup>a</sup>	60,9 <sup>a</sup>
2010	20,2 <sup>b</sup>	19,1 <sup>b</sup>	22,3 <sup>b</sup>	28,3 <sup>b</sup>	31,1 <sup>b</sup>	39,4 <sup>a</sup>	48,7 <sup>b</sup>	56,4 <sup>b</sup>	58,7 <sup>b</sup>	62,5 <sup>b</sup>
<b>Statistische Parameter</b>										
p-Wert Sorte	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p-Wert Ernte	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p-Wert Jahr	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p-Wert Sorte × Ernte	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,004	<0,001	<0,001	<0,001
p-Wert Sorte × Jahr	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p-Wert Ernte × Jahr	<0,001	<0,001	0,172	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
RSD	2,0	2,2	2,9	3,1	3,2	3,7	3,1	2,8	2,7	3,2
R <sup>2</sup>	68,5	69,1	64,4	69,9	67,5	56,8	61,1	65,1	62,8	53,1

**Tabelle 9:** Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf die Abbauparameter (a, b, c, lag, (a + b)) und die effektive Abbaubarkeit (ED 2, ED 5, ED 8) der Restpflanze

	a %	b %	c h <sup>-1</sup>	lag h	(a + b) %	ED 2 %	ED 5 %	ED 8 %
<b>Sorte</b>								
NUESTRO	16,6 <sup>b</sup>	50,2	0,032 <sup>b</sup>	3,08 <sup>a</sup>	66,8 <sup>c</sup>	45,3 <sup>c</sup>	33,2 <sup>c</sup>	27,7 <sup>b</sup>
NK FALKONE	14,9 <sup>ab</sup>	49,5	0,031 <sup>ab</sup>	3,56 <sup>a</sup>	64,5 <sup>bc</sup>	42,8 <sup>bc</sup>	30,8 <sup>bc</sup>	25,4 <sup>ab</sup>
BEATLE	14,8 <sup>ab</sup>	46,6	0,034 <sup>b</sup>	3,45 <sup>a</sup>	61,4 <sup>ab</sup>	41,9 <sup>bc</sup>	30,5 <sup>bc</sup>	25,3 <sup>ab</sup>
ROBERTO	14,8 <sup>ab</sup>	49,5	0,032 <sup>b</sup>	4,21 <sup>ab</sup>	64,3 <sup>bc</sup>	42,6 <sup>bc</sup>	30,3 <sup>abc</sup>	24,8 <sup>ab</sup>
PR39T45	12,1 <sup>ab</sup>	46,9	0,026 <sup>a</sup>	4,93 <sup>ab</sup>	59,0 <sup>a</sup>	35,8 <sup>a</sup>	24,5 <sup>a</sup>	19,8 <sup>a</sup>
RONALDINIO	13,6 <sup>ab</sup>	50,1	0,032 <sup>b</sup>	4,72 <sup>ab</sup>	63,7 <sup>bc</sup>	41,3 <sup>bc</sup>	28,9 <sup>abc</sup>	23,3 <sup>ab</sup>
DK315	15,3 <sup>ab</sup>	48,5	0,028 <sup>ab</sup>	4,60 <sup>ab</sup>	63,8 <sup>bc</sup>	40,9 <sup>abc</sup>	29,0 <sup>abc</sup>	24,0 <sup>ab</sup>
PR39F58	10,0 <sup>a</sup>	50,3	0,032 <sup>b</sup>	5,54 <sup>b</sup>	60,3 <sup>ab</sup>	37,7 <sup>ab</sup>	25,0 <sup>ab</sup>	19,4 <sup>a</sup>
FRIEDRIX	13,8 <sup>ab</sup>	49,2	0,030 <sup>ab</sup>	3,62 <sup>a</sup>	63,0 <sup>abc</sup>	40,9 <sup>abc</sup>	29,0 <sup>abc</sup>	23,7 <sup>ab</sup>
<b>Ernte(zeitpunkt)</b>								
VOR	14,6 <sup>b</sup>	49,7 <sup>b</sup>	0,029 <sup>a</sup>	4,20	64,3 <sup>b</sup>	41,6 <sup>b</sup>	29,4 <sup>b</sup>	24,2 <sup>b</sup>
HAUPT	15,1 <sup>b</sup>	47,5 <sup>a</sup>	0,034 <sup>b</sup>	3,83	62,6 <sup>ab</sup>	42,6 <sup>b</sup>	30,9 <sup>b</sup>	25,5 <sup>b</sup>
NACH	12,3 <sup>a</sup>	49,7 <sup>b</sup>	0,029 <sup>a</sup>	4,53	62,0 <sup>a</sup>	39,0 <sup>a</sup>	26,8 <sup>a</sup>	21,5 <sup>a</sup>
<b>Jahr</b>								
2007	15,1 <sup>b</sup>	49,0	0,031	3,86 <sup>a</sup>	64,1 <sup>b</sup>	42,6 <sup>b</sup>	30,5 <sup>b</sup>	25,1 <sup>b</sup>
2008	11,9 <sup>a</sup>	49,8	0,031	4,78 <sup>b</sup>	61,7 <sup>a</sup>	39,1 <sup>a</sup>	26,9 <sup>a</sup>	21,5 <sup>a</sup>
2010	14,9 <sup>b</sup>	48,2	0,030	3,93 <sup>a</sup>	63,1 <sup>ab</sup>	41,4 <sup>b</sup>	29,6 <sup>b</sup>	24,5 <sup>b</sup>
<b>Statistische Parameter</b>								
p-Wert Sorte	0,016	0,034	0,003	0,002	<0,001	<0,001	0,001	0,001
p-Wert Ernte	0,011	0,005	<0,001	0,113	0,017	0,001	0,001	0,002
p-Wert Jahr	0,003	0,107	0,159	0,014	0,018	0,002	0,003	0,004
p-Wert Sorte × Ernte	0,496	0,205	0,085	0,868	0,415	0,338	0,384	0,430
p-Wert Sorte × Jahr	0,163	0,739	0,059	0,309	0,253	0,021	0,029	0,042
p-Wert Ernte × Jahr	0,304	0,002	<0,001	0,001	0,456	0,416	0,817	0,915
RSD	3,4	2,7	0,004	1,19	2,9	3,3	3,7	3,9
R <sup>2</sup> (%)	35,8	36,0	61,6	41,0	43,6	54,2	48,8	44,8



**Abbildung 5:** Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf die ruminale Abbaukinetik der Restpflanze

Die beobachteten Ergebnisse sind möglicherweise darauf zurückzuführen, dass während der Reifephase des Kolbens (mittlerer Erntezeitpunkt) starke Zuckerumlagerungsprozesse aus den Blättern in den Kolben stattfinden und dadurch diese Silagen in den ersten 24 Stunden höhere Abbaubarkeiten aufweisen. In der potentiellen Abbaubarkeit (nach 120 Stunden) wird dieser Vorteil durch den steigenden NDF-Gehalt wieder ausgeglichen und der mittlere Erntezeitpunkt fällt hinter den frühen zurück. Auch die niedrigen Werte für den dritten Erntezeitpunkt sind vermutlich auf den steigenden Fasergehalt in der Restpflanze zurückzuführen. Betrachtet man die effektiven Abbaubarkeiten, so ist dieser raschere Abbau der zum mittleren Erntezeitpunkt geernteten Silagen vermutlich der Grund dafür, dass sie die höchsten Werte aufweisen. Vor allem bei höheren Passageraten (z.B. 5 oder 8 % h<sup>-1</sup>) wurden bemerkenswerte (wenn auch nicht signifikante) Unterschiede festgestellt.

In einem vorangegangenen Versuch wurde ebenfalls beobachtet, dass mit zunehmender Reife die TM-Abbaubarkeit der Restpflanze zurück geht, jedoch war in diesem Versuch der Rückgang der Abbaubarkeit deutlich größer (MÜLLER 2012). In einem deutschen Versuch wurde weiters festgestellt, dass mit zunehmender Inkubationsdauer der Unterschied in der Abbaubarkeit der Restpflanze zwischen früh und spät geernteten Silagen immer geringer wird (ZELLER 2009). Das wurde ebenfalls, wenn auch in geringerem Maße, im vorliegenden Versuch zwischen zweitem und drittem Erntezeitpunkt beobachtet.

Die beiden oben genannten Studien kamen ebenfalls zum Schluss, dass zwischen erstem und letztem Erntezeitpunkt der Anteil von a abnimmt und jener von b konstant bleibt, sodass auch die potentielle Abbaubarkeit abnimmt. Weiters wurden auch deutlich niedrigere effektive Abbaubarkeiten bei späten Erntezeitpunkten festgestellt (ZELLER 2009, MÜLLER 2012). ZELLER (2009) stellte weiters auch eine signifikante Abnahme der Abbaurate c und eine signifikante Zunahme der lag-time mit fortschreitender Reife fest. In diesem Versuch war allerdings die lag-time im Durchschnitt (1,64 h beim ersten Erntezeitpunkt bis 2,68 h beim letzten Erntezeitpunkt) deutlich geringer als im vorliegenden Versuch.

Der Rückgang der ruminalen TM-Abbaubarkeit der Restpflanze wird auch noch von weiteren Autoren bestätigt (FLACHOWSKY et al. 1993, AKBAR et al. 2002). AKBAR et al. (2002) kamen weiters zum Ergebnis, dass bei den meisten Sorten die lag-time mit fortschreitender Reife abnimmt, was im aktuellen Versuch nicht festgestellt wurde.

#### **4.1.4 Einfluss des Jahres auf den in situ-TM-Abbau der Restpflanze**

Zwischen den Jahren wurden hoch signifikante Unterschiede im ruminalen TM-Abbau der Restpflanze festgestellt (Tabelle 8, Abbildung 5). Über die gesamte Inkubationsdauer kann eine eindeutige Reihung abgelesen werden. So sind die ruminalen Abbaubarkeiten des Jahres 2008 niedriger als die des Jahres 2010 und deutlich niedriger als die des Jah-

res 2007. Das ist insofern etwas überraschend, da die im Jahr 2008 geernteten Silagen gegenüber denen der beiden anderen Jahre die höchsten XX-Gehalte und geringsten ADF- und ADL-Gehalte aufweisen. Einzig der TM-Gehalt ist vor allem gegenüber jenen Silagen aus dem Jahr 2007 deutlich erhöht, im Vergleich zum Jahr 2010 ist er aber ebenfalls ähnlich. Das ist vermutlich dadurch bedingt, dass die Silagen im Jahr 2008 durchschnittlich in einem späteren Reifestadium geerntet wurden als in den beiden anderen Jahren.

Die geringen Abbaubarkeiten des Jahres 2008 werden auch durch einen deutlich geringeren Gehalt an der leicht löslichen Fraktion a sowie eine deutlich längere lag-time bestätigt (Tabelle 9). Hinsichtlich der potentiell löslichen Fraktion b und der Abbauraten c wurden keine signifikanten Unterschiede zu den Jahren 2007 und 2010 festgestellt. Die effektiven Abbaubarkeiten der im Jahr 2008 geernteten Silagen sind ebenfalls signifikant niedriger als jene der in den beiden anderen Jahren geernteten Proben.

In einem Versuch von THOMET et al. (1986) wurden deutliche Unterschiede in der Verdaulichkeit der OM zwischen verschiedenen Jahren festgestellt. Die Autoren führen das vor allem auf unterschiedliche Witterungsverhältnisse in den Versuchsjahren zurück, welche die Entwicklung der Restpflanze beeinflussten.

#### **4.1.5 Wechselwirkungen bei der Restpflanze**

Hinsichtlich der ruminalen TM-Abbaubarkeiten zu den verschiedenen Zeitstufen sind fast alle Wechselwirkungen hoch signifikant (Tabelle 8). Hingegen wurden für die Abbauparameter und die effektiven Abbaubarkeiten kaum signifikante Wechselwirkungen ermittelt (Tabelle 9). Daher sind die Ergebnisse der ruminalen Abbaubarkeiten zu den verschiedenen Zeitstufen für die Haupteffekte Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr durch die signifikanten Wechselwirkungen beeinflusst und unter Berücksichtigung dieser zu interpretieren.

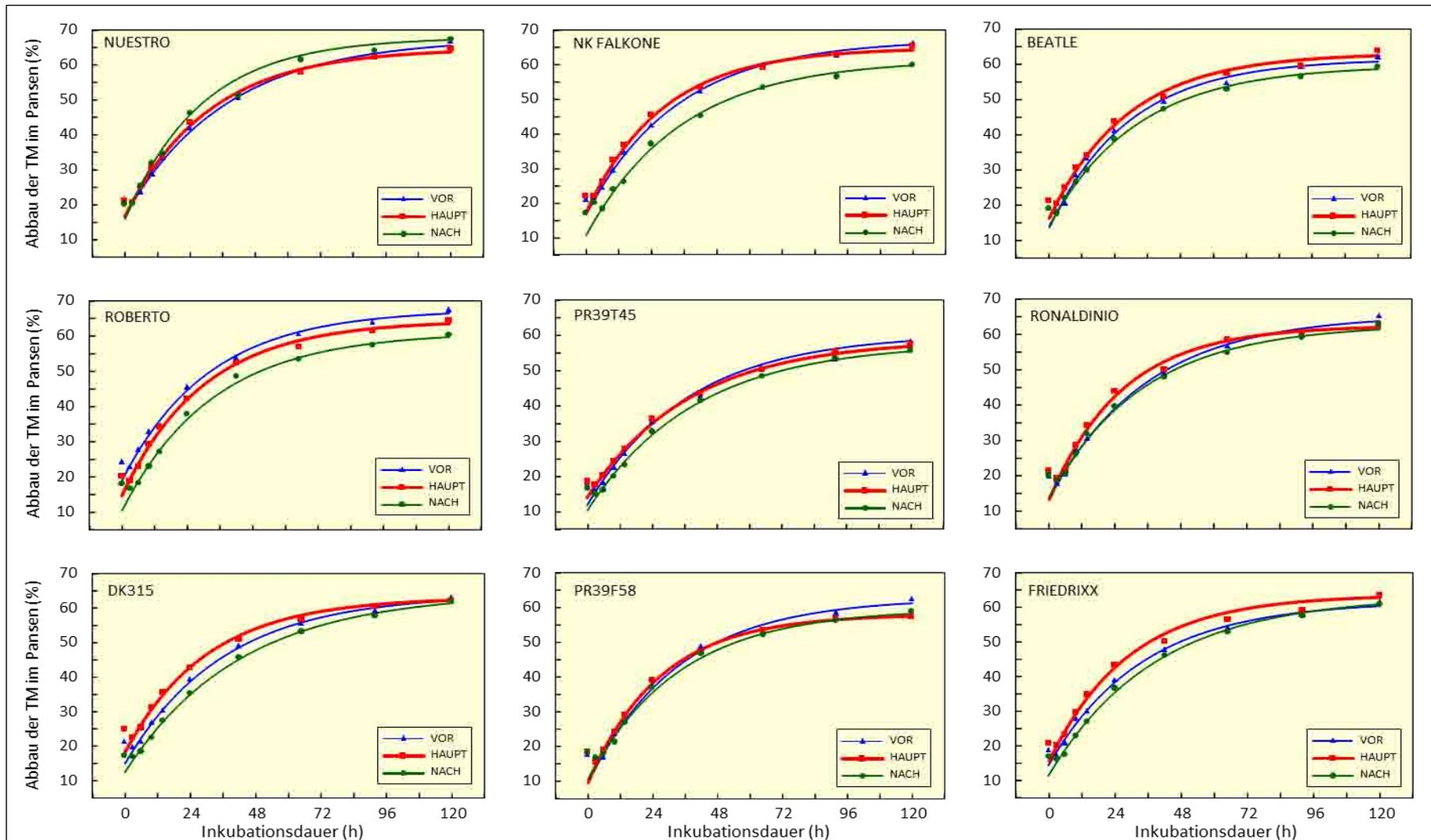
Bei allen Zeitstufen wurden für die Sorte × Erntezeitpunkt-Wechselwirkung p-Werte, die kleiner als 0,01 sind, beobachtet, während bei den Abbauparametern und effektiven Abbaubarkeiten keine signifikanten Wechselwirkungen auftreten. Der Einfluss des Erntezeitpunktes auf die ruminale Abbaubarkeit ist bei den verschiedenen Sorten sehr unterschiedlich ausgeprägt. Während bei den Sorten NK FALKONE und ROBERTO deutliche Unterschiede zwischen den Erntezeitpunkten festgestellt wurden, sind sie bei den Sorten PR39T45, RONALDINIO und PR39F58 relativ gering (Tabelle 19 [im Anhang], Abbildung 6).

In den Abbildungen 7 und 8 ist der Einfluss der Sorte bei den unterschiedlichen Erntezeitpunkten für die Abbauparameter a, b und c sowie (a + b), ED 2 und ED 8 dargestellt. Der Einfluss der Wechselwirkung Sorte × Erntezeitpunkt ist bei keinem der Parameter statistisch signifikant. Trotzdem weisen die unterschiedlichen Sorten zu verschiedenen

Erntezeitpunkten die höchsten Werte für a und b auf. Die Sorte ROBERTO besitzt zum ersten Zeitpunkt den höchsten Gehalt der sofort löslichen Fraktion a und den niedrigsten Anteil der potentiell löslichen Fraktion b. Alle anderen Sorten weisen für a entweder einen konstanten Anteil über alle drei Erntezeitpunkte hinweg oder den höchsten Gehalt beim mittleren Zeitpunkt auf. Für den potentiell abbaubaren Anteil b wurden je nach Sorte beim ersten, zweiten oder dritten Erntezeitpunkt die höchsten Werte erzielt, während die Abbaurrate c bei fast allen Sorten beim mittleren Erntezeitpunkt am höchsten ist. Hinsichtlich der potentiellen Abbaubarkeit (a + b) und den effektiven Abbaubarkeiten ED 2 und ED 8 ist vor allem die Sorte NUESTRO auffällig, da sie beim letzten Erntezeitpunkt die höchsten Werte aufweist. Alle anderen Sorten zeigen entweder zum mittleren Erntezeitpunkt die höchsten Abbaubarkeiten oder einen tendenziellen Abfall der Abbaubarkeiten mit zunehmender Reife.

Für die Wechselwirkung Sorte × Jahr wurde ein signifikanter Einfluss auf die ruminalen Abbaubarkeiten zu den verschiedenen Inkubationszeiten und die effektiven Abbaubarkeiten festgestellt, nicht jedoch auf die Abbauparameter a, b, c, lag-time und (a + b). Der Einfluss des Jahres wirkte sich daher bei den einzelnen Sorten unterschiedlich aus. Bei der Sorte RONALDINIO wurde kein Einfluss des Jahres festgestellt. Bei allen anderen Sorten traten hingegen schon Unterschiede zwischen den Jahren auf. Besonders deutlich ist der Einfluss des Jahres bei der Sorte NK FALKONE ausgeprägt. Auffallend ist auch, dass die meisten Sorten im Jahr 2007 die höchsten Abbauwerte aufweisen. Dies gilt jedoch nicht für die Sorten NUESTRO (2008) und NK FALKONE (2010) (Tabelle 20, Abbildung 17 [jeweils im Anhang]).

Die Wechselwirkung Ernte × Jahr ist für alle Abbaubarkeiten zu den verschiedenen Inkubationszeiten (Ausnahme: 6 Stunden) und für die Abbauparameter b, c und lag-time signifikant. Das Jahr 2007 schneidet zu allen drei Erntezeitpunkten am besten ab. Die beiden anderen Jahre erzielen ähnliche oder niedrigere Werte, wobei die Reihung dieser beiden Jahre von Erntezeitpunkt zu Erntezeitpunkt verschieden ist. Einzig im Jahr 2010 wurde hinsichtlich der Erntezeitpunkte die zu erwartende Reihung festgestellt, nämlich dass zum ersten Erntezeitpunkt die höchsten und zum letzten Erntezeitpunkt die niedrigsten Abbaubarkeiten auftreten. Im Jahr 2008 und zum Teil auch im Jahr 2007 weist hingegen der mittlere Erntezeitpunkt (HAUPT) die höchsten ruminalen Abbaubarkeiten auf. Die niedrigsten Ergebnisse erzielt jedoch auch in diesen beiden Jahren der letzte Erntezeitpunkt (NACH) (Tabelle 21, Abbildung 18 [jeweils im Anhang]).



**Abbildung 6:** Einfluss des Erntezeitpunktes auf die ruminale Abbaukinetik der Restpflanze verschiedener Silomais-Sorten

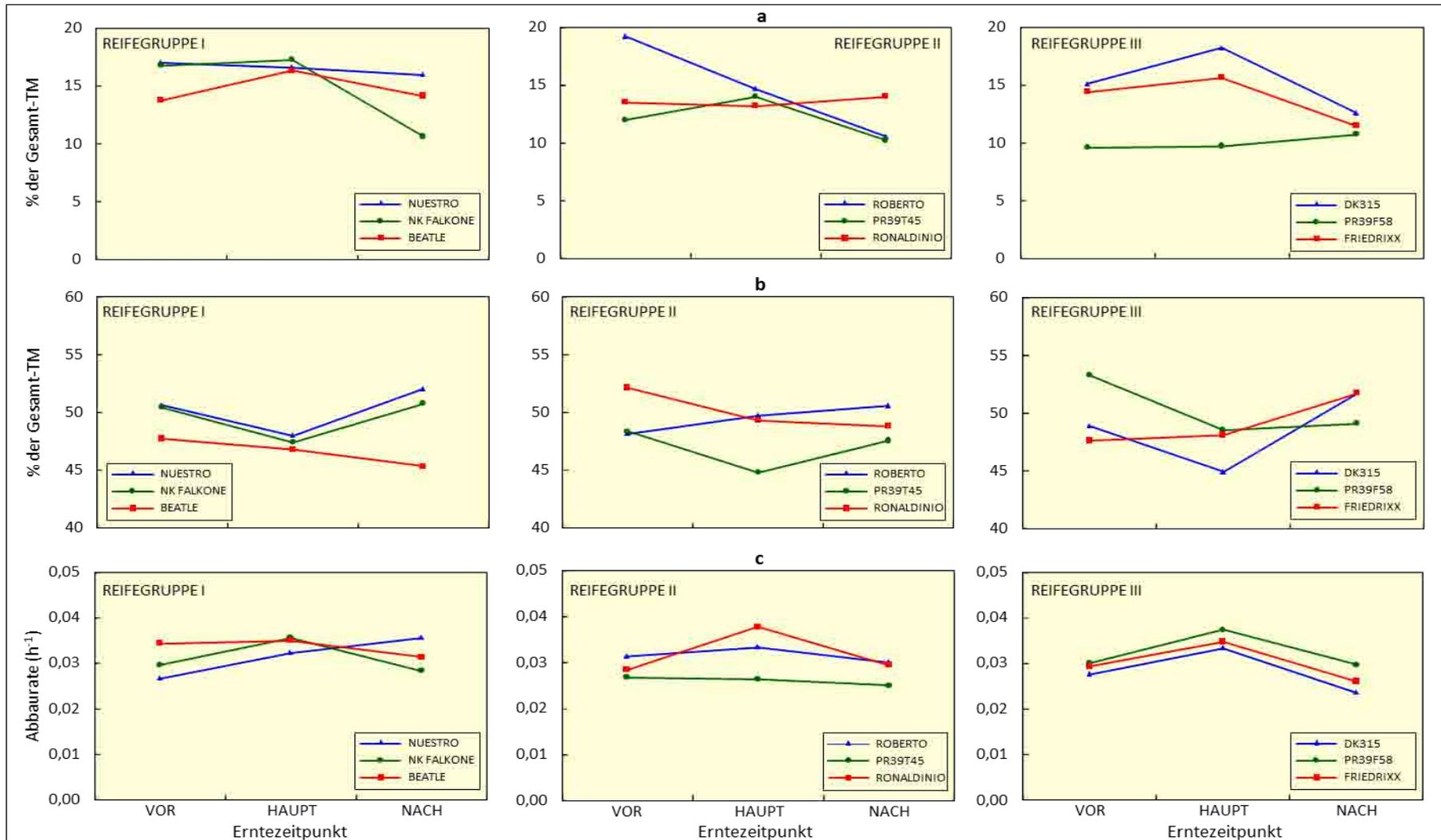


Abbildung 7: Einfluss des Erntezeitpunktes auf die Abbauparameter a, b und c der Restpflanze verschiedener Silomais-Sorten

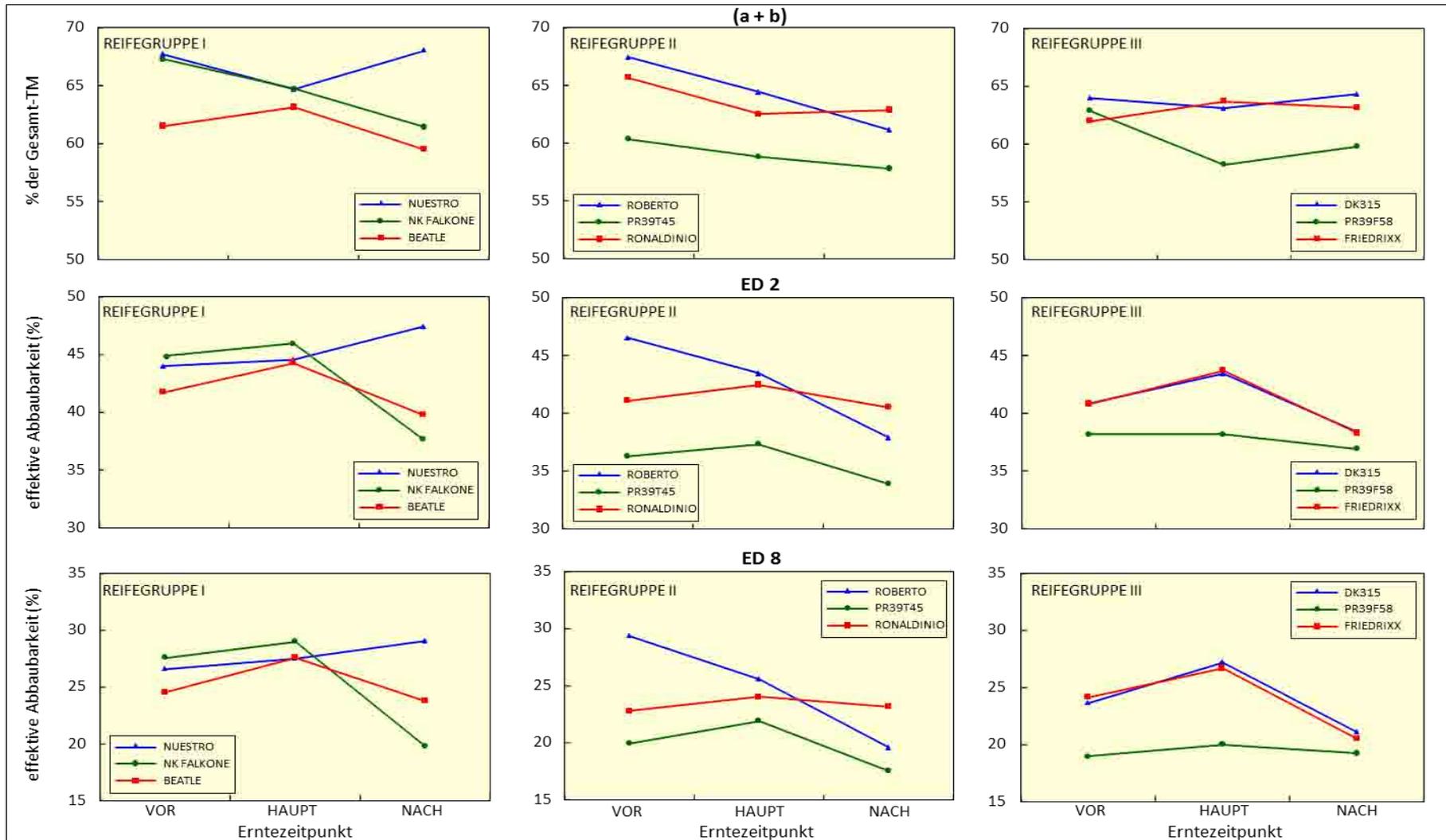


Abbildung 8: Einfluss des Erntezeitpunktes auf die Abbauparameter (a + b), ED 2 und ED 8 der Restpflanze verschiedener Silomais-Sorten

## 4.2 Ergebnisse Kolben

### 4.2.1 Nährstoffgehalt des Kolbens

Wie bei der Restpflanze soll auch beim Kolben zunächst der Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf den Kolbenanteil, den TM-Gehalt und den Gehalt an Rohnährstoffen beschrieben werden. Die Ergebnisse der Nährstoffanalyse sind in der Tabelle 10 sowie in den Tabellen 22, 23 und 24 (im Anhang) dargestellt. Verglichen mit den Referenzwerten von DLG (1997) und INRA (1989) aus Tabelle 1 weisen die untersuchten Kolbenslagen niedrigere XF- und höhere XX-Gehalte auf. Alle anderen Rohnährstoffe stimmen in etwa mit den angegebenen Werten überein.

Der Kolbenanteil unterscheidet sich signifikant zwischen den Sorten und schwankt zwischen 51,0 (Sorte BEATLE) und 55,8 % (Sorte NK FALKONE). BREITFUSS (2010) stellte in ihrer Arbeit fest, dass mit steigender Reifezahl der Kolbenanteil sinkt. Das konnte in dieser weiterführenden Untersuchung nicht bestätigt werden. Auffallend ist auch, dass die beiden Sorten mit den niedrigsten Abbaubarkeiten der Restpflanze (PR39T45 und PR39F58) hohe Kolbenanteile aufweisen, was eher auf eine Eignung als Körnermais-Sorte hinweisen würde. Der Erntezeitpunkt hat einen hoch signifikanten Einfluss auf den Kolbenanteil, wobei dieser vor allem zwischen dem zweiten und dritten Erntezeitpunkt stark ansteigt. Ein signifikanter Anstieg des Kolbenanteils mit zunehmender Reife wurde auch von PEX et al. (1996) festgestellt. Auch zwischen den Jahren wurden signifikante Unterschiede im Kolbenanteil beobachtet, wobei dieser im Jahr 2008 am höchsten und im Jahr 2007 am niedrigsten ist. Weiters sind auch die Wechselwirkungen Sorte  $\times$  Jahr sowie Erntezeitpunkt  $\times$  Jahr signifikant, während Sorte  $\times$  Erntezeitpunkt nicht signifikant ist.

Sowohl Sorte und Erntezeitpunkt als auch das Jahr haben einen hoch signifikanten Einfluss auf den TM-Gehalt des Kolbens. Bei der Sorte sind die Unterschiede möglicherweise darauf zurückzuführen, dass nicht alle Pflanzen im genau gleichen physiologischen Reifestadium geerntet wurden. Vor allem die Sorten DK315 und NUESTRO weisen sehr niedrige bzw. sehr hohe TM-Gehalte auf. Der Unterschied zwischen den Erntezeitpunkten ist natürlich bedingt, d.h. der höhere Wert zum dritten Erntezeitpunkt war so zu erwarten. Eine deutliche Zunahme des TM-Gehaltes mit fortschreitendem Vegetationsstadium wird auch von PEX et al. (1996) und GRUBER und HEIN (2006) bestätigt. Bezüglich des Jahres fällt auf, dass im Jahr 2007 der TM-Gehalt bei der Ernte mit rund 48 % deutlich niedriger ist als in den beiden anderen Jahren (55,7 % bzw. 53,8 %). Auch sämtliche Wechselwirkungen sind hoch signifikant.

**Tabelle 10:** Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf Kolbenanteil, TM-Gehalt und Gehalt an Inhaltsstoffen im Kolben

	Kolben- anteil (%)	TM g/kg FM	XP	XL	XF	XX	OM	XA	NDF	ADF	ADL	NFC
			g/kg TM									
<b>Sorte</b>												
NUESTRO	53,6 <sup>abc</sup>	555 <sup>f</sup>	87 <sup>d</sup>	46 <sup>d</sup>	66	784	984	16	172	80	14	679
NK FALKONE	55,8 <sup>c</sup>	551 <sup>ef</sup>	81 <sup>ab</sup>	42 <sup>bc</sup>	63	798	985	15	175	77	14	687
BEATLE	51,0 <sup>a</sup>	521 <sup>bc</sup>	82 <sup>abc</sup>	44 <sup>bcd</sup>	67	792	985	15	174	79	14	685
ROBERTO	51,9 <sup>ab</sup>	502 <sup>ab</sup>	86 <sup>cd</sup>	42 <sup>bc</sup>	63	794	985	15	167	74	15	690
PR39T45	55,0 <sup>bc</sup>	541 <sup>def</sup>	78 <sup>a</sup>	45 <sup>d</sup>	61	801	986	14	168	73	13	694
RONALDINIO	53,4 <sup>abc</sup>	532 <sup>cde</sup>	84 <sup>bcd</sup>	45 <sup>cd</sup>	66	791	985	15	179	80	18	678
DK315	53,4 <sup>abc</sup>	491 <sup>a</sup>	78 <sup>a</sup>	39 <sup>a</sup>	64	804	985	15	175	78	12	693
PR39F58	54,2 <sup>abc</sup>	521 <sup>bcd</sup>	81 <sup>ab</sup>	42 <sup>bc</sup>	59	803	985	15	166	70	10	696
FRIEDRIX	52,8 <sup>abc</sup>	516 <sup>bc</sup>	81 <sup>ab</sup>	41 <sup>ab</sup>	61	801	985	15	170	74	14	692
<b>Ernte(zeitpunkt)</b>												
VOR	51,7 <sup>a</sup>	494 <sup>a</sup>	82	43 <sup>ab</sup>	71 <sup>b</sup>	788 <sup>a</sup>	984 <sup>a</sup>	16 <sup>b</sup>	182 <sup>b</sup>	86 <sup>b</sup>	15	676 <sup>a</sup>
HAUPT	52,8 <sup>a</sup>	522 <sup>b</sup>	81	43 <sup>b</sup>	59 <sup>a</sup>	801 <sup>b</sup>	985 <sup>ab</sup>	15 <sup>ab</sup>	163 <sup>a</sup>	70 <sup>a</sup>	12	697 <sup>b</sup>
NACH	55,8 <sup>b</sup>	561 <sup>c</sup>	83	42 <sup>a</sup>	60 <sup>a</sup>	801 <sup>b</sup>	985 <sup>b</sup>	15 <sup>a</sup>	170 <sup>ab</sup>	73 <sup>a</sup>	14	691 <sup>ab</sup>
<b>Jahr</b>												
2007	50,6 <sup>a</sup>	481 <sup>a</sup>	86 <sup>b</sup>	42 <sup>b</sup>	80 <sup>c</sup>	776 <sup>a</sup>	983 <sup>a</sup>	17 <sup>b</sup>	212 <sup>b</sup>	98 <sup>c</sup>	25 <sup>b</sup>	644 <sup>a</sup>
2008	56,8 <sup>c</sup>	557 <sup>c</sup>	80 <sup>a</sup>	48 <sup>c</sup>	51 <sup>a</sup>	808 <sup>b</sup>	986 <sup>b</sup>	14 <sup>a</sup>	150 <sup>a</sup>	60 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	708 <sup>b</sup>
2010	53,0 <sup>b</sup>	538 <sup>b</sup>	81 <sup>a</sup>	39 <sup>a</sup>	59 <sup>b</sup>	806 <sup>b</sup>	986 <sup>b</sup>	14 <sup>a</sup>	153 <sup>a</sup>	70 <sup>b</sup>	10 <sup>a</sup>	713 <sup>b</sup>
<b>Statistische Parameter</b>												
p-Wert Sorte	0,007	<0,001	<0,001	<0,001	0,802	0,063	0,231	0,230	0,975	0,719	0,812	0,824
p-Wert Ernte	<0,001	<0,001	0,347	0,019	<0,001	0,001	0,013	0,013	0,027	<0,001	0,385	0,029
p-Wert Jahr	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p-Wert Sorte × Ernte	0,569	0,748	0,446	0,119	0,722	0,577	0,989	0,989	0,631	0,621	0,467	0,591
p-Wert Sorte × Jahr	0,028	0,003	0,004	0,017	0,523	0,222	0,513	0,513	0,525	0,632	0,976	0,342
p-Wert Ernte × Jahr	<0,001	<0,001	0,005	0,002	0,030	0,147	0,560	0,560	0,021	0,074	0,366	0,041
RSD	2,4	13	3	2	11	14	1	1	25	13	9	28
R <sup>2</sup>	73,2	93,8	70,7	84,1	58,6	61,1	53,9	54,0	57,2	64,1	38,3	59,0

Innerhalb der Weender Rohnährstoffe übt die Sorte nur auf XP und XL einen signifikanten Einfluss aus. Bezüglich des Erntezeitpunktes wurden bei XL, XF, XX, XA und OM wesentliche Unterschiede festgestellt, während sich der XP-Gehalt mit fortschreitender Reife nicht verändert. Zwischen erstem und zweitem Erntezeitpunkt nimmt der XF-Gehalt deutlich ab und der XX-Gehalt deutlich zu, während zwischen zweitem und drittem Erntezeitpunkt beide Gehalte in etwa konstant bleiben. Genau das gleiche Szenario wurde auch von PEX et al. (1996) und GRUBER und HEIN (2006) beobachtet, nämlich dass der XF- und NDF-Gehalt mit fortschreitender Reife immer mehr abnimmt und der XX-Gehalt kontinuierlich zunimmt. XL, XA und OM ändern sich im aktuellen Versuch zwar signifikant, ohne aber einen eindeutigen Trend ablesen zu können. Bezüglich des Jahres unterscheiden sich alle Rohnährstoffe hoch signifikant. Während bei XL und XF die Unterschiede zwischen allen drei Jahren bestehen, weicht bei XP, XX, OM und XA das Jahr 2007 deutlich von den beiden anderen Jahren ab, die ähnliche Werte für diese Nährstoffe aufweisen. Weiters sind im aktuellen Versuch auch die Sorte  $\times$  Jahr-Wechselwirkungen für XP und XL sowie die Erntezeitpunkt  $\times$  Jahr-Wechselwirkungen für XL, XP und XF signifikant.

Die Sorte hat keinen signifikanten Einfluss auf die Faserbestandteile NDF, ADF und ADL sowie die NFC. Zwischen den Erntezeitpunkten bestehen allerdings signifikante Unterschiede in den Gehalten an NDF, ADF und NFC. Dabei sind die Gehalte an den Faserbestandteilen beim ersten Erntezeitpunkt am höchsten und beim zweiten am niedrigsten, während für NFC genau das umgekehrte Szenario gilt. FLACHOWSKY et al. (1993) beobachteten eine kontinuierliche Abnahme des NDF-, ADF- und ADL-Gehaltes mit zunehmender Reife der Kolben. Auch das Jahr hat einen signifikanten Einfluss auf die Faser- und NFC-Gehalte. Dabei fällt auf, dass im Jahr 2007 die NDF-, ADF-, und ADL-Gehalte deutlich niedriger und der NFC-Gehalt deutlich höher sind als in den beiden anderen Jahren, die wiederum ähnliche Werte zeigen. Von den Wechselwirkungen ist nur jene zwischen Erntezeitpunkt und Jahr bei NDF und NFC leicht signifikant. Auch GRUBER und HEIN (2006) beobachteten einen signifikanten Einfluss des Jahres auf den Gehalt an XP, XF und den Gerüstsubstanzen NDF, ADF und ADL.

#### **4.2.2 Einfluss der Sorte auf den in situ-TM-Abbau des Kolbens**

Die Sorte hat zu allen untersuchten Zeitstufen einen signifikanten Einfluss auf die Abbaubarkeit des Kolbens (Tabelle 11). Vor allem innerhalb des ersten Tages nach der Inkubation lässt sich ein tendenzieller Anstieg der Abbaubarkeit mit zunehmender Reifezahl feststellen. Bei den letzten drei Zeitstufen (48, 72 und 96 Stunden) schwächt sich diese Tendenz immer mehr ab, sodass nach 96 Stunden alle Sorten ähnliche potentielle Abbaubarkeiten aufweisen, die sich jedoch trotzdem signifikant voneinander unterscheiden. Wenn man die Grafiken in Abbildung 9 betrachtet, fällt auf, dass (vor allem

innerhalb der Reifegruppe) die Sorten ROBERTO und PR39F58 überdurchschnittliche und die Sorte NUESTRO unterdurchschnittliche Werte aufweisen.

Diese Beobachtungen lassen den Schluss zu, dass die Abbaubarkeit des Kolbens deutlich durch das Reifestadium beeinflusst wird. Frühreife Sorten sind physiologisch reifer (höherer TM-Gehalt des Kolbens) und haben deshalb einen geringeren Anteil der sofort löslichen Fraktion a, jedoch einen höheren Anteil der potentiell abbaubaren Fraktion b. Dadurch bestehen zwischen den Sorten – trotz auftretender Signifikanzen – nur relativ geringe Unterschiede in der potentiellen Abbaubarkeit. Betrachtet man allerdings die Werte für die effektive Abbaubarkeit, wird deutlich, dass bei geringen Passageraten (ED 2) signifikante Unterschiede zwischen den Sorten auftreten (Tabelle 12). Bei genauerer Betrachtung wird erkennbar, dass die drei spätreifen Sorten deutlich höhere (wenn auch nicht immer signifikant höhere) Werte für die effektive Abbaubarkeit bei Passageraten von 2, 5 bzw. 8 % (ED 2, ED 5 und ED 8) aufweisen.

Auf die Abbauparameter a, b und c hat die Sorte keinen signifikanten Einfluss. Es wurde aber tendenziell ein leichter Anstieg der sofort löslichen Fraktion a und ein geringer Abfall der potentiell löslichen Fraktion b mit zunehmender Reifezahl der Sorte festgestellt. Für die lag-time wurden bei allen Sorten negative Werte berechnet, die sich nicht signifikant unterscheiden. Da eine negative lag-time physiologisch nicht möglich ist, wird sie daher nicht angeführt und als Null angenommen.

VERBIČ et al. (1995) beobachteten ebenfalls einen deutlichen Einfluss der Sorte auf die ruminale TM-Abbaubarkeit des Kolbens, wobei vor allem beim Gehalt der potentiell abbaubaren Fraktion b große Unterschiede zwischen den Sorten auftraten. Neben dem signifikanten Einfluss der Sorte auf die potentielle Abbaubarkeit wurde von AKBAR et al. (2002) auch ein signifikanter Einfluss auf die Abbaurate c festgestellt, was für den vorliegenden Versuch nicht gilt.

#### **4.2.3 Einfluss des Erntezeitpunktes auf den in situ-TM-Abbau des Kolbens**

Hinsichtlich des Erntezeitpunktes wurden für alle Zeitstufen außer 48 und 72 Stunden signifikante Unterschiede ermittelt (Tabelle 11). Innerhalb des ersten Tages werden die früh geernteten Kolbensilagen deutlich besser verdaut als die zum mittleren Zeitpunkt geernteten und die wiederum wesentlich besser als die spät geernteten. Bei den späteren Zeitstufen wurden für den ersten und zweiten Erntezeitpunkt ähnliche Abbaubarkeiten festgestellt. Obwohl die früh geernteten Silagen den raschesten Abbau innerhalb der ersten 24 Stunden aufweisen, liegt deren potentielle Abbaubarkeit relativ deutlich unter jener der mittelspät und spät geernteten (Abbildung 9).

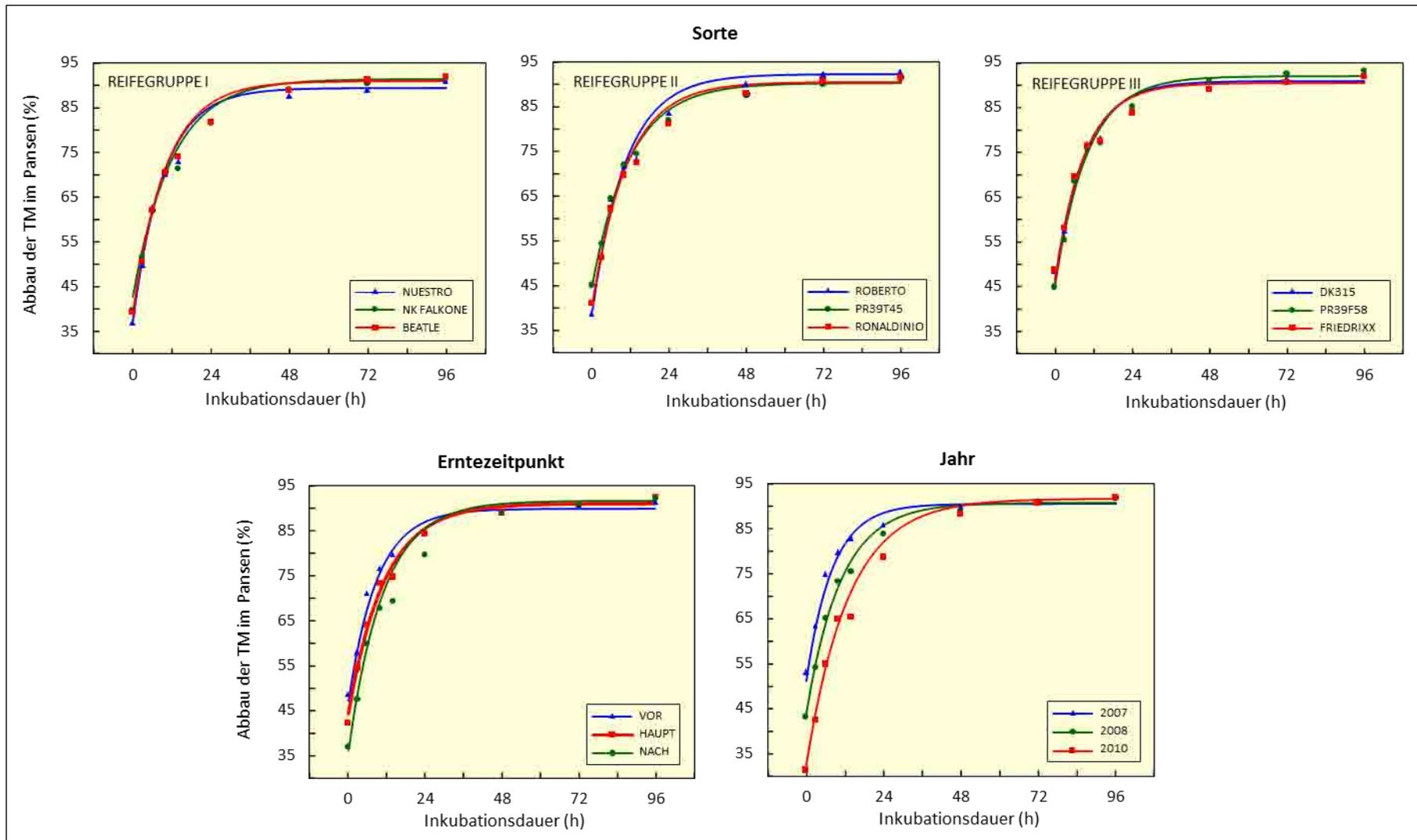
Die Abbauparameter a und b unterscheiden sich signifikant zwischen den Erntezeitpunkten, was für c nicht gilt (Tabelle 12). Dabei enthalten die spät geernteten Silagen deutlich niedrigere Gehalte an der sofort löslichen Fraktion a und wesentlich höhere Gehalte an

**Tabelle 11:** Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf die ruminale TM-Abbaubarkeit (%) des Kolbens bei verschiedenen Inkubationszeiten

	Inkubationszeit (h)								
	0	3	6	10	14	24	48	72	96
<b>Sorte</b>									
NUESTRO	37,0 <sup>a</sup>	49,8 <sup>a</sup>	62,6 <sup>a</sup>	70,1 <sup>a</sup>	72,9 <sup>a</sup>	81,8 <sup>ab</sup>	87,6 <sup>a</sup>	89,0 <sup>a</sup>	90,9 <sup>a</sup>
NK FALKONE	39,8 <sup>ab</sup>	51,6 <sup>ab</sup>	62,0 <sup>a</sup>	70,7 <sup>a</sup>	71,5 <sup>a</sup>	81,4 <sup>ab</sup>	89,1 <sup>abc</sup>	90,5 <sup>bc</sup>	91,6 <sup>ab</sup>
BEATLE	39,2 <sup>ab</sup>	50,6 <sup>ab</sup>	62,0 <sup>a</sup>	70,5 <sup>a</sup>	74,0 <sup>ab</sup>	81,7 <sup>ab</sup>	88,9 <sup>abc</sup>	91,1 <sup>cd</sup>	92,0 <sup>bc</sup>
ROBERTO	38,7 <sup>ab</sup>	51,2 <sup>ab</sup>	64,3 <sup>ab</sup>	71,5 <sup>a</sup>	73,2 <sup>a</sup>	83,4 <sup>abc</sup>	90,0 <sup>cd</sup>	92,1 <sup>de</sup>	92,8 <sup>cd</sup>
PR39T45	45,1 <sup>c</sup>	54,3 <sup>abc</sup>	64,3 <sup>ab</sup>	72,0 <sup>a</sup>	74,4 <sup>ab</sup>	81,9 <sup>ab</sup>	87,8 <sup>ab</sup>	89,8 <sup>ab</sup>	91,5 <sup>ab</sup>
RONALDINIO	40,9 <sup>ab</sup>	51,2 <sup>ab</sup>	62,1 <sup>a</sup>	69,7 <sup>a</sup>	72,4 <sup>a</sup>	81,0 <sup>a</sup>	87,8 <sup>ab</sup>	90,6 <sup>bc</sup>	91,5 <sup>ab</sup>
DK315	48,4 <sup>d</sup>	57,4 <sup>c</sup>	69,2 <sup>c</sup>	76,7 <sup>b</sup>	78,1 <sup>c</sup>	84,4 <sup>bc</sup>	89,3 <sup>bcd</sup>	91,3 <sup>cde</sup>	92,2 <sup>bc</sup>
PR39F58	45,0 <sup>c</sup>	55,3 <sup>bc</sup>	68,4 <sup>bc</sup>	75,6 <sup>b</sup>	77,0 <sup>bc</sup>	85,1 <sup>c</sup>	90,8 <sup>d</sup>	92,4 <sup>e</sup>	93,1 <sup>d</sup>
FRIEDRIX	48,7 <sup>d</sup>	58,1 <sup>c</sup>	69,5 <sup>c</sup>	76,4 <sup>b</sup>	77,5 <sup>bc</sup>	83,8 <sup>abc</sup>	88,9 <sup>abc</sup>	90,5 <sup>bc</sup>	91,8 <sup>b</sup>
<b>Ernte(zeitpunkt)</b>									
VOR	48,6 <sup>c</sup>	58,0 <sup>c</sup>	71,0 <sup>c</sup>	76,6 <sup>c</sup>	79,6 <sup>c</sup>	84,3 <sup>b</sup>	88,9	90,8	91,4 <sup>a</sup>
HAUPT	42,1 <sup>b</sup>	54,4 <sup>b</sup>	63,9 <sup>b</sup>	73,4 <sup>b</sup>	74,7 <sup>b</sup>	84,3 <sup>b</sup>	88,9	90,8	92,3 <sup>b</sup>
NACH	36,9 <sup>a</sup>	47,5 <sup>a</sup>	59,9 <sup>a</sup>	67,8 <sup>a</sup>	69,3 <sup>a</sup>	79,6 <sup>a</sup>	88,9	90,9	92,1 <sup>b</sup>
<b>Jahr</b>									
2007	53,1 <sup>c</sup>	63,3 <sup>c</sup>	74,9 <sup>c</sup>	79,7 <sup>c</sup>	82,8 <sup>c</sup>	85,8 <sup>c</sup>	89,8 <sup>b</sup>	91,0	92,0
2008	43,2 <sup>b</sup>	54,0 <sup>b</sup>	65,0 <sup>b</sup>	73,2 <sup>b</sup>	75,5 <sup>b</sup>	83,9 <sup>b</sup>	88,8 <sup>a</sup>	90,8	92,0
2010	31,3 <sup>a</sup>	42,5 <sup>a</sup>	54,9 <sup>a</sup>	64,8 <sup>a</sup>	65,4 <sup>a</sup>	78,6 <sup>a</sup>	88,2 <sup>a</sup>	90,7	91,9
<b>Statistische Parameter</b>									
p-Wert Sorte	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p-Wert Ernte	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,974	0,908	<0,001
p-Wert Jahr	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,314	0,722
p-Wert Sorte × Ernte	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,007
p-Wert Sorte × Jahr	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,018	<0,001	0,007	0,018
p-Wert Ernte × Jahr	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
RSD	4,1	6,5	5,7	4,8	4,7	4,0	2,1	1,5	1,2
R <sup>2</sup>	89,4	75,5	79,2	77,9	81,5	61,1	38,5	42,0	40,7

**Tabelle 12:** Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf die Abbauparameter (a, b, c, lag, (a + b)) und die effektive Abbaubarkeit (ED 2, ED 5, ED 8) des Kolbens

	a %	b %	c h <sup>-1</sup>	lag h	(a + b) %	ED 2 %	ED 5 %	ED 8 %
<b>Sorte</b>								
NUESTRO	37,4	52,0	0,106		89,4 <sup>a</sup>	79,3 <sup>a</sup>	69,9	64,0
NK FALKONE	42,7	48,7	0,084		91,4 <sup>bcd</sup>	80,4 <sup>ab</sup>	71,1	65,5
BEATLE	39,0	52,1	0,098		91,1 <sup>bcd</sup>	80,2 <sup>ab</sup>	70,4	64,3
ROBERTO	39,4	52,9	0,096		92,3 <sup>d</sup>	81,2 <sup>ab</sup>	71,4	65,3
PR39T45	45,4	45,0	0,085		90,3 <sup>ab</sup>	80,4 <sup>ab</sup>	71,6	66,3
RONALDINIO	41,0	49,5	0,093		90,5 <sup>abc</sup>	79,9 <sup>a</sup>	70,7	65,0
DK315	46,7	44,0	0,108		90,8 <sup>abcd</sup>	82,5 <sup>ab</sup>	74,6	69,3
PR39F58	45,4	46,6	0,100		92,0 <sup>cd</sup>	83,4 <sup>b</sup>	75,0	69,5
FRIEDRIX	46,1	44,3	0,111		90,4 <sup>abc</sup>	81,8 <sup>ab</sup>	73,6	68,3
<b>Ernte(zeitpunkt)</b>								
Vor	47,1 <sup>b</sup>	42,8 <sup>a</sup>	0,112		89,9 <sup>a</sup>	82,7 <sup>b</sup>	75,3 <sup>b</sup>	70,3 <sup>b</sup>
HAUPT	44,2 <sup>b</sup>	46,9 <sup>a</sup>	0,089		91,1 <sup>b</sup>	81,5 <sup>b</sup>	72,8 <sup>b</sup>	67,2 <sup>b</sup>
NACH	36,3 <sup>a</sup>	55,4 <sup>b</sup>	0,092		91,7 <sup>b</sup>	78,8 <sup>a</sup>	68,1 <sup>a</sup>	61,7 <sup>a</sup>
<b>Jahr</b>								
2007	51,2 <sup>c</sup>	39,3 <sup>a</sup>	0,124 <sup>b</sup>		90,5 <sup>a</sup>	84,0 <sup>c</sup>	77,3 <sup>c</sup>	72,7 <sup>c</sup>
2008	44,0 <sup>b</sup>	46,7 <sup>b</sup>	0,093 <sup>a</sup>		90,7 <sup>a</sup>	81,7 <sup>b</sup>	73,4 <sup>b</sup>	68,0 <sup>b</sup>
2010	32,6 <sup>a</sup>	59,0 <sup>c</sup>	0,076 <sup>a</sup>		91,5 <sup>b</sup>	77,2 <sup>a</sup>	65,4 <sup>a</sup>	58,4 <sup>a</sup>
<b>Statistische Parameter</b>								
p-Wert Sorte	0,333	0,335	0,685	0,780	<0,001	0,006	0,052	0,127
p-Wert Ernte	0,001	<0,001	0,042	0,137	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p-Wert Jahr	<0,001	<0,001	<0,001	0,263	0,002	<0,001	<0,001	<0,001
p-Wert Sorte × Ernte	0,824	0,856	0,693	0,460	0,209	0,468	0,694	0,782
p-Wert Sorte × Jahr	0,376	0,387	0,927	0,520	0,745	0,026	0,032	0,047
p-Wert Ernte × Jahr	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,030	<0,001	<0,001	<0,001
RSD	9,6	9,7	0,035	2,80	1,1	2,2	3,8	4,8
R <sup>2</sup> (%)	55,8	57,3	32,5	35,2	56,5	77,8	76,8	73,8



**Abbildung 9:** Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf die ruminale Abbaukinetik des Kolbens

der potentiell abbaubaren Fraktion b als die zu den beiden anderen Zeitpunkten geernteten Futtermittel. Der höchste Wert für a und der niedrigste für b wurden bei den früh geernteten Silagen festgestellt.

Auch in einem vorangegangenen Versuch wurden ähnliche Ergebnisse erzielt, wobei jedoch die Unterschiede zwischen erstem und letztem Erntezeitpunkt deutlich geringer waren (BREITFUSS 2010). Wie bei der Sorte wurden auch beim Erntezeitpunkt ausschließlich negative lag-times festgestellt, die in der Tabelle nicht dargestellt werden. Der Erntezeitpunkt hat auch einen signifikanten Einfluss auf die effektive Abbaubarkeit. Bei stündlichen Passageraten von 2, 5 und 8 % Prozent (ED 2, ED 5 und ED 8) weist jeweils der dritte Erntezeitpunkt deutlich niedrigere Abbaubarkeiten als die beiden anderen Varianten auf. Die höchste effektive Abbaubarkeit wurde jeweils bei den zum frühesten Erntezeitpunkt geernteten Silagen festgestellt.

Zu den gleichen Erkenntnissen bezüglich der Entwicklung der ruminalen Abbaubarkeit mit fortschreitender Inkubationsdauer kamen AKBAR et al. (2002). Auch in ihrem Versuch wiesen die später geernteten Silagen in den ersten 24 Stunden der Inkubation niedrigere Abbaubarkeiten als die früh geernteten auf, während sich dieser Unterschied mit fortschreitender Verweildauer im Pansen ausglich. BREITFUSS (2010) erzielte in ihrer Arbeit ebenfalls ähnliche Ergebnisse für die Abbaubarkeiten zu den verschiedenen Inkubationsstufen. Die potentielle Abbaubarkeit lag aber etwas unter den in dieser Arbeit gefundenen Werten. Hinsichtlich der effektiven Abbaubarkeit kam sie jedoch genau zum gegenteiligen Ergebnis, nämlich dass mit zunehmender Reife die effektive Abbaubarkeit zunimmt.

#### **4.2.4 Einfluss des Jahres auf den in situ-TM-Abbau des Kolbens**

Mit Ausnahme der letzten beiden Zeitstufen (72 und 96 Stunden) übt das Jahr einen hoch signifikanten Einfluss auf die TM-Abbaubarkeit des Kolbens aus (Tabelle 11). In den ersten 24 Stunden nach der Inkubation zeichnet sich eine deutliche Reihenfolge ab. Im Jahr 2007 wurden die höchsten und im Jahr 2010 die niedrigsten Abbaubarkeiten beobachtet, das Jahr 2008 liegt jeweils dazwischen. Das ist insofern etwas überraschend, da im Jahr 2007 auch die höchsten Fasergehalte in den Kolben-Silagen festgestellt wurden. Nach 48 Stunden weisen bereits die Jahre 2008 und 2010 ähnliche Werte auf, nach 72 und 96 Stunden zeigen alle drei Jahre fast idente TM-Abbaubarkeiten. Wenn man allerdings die Abbaukurven in Abbildung 9 betrachtet, ist die potentielle ruminale Abbaubarkeit im Jahr 2010 tendenziell etwas höher als in den beiden anderen Jahren.

Zwischen den drei Jahren wurden auch signifikante Unterschiede für die Abbauparameter a, b und c festgestellt (Tabelle 12). Im Jahr 2007 wurde der höchste Anteil der sofort löslichen Fraktion a und der geringste Gehalt der potentiell abbaubaren Fraktion b sowie die höchste Abbaurate c beobachtet. Für das Jahr 2010 gilt genau das Gegenteil und das

Jahr 2008 liegt dazwischen. Die lag-time ist wiederum in allen drei Jahren negativ, d.h. es wird eine lag-time von Null angenommen. Auch für alle drei effektiven Abbaubarkeiten (ED2, ED 5 und ED 8) wurden hoch signifikante Unterschiede zwischen den drei Jahren festgestellt. Dabei zeigen sich jeweils im Jahr 2007 die höchsten und im Jahr 2010 die niedrigsten Werte.

#### **4.2.5 Wechselwirkungen beim Kolben**

Für die Abbaubarkeiten zu den verschiedenen Zeitstufen wurden ausschließlich signifikante Wechselwirkungen festgestellt (Tabelle 11). Die Wechselwirkung Erntezeitpunkt  $\times$  Jahr ist auch bei allen Abbauparametern und effektiven Abbaubarkeiten signifikant, während für die Wechselwirkung Sorte  $\times$  Erntezeitpunkt das Gegenteil gilt (Tabelle 12). Die Wechselwirkung Sorte  $\times$  Jahr ist für die Abbauparameter a, b und c nicht signifikant, während für die drei effektiven Abbaubarkeiten signifikante Ergebnisse gefunden wurden. Vor allem bei den ruminalen Abbaubarkeiten zu den verschiedenen Zeitstufen ist daher zu beachten, dass die Ergebnisse für die Haupteffekte nur unter Berücksichtigung der signifikanten Wechselwirkungen zu interpretieren sind.

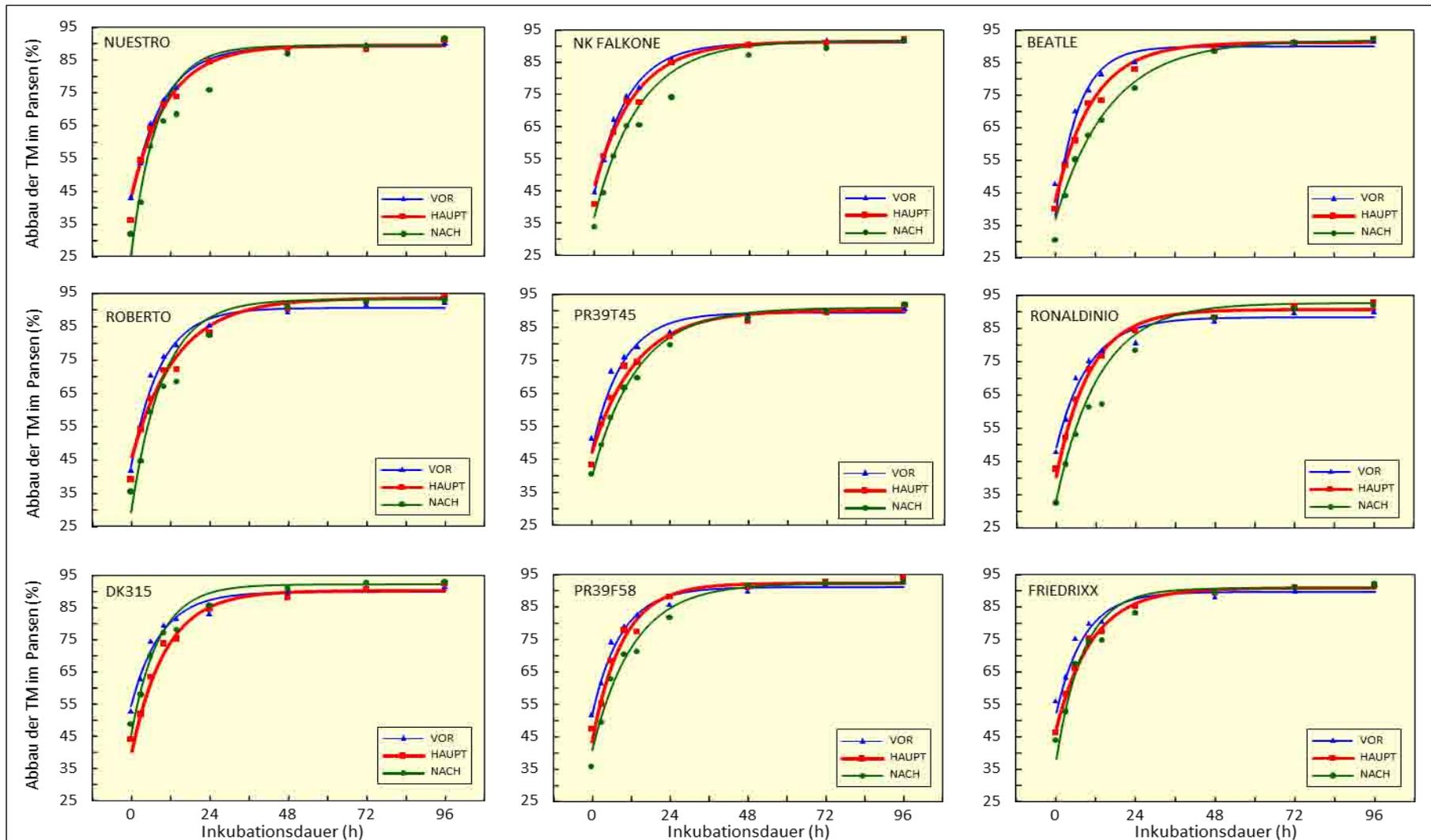
Ähnlich wie bei der Restpflanze ist auch beim Kolben der Einfluss des Erntezeitpunktes auf die ruminale Abbaubarkeit bei den verschiedenen Sorten sehr unterschiedlich ausgeprägt. Während bei manchen Sorten (z.B. NUESTRO und FRIEDRIX) der Einfluss sehr gering ist, wurde bei anderen Sorten ein deutlicher Unterschied zwischen den Erntezeitpunkten festgestellt. Bei der Sorte BEATLE sind vor allem in den ersten 48 Stunden der Inkubation deutliche Unterschiede zwischen den Erntezeitpunkten zu beobachten. Dagegen sind bei den Sorten ROBERTO und RONALDINIO die Unterschiede in der potentiellen Abbaubarkeit nach 120 Stunden besonders ausgeprägt. Bei allen Sorten weist jeweils der letzte Erntezeitpunkt die höchste und der erste Erntezeitpunkt die niedrigste ruminale Abbaubarkeit auf. Bei einigen Sorten sind diese Unterschiede jedoch sehr gering (Tabelle 25 [im Anhang], Abbildung 10).

In den Abbildungen 11 und 12 ist der Einfluss der Sorte bei den verschiedenen Erntezeitpunkten hinsichtlich der Abbauparameter a, b und c sowie (a + b), ED 2 und ED 8 dargestellt. Die vier Sorten mit den niedrigsten Reifezahlen (NUESTRO, NK FALKONE, BEATLE und ROBERTO) weisen jeweils zum mittleren Erntezeitpunkt den höchsten Gehalt an a und den niedrigsten an b auf. Die anderen fünf Sorten zeigen alle eine tendenzielle Abnahme der sofort löslichen Fraktion a und einen tendenziellen Anstieg der potentiell abbaubaren Fraktion b mit zunehmender Reife. Bei der Sorte FRIEDRIX wurde jedoch zwischen zweitem und drittem Erntezeitpunkt eine Zunahme von a und eine Abnahme von b festgestellt. Zwischen erstem und zweitem Erntezeitpunkt geht die Abbaurrate c bei allen Sorten zurück, in weiterer Folge zeigt jedoch die eine Hälfte der Sorten eine weitere Abnahme, die andere Hälfte dagegen eine deutliche Zunahme. Hinsichtlich der potentiellen Abbaubarkeit (a + b) und der effektiven Abbaubarkeiten ED 2 und ED 8 wa-

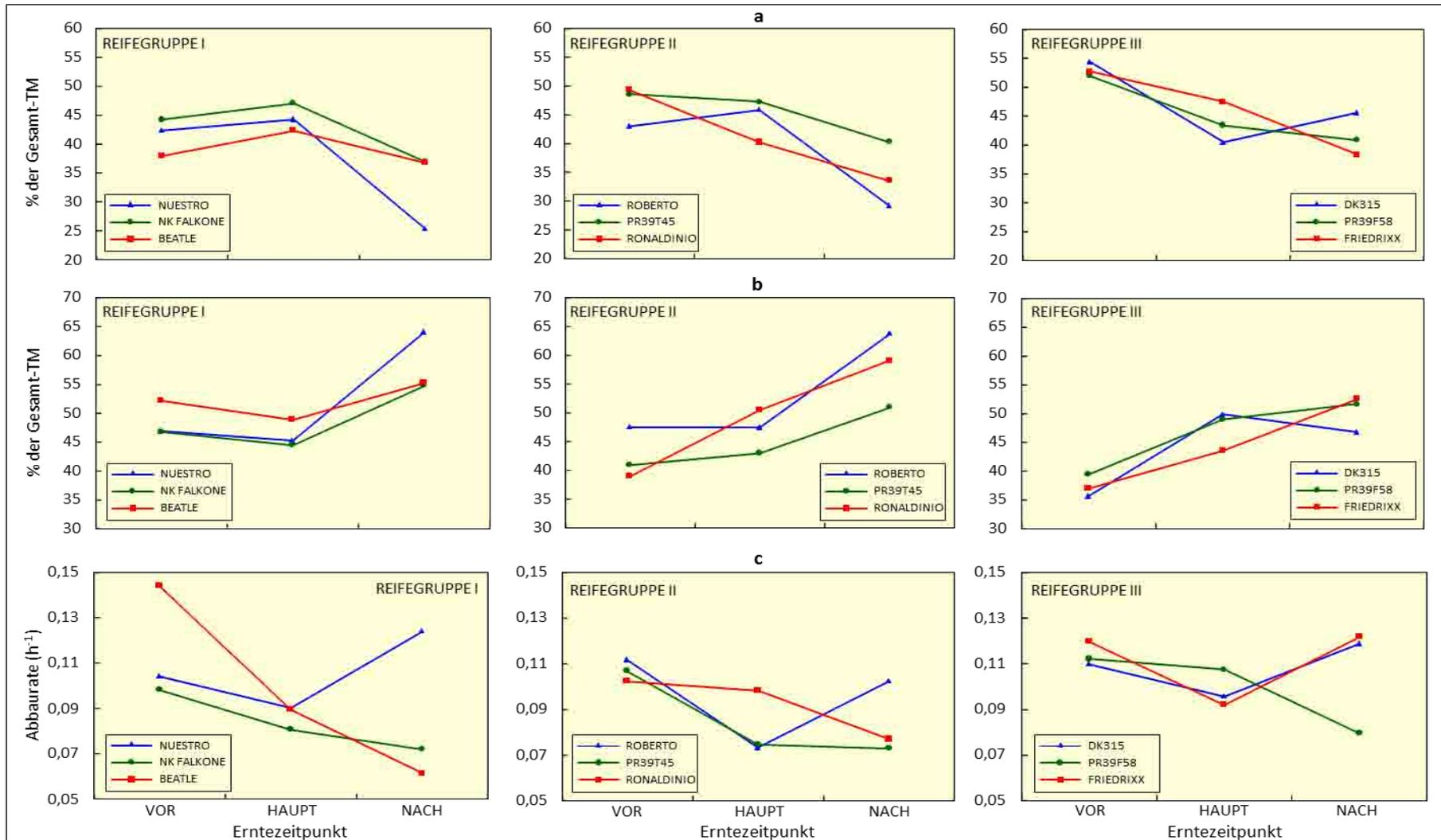
ren kaum Unterschiede zwischen den einzelnen Sorten in der Veränderung der ruminalen Abbaubarkeit mit zunehmender Reife festzustellen. Einzig die Sorte FRIEDRIXX weicht aufgrund ihrer geringen Abbaubarkeit zum mittleren Erntezeitpunkt von den anderen Sorten ab.

Die Wechselwirkung Sorte × Jahr ist hinsichtlich der Abbaubarkeit bei allen Zeitstufen signifikant, jedoch am deutlichsten ausgeprägt während der ersten 24–36 Stunden der Inkubation. Geringe Unterschiede zwischen den Jahren treten bei den Sorten DK 315 und PR39F58 auf. Sehr deutliche Unterschiede sind dagegen bei den Sorten NUESTRO, NK FALKONE, BEATLE und FRIEDRIXX ersichtlich (Tabelle 26, Abbildung 19 [jeweils im Anhang]).

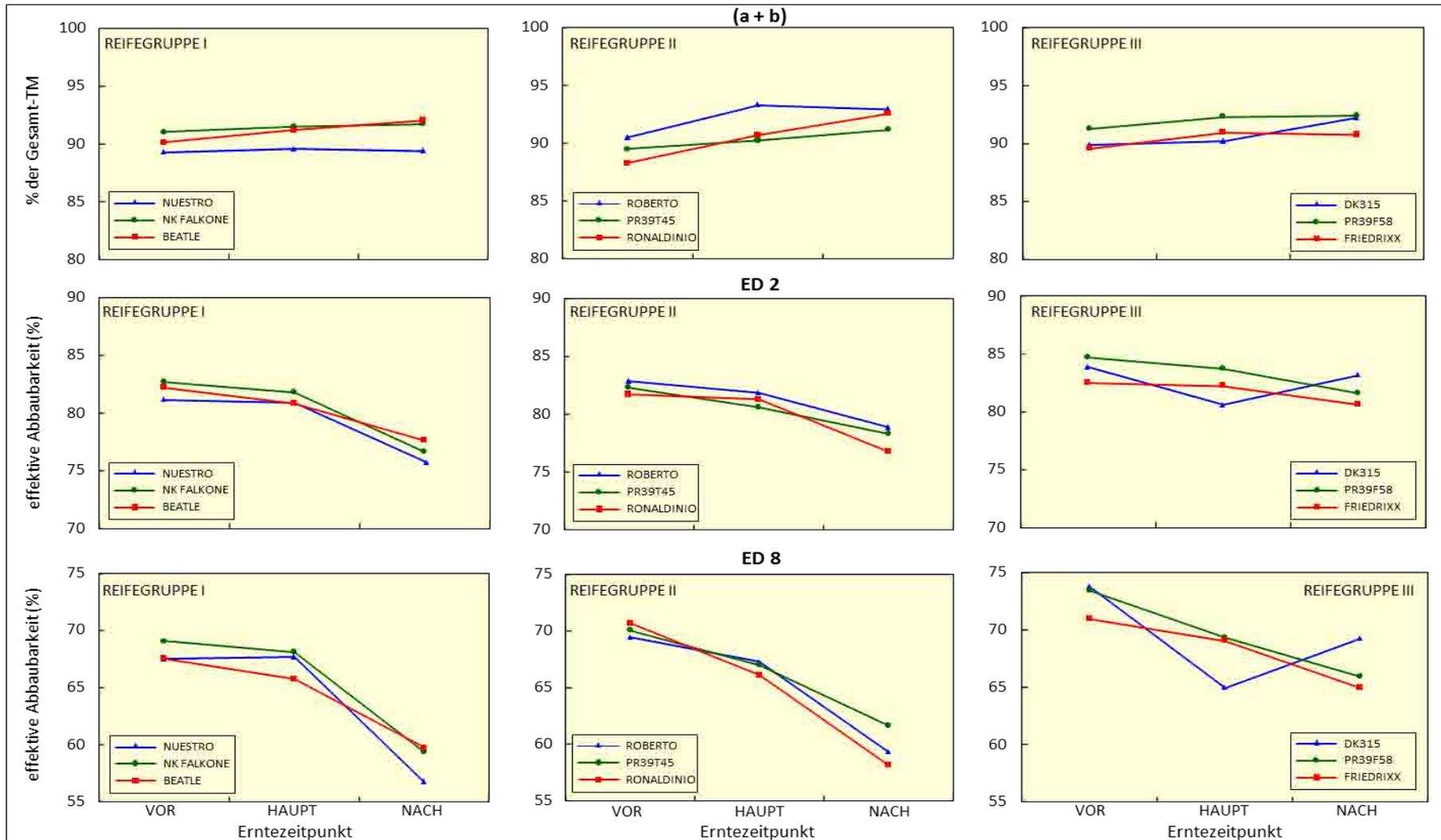
Beim ersten Erntezeitpunkt (VOR) wurden in allen drei Jahren sehr ähnliche ruminale Abbaubarkeiten erreicht. Beim mittleren Erntezeitpunkt (HAUPT) treten bereits Unterschiede zwischen den drei Jahren auf, die sich bis zum letzten Erntezeitpunkt (NACH) hin noch deutlich verstärken. Zu allen Erntezeitpunkten wurden im Jahr 2007 die höchsten und im Jahr 2010 die niedrigsten Abbaubarkeiten beobachtet. In den Jahren 2007 und 2008 wurden für alle drei Erntezeitpunkte ähnliche Abbaukurven ermittelt. Lediglich im Jahr 2010 unterscheiden sich die Abbaukurven der drei Erntezeitpunkte deutlich. In diesem Jahr wurden beim ersten Erntezeitpunkt die höchsten und beim letzten Erntezeitpunkt die niedrigsten ruminalen Abbaubarkeiten festgestellt. Dies gilt vor allem für die ersten 48 Stunden der Inkubation (Tabelle 27, Abbildung 20 [jeweils im Anhang]).



**Abbildung 10:** Einfluss des Erntezeitpunktes auf die ruminale Abbaukinetik des Kolbens verschiedener Silomais-Sorten



**Abbildung 11:** Einfluss des Erntezeitpunktes auf die Abbauparameter a, b und c des Kolbens verschiedener Silomais-Sorten



**Abbildung 12:** Einfluss des Erntezeitpunktes auf die Abbauparameter (a + b), ED 2 und ED 8 des Kolbens verschiedener Silomais-Sorten

### 4.3 Ergebnisse Gesamtpflanze

In einem abschließenden Schritt wurden die Ergebnisse von Restpflanze und Kolben rechnerisch kombiniert und daraus die Werte für die Gesamtpflanze berechnet. Das wurde sowohl für den Nährstoffgehalt als auch für den ruminalen Abbau zu den verschiedenen Zeitstufen durchgeführt und daraus die Abbauparameter und die effektiven Abbaubarkeiten ermittelt.

#### 4.3.1 Nährstoffgehalt der Gesamtpflanze

Zunächst wird in Tabelle 13 der Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf den Nährstoffgehalt der Gesamtpflanze dargestellt. Die Ergebnisse für die Wechselwirkungen finden sich in den Tabellen 28, 29 und 30 (im Anhang). Die Gehalte an Rohnährstoffen liegen innerhalb der Schwankungsbreite der von INRA (1989), DLG (1997) und NRC (2001) publizierten Werte (Tabelle 1). Einzig der XP-Gehalt liegt etwas unterhalb der Angaben in den Futterwerttabellen. Die im vorliegenden Versuch festgestellten Gehalte für NDF und ADF liegen allerdings deutlich unter und jener für NFC deutlich über den Referenzwerten von NRC (2001).

Im vorliegenden Versuch hat die Sorte einen signifikanten Einfluss auf den TM-Gehalt der Gesamtpflanze, was auch von TAFERNER (2006) und GRUBER und HEIN (2006) bestätigt wird. Die Sorte NK FALKONE weist mit 40,1 % den höchsten und die Sorte DK315 mit 34,8 % den niedrigsten TM-Gehalt auf. Auch der Erntezeitpunkt hat einen signifikanten Einfluss auf den TM-Gehalt, wobei dieser vom ersten zum dritten Erntezeitpunkt deutlich ansteigt. Das ist auch so zu erwarten, da mit zunehmender Reife der TM-Gehalt der Restpflanze, des Kolbens und damit auch der Gesamtpflanze zunimmt. Auch PEX et al. (1996), TAFERNER (2006) und GRUBER und HEIN (2006) kamen zum gleichen Ergebnis, TAFERNER (2006) begründete die TM-Zunahme aber vor allem mit dem Anstieg des Kolbenanteils. Weiters wurden auch zwischen den drei Jahren deutliche Unterschiede festgestellt. Während der TM-Gehalt im Jahr 2007 mit rund 33 % am niedrigsten ist, beträgt er im darauf folgenden Jahr 2008 mehr als 40 %, was den höchsten Wert bedeutet. Von den drei geprüften Wechselwirkungen sind Sorte  $\times$  Jahr sowie Erntezeitpunkt  $\times$  Jahr signifikant, was hingegen für Sorte  $\times$  Erntezeitpunkt nicht gilt.

Für alle Weender Rohnährstoffe wurde ein signifikanter Einfluss der Sorte auf den Gehalt in der Gesamtpflanze beobachtet, wobei jedoch der Tukey-Test bei der OM und der XA kein signifikantes Ergebnis brachte. Bei allen fünf Nährstoffen (XP, XL, XF, XX und XA) war jedoch kein tendenzieller Zusammenhang zwischen deren Gehalt und der Reifezahl der Sorten festzustellen. Dagegen wurde von TAFERNER (2006) nur für den XP- und XL-Gehalt ein signifikanter Sorteneinfluss ermittelt.

Der Erntezeitpunkt hat einen signifikanten Einfluss auf den Gehalt an XP, XF, XX, OM und XA, jedoch nicht auf den Gehalt an XL. Mit zunehmender Reife nimmt der Gehalt an XP,

XF und XA signifikant ab, während jener an XX und OM deutlich ansteigt. Auch GRUBER et al. (1983) und PEX et al. (1996) beobachteten bei der Gesamtpflanze eine Abnahme des XF-Gehaltes und eine Zunahme des XX-Gehaltes mit fortschreitender Reife. PEX et al. (1996) stellten überdies auch einen leichten Rückgang des XP- und XA-Gehaltes fest.

Das Jahr hat einen hoch signifikanten Einfluss auf den Gehalt an allen betrachteten Nährstoffen. Im Jahr 2008 wurde zwar der niedrigste XP-Gehalt gemessen, andererseits aber auch die höchsten XL- und XX-Gehalte sowie die niedrigsten XF- und XA-Gehalte, was für einen überdurchschnittlichen Futterwert spricht. Im Gegensatz dazu wurden im Jahr 2007 die höchsten XF-, XA- und XP-Gehalte sowie der niedrigste XX-Gehalt festgestellt. Der XL-Gehalt ist im Jahr 2010 am niedrigsten. Auch GRUBER und HEIN (2006) beobachteten einen signifikanten Einfluss des Jahres auf den XP-, XL- und XX-Gehalt, von TAFERNER (2006) wurde hingegen kein Einfluss des Jahres auf die Zusammensetzung der Gesamtpflanze festgestellt. Von den möglichen Wechselwirkungen sind im aktuellen Versuch nur Erntezeitpunkt  $\times$  Jahr bei allen Rohnährstoffen sowie Sorte  $\times$  Jahr bei XP signifikant.

Bezüglich der Faserbestandteile übt die Sorte lediglich einen signifikanten Einfluss auf den ADF-Gehalt aus, jedoch nicht auf NDF und ADL. Auch bei den Faserbestandteilen war keine Beziehung zwischen deren Gehalt und der Reifezahl der Sorten zu beobachten. Eine spanische Studie stellte sowohl für den ADF- als auch für den NDF-Gehalt deutliche sortenbedingte Schwankungen fest (FERRET et al. 1997).

Der Erntezeitpunkt beeinflusst den Gehalt an NDF, ADF und NFC in der Gesamtpflanze signifikant. Während der Gehalt an den beiden Faserbestandteilen mit zunehmender Reife abnimmt, steigt der NFC-Gehalt an. Das bedeutet, dass bei fortschreitender Reife die Zunahme des stärkereichen Kolbens den Nachteil der rohfaserreichen Restpflanze kompensieren kann und in diesem Versuch der letzte Erntezeitpunkt aus der Sicht der Inhaltsstoffe der günstigste ist. BAL et al. (1997) bestätigen, dass mit zunehmender Reife der Gehalt an NDF und ADF in der Gesamtpflanze abnimmt, während der Stärkegehalt deutlich ansteigt.

Hinsichtlich des Jahres treten sowohl bei NDF, ADF, ADL als auch bei NFC signifikante Unterschiede auf, wobei die Gehalte an den Faserbestandteilen im Jahr 2007 am höchsten und im Jahr 2008 am niedrigsten sind. Für den NFC-Gehalt gilt genau das Gegenteil. Auch hier zeigt sich, dass der hohe Kolbenanteil im Jahr 2008 positive Auswirkungen auf die Faser- und NFC-Gehalte in der Gesamtpflanze hat. Nur die Wechselwirkung Erntezeitpunkt  $\times$  Jahr ist bei NDF, ADF und NFC signifikant, alle anderen möglichen Wechselwirkungen sind nicht signifikant.

**Tabelle 13:** Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf TM-Gehalt und Gehalt an Inhaltsstoffen in der Gesamtpflanze

	Kolben- anteil (%)	TM g/kg FM	XP	XL	XF	XX	OM	XA	NDF	ADF	ADL	NFC
			g/kg TM									
<b>Sorte</b>												
NUESTRO	53,6 <sup>abc</sup>	388 <sup>de</sup>	76 <sup>b</sup>	33 <sup>c</sup>	206 <sup>ab</sup>	644 <sup>ab</sup>	958	42	390	232 <sup>ab</sup>	27	460
NK FALKONE	55,8 <sup>c</sup>	401 <sup>e</sup>	72 <sup>a</sup>	30 <sup>bc</sup>	202 <sup>a</sup>	657 <sup>b</sup>	961	39	386	230 <sup>a</sup>	30	473
BEATLE	51,0 <sup>a</sup>	357 <sup>ab</sup>	73 <sup>ab</sup>	30 <sup>bc</sup>	225 <sup>b</sup>	630 <sup>a</sup>	958	42	415	252 <sup>b</sup>	33	440
ROBERTO	51,9 <sup>ab</sup>	355 <sup>ab</sup>	72 <sup>a</sup>	29 <sup>ab</sup>	220 <sup>ab</sup>	636 <sup>ab</sup>	957	43	409	247 <sup>ab</sup>	29	447
PR39T45	55,0 <sup>bc</sup>	391 <sup>de</sup>	70 <sup>a</sup>	31 <sup>bc</sup>	213 <sup>ab</sup>	647 <sup>ab</sup>	961	39	401	238 <sup>ab</sup>	31	459
RONALDINIO	53,4 <sup>abc</sup>	384 <sup>cde</sup>	73 <sup>a</sup>	31 <sup>bc</sup>	217 <sup>ab</sup>	640 <sup>ab</sup>	961	39	407	243 <sup>ab</sup>	31	450
DK315	53,4 <sup>abc</sup>	348 <sup>a</sup>	71 <sup>a</sup>	28 <sup>a</sup>	212 <sup>ab</sup>	650 <sup>ab</sup>	961	39	399	238 <sup>ab</sup>	27	463
PR39F58	54,2 <sup>abc</sup>	374 <sup>bcd</sup>	72 <sup>a</sup>	29 <sup>ab</sup>	213 <sup>ab</sup>	646 <sup>ab</sup>	959	41	400	237 <sup>ab</sup>	28	458
FRIEDRIX	52,8 <sup>abc</sup>	363 <sup>abc</sup>	73 <sup>a</sup>	29 <sup>ab</sup>	212 <sup>ab</sup>	645 <sup>ab</sup>	959	41	396	237 <sup>ab</sup>	30	462
<b>Ernte(zeitpunkt)</b>												
VOR	51,7 <sup>a</sup>	343 <sup>a</sup>	74 <sup>b</sup>	31	222 <sup>b</sup>	632 <sup>a</sup>	958 <sup>a</sup>	42 <sup>b</sup>	409 <sup>b</sup>	248 <sup>b</sup>	31	445 <sup>a</sup>
HAUPT	52,8 <sup>a</sup>	366 <sup>b</sup>	71 <sup>a</sup>	30	213 <sup>a</sup>	645 <sup>b</sup>	959 <sup>a</sup>	41 <sup>b</sup>	399 <sup>ab</sup>	239 <sup>a</sup>	29	458 <sup>ab</sup>
NACH	55,8 <sup>b</sup>	412 <sup>c</sup>	71 <sup>a</sup>	30	205 <sup>a</sup>	655 <sup>c</sup>	961 <sup>b</sup>	39 <sup>a</sup>	392 <sup>a</sup>	231 <sup>a</sup>	29	468 <sup>b</sup>
<b>Jahr</b>												
2007	50,6 <sup>a</sup>	331 <sup>a</sup>	79 <sup>c</sup>	29 <sup>b</sup>	232 <sup>c</sup>	618 <sup>a</sup>	957 <sup>a</sup>	43 <sup>b</sup>	433 <sup>c</sup>	261 <sup>c</sup>	36 <sup>c</sup>	417 <sup>a</sup>
2008	56,8 <sup>c</sup>	408 <sup>c</sup>	68 <sup>a</sup>	34 <sup>c</sup>	190 <sup>a</sup>	668 <sup>c</sup>	961 <sup>b</sup>	39 <sup>a</sup>	373 <sup>a</sup>	215 <sup>a</sup>	24 <sup>a</sup>	486 <sup>c</sup>
2010	53,0 <sup>b</sup>	383 <sup>b</sup>	70 <sup>b</sup>	28 <sup>a</sup>	218 <sup>b</sup>	645 <sup>b</sup>	960 <sup>b</sup>	40 <sup>a</sup>	394 <sup>b</sup>	242 <sup>b</sup>	28 <sup>b</sup>	469 <sup>b</sup>
<b>Statistische Parameter</b>												
p-Wert Sorte	0,007	<0,001	<0,001	<0,001	0,040	0,035	0,028	0,028	0,255	0,045	0,365	0,251
p-Wert Ernte	<0,001	<0,001	<0,001	0,175	<0,001	<0,001	0,001	0,001	0,041	<0,001	0,387	0,007
p-Wert Jahr	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p-Wert Sorte × Ernte	0,569	0,690	0,053	0,464	0,206	0,317	0,602	0,602	0,347	0,123	0,437	0,439
p-Wert Sorte × Jahr	0,028	<0,001	<0,001	0,070	0,234	0,194	0,367	0,367	0,816	0,410	0,971	0,725
p-Wert Ernte × Jahr	<0,001	<0,001	0,032	0,001	0,002	0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,004	0,312	0,001
RSD	2,4	13	2	1	14	15	2	2	24	14	5	25
R <sup>2</sup>	73,2	94,0	87,0	83,4	69,7	73,5	53,2	53,2	58,3	71,4	44,7	63,8

#### 4.3.2 Einfluss der Sorte auf den in situ-TM-Abbau der Gesamtpflanze

Die Sorte hat zu den Zeitstufen 0 und 3 Stunden keinen signifikanten Einfluss auf den TM-Abbau der Gesamtpflanze, zu allen anderen Zeitstufen (6 bis 96 Stunden) hingegen schon (Tabelle 14). Für die Zeitstufe 10 Stunden führte allerdings der Tukey-Test zu keinem signifikanten Ergebnis. Innerhalb der ersten 24 Stunden nach der Inkubation weisen die Sorten der Reifegruppe II (ROBERTO, PR39T45 und RONALDINIO) sowie die Sorte BEATLE etwas niedrigere Abbaubarkeiten als die anderen Sorten auf. Daraus kann abgeleitet werden, dass sich die mittelspätreifen Sorten hinsichtlich der Abbaubarkeit am wenigsten eignen. Nach den ersten 24 Stunden gleichen sich diese Unterschiede aber weitgehend aus, sodass für die potentielle Abbaubarkeit nach 96 Stunden kein wesentlicher Einfluss der Reifegruppe auf die Abbaubarkeit abgeleitet werden kann. In den ersten 24 Stunden der Inkubation fallen vor allem die hohen Abbaubarkeiten der Sorte DK315 auf, während bei den späteren Zeitstufen vor allem die hohen Abbaubarkeiten der Sorte NK FALKONE und die niedrigen Werte der Sorte PR39T45 interessant sind. Die Sorte PR39T45 weist auch innerhalb der Reifegruppe II, so wie die Sorte BEALTE in der Reifegruppe I, deutlich niedrigere Abbaubarkeiten als die beiden anderen Sorten auf. In der Reifegruppe III überlagern sich die Abbaukurven der drei Sorten praktisch vollständig (Abbildung 13).

Auch auf die Abbauparameter a und b hat die Sorte einen signifikanten Einfluss, nicht jedoch auf c (Tabelle 15). Für a ergab allerdings der Tukey-Test kein signifikantes Ergebnis. Die Abbaurrate c liegt bei allen neun Sorten bei etwa  $0,05 \text{ h}^{-1}$ , der Anteil der sofort löslichen Fraktion a liegt bei den meisten Sorten bei etwa 30 %, nur bei den Sorten DK315 und FRIEDRIX ist sie etwas höher. Andererseits enthalten diese beiden Sorten und auch die Sorte PR39T45 deutlich geringere Anteile an der potentiell löslichen Fraktion b. Die Berechnung der lag-time ergab wiederum ausschließlich negative Ergebnisse, die sich auch nicht signifikant unterscheiden. Deshalb wird die lag-time mit Null angenommen. Die effektive Abbaubarkeit bei Passageraten von 2, 5 und 8 % (ED 2, ED 5 und ED 8) wird signifikant von der Sorte beeinflusst. Für ED 8 ergab der Tukey-Test jedoch kein signifikantes Ergebnis. Die Sorte PR39T45 weist jeweils die niedrigsten und die Sorte DK315 jeweils die höchsten effektiven Abbaubarkeiten auf.

In einem deutschen Versuch wurde ebenfalls ein signifikanter Einfluss der Sorte auf die ruminale TM-Abbaubarkeit der Gesamtpflanze festgestellt (HÖNER et al. 2002). JOHNSON et al. (2003) fanden heraus, dass sowohl die ruminale TM-Abbaubarkeit zu verschiedenen Zeitstufen als auch der Anteil der sofort löslichen Fraktion a von der Sorte beeinflusst werden. Sie führen die Differenzen vor allem auf unterschiedliche Stärke- und NDF-Gehalte zurück. Beim Versuch von TAFERNER (2006) wurden neben dem Abbauparameter a auch der Abbauparameter b sowie die effektive Abbaubarkeit bei Passageraten von 2, 5 und 8 % signifikant von der Sorte beeinflusst. GRUBER et al. (2006)

stellten zudem fest, dass mit zunehmender Reife der sofort lösliche Anteil  $a$  steigt, der potentiell abbaubare Anteil  $b$  sinkt und die potentielle Abbaubarkeit dadurch unverändert bleibt. In den Untersuchungen von FERRET et al. (1997) wurden neben  $a$  auch die Parameter  $b$  und  $c$  deutlich von der Sorte beeinflusst.

#### **4.3.3 Einfluss des Erntezeitpunktes auf den in situ-TM-Abbau der Gesamtpflanze**

Der Erntezeitpunkt hat zu allen Zeitstufen, außer den beiden letzten (72 und 96 Stunden), einen signifikanten Einfluss auf die TM-Abbaubarkeit der Gesamtpflanze (Tabelle 14, Abbildung 13). Dabei weisen die Silagen zum dritten Erntezeitpunkt während der ersten 24 Stunden der Inkubation deutlich niedrigere Abbauwerte auf als jene der beiden anderen Erntezeitpunkte. Erst nach etwa 48 Stunden wurden bei allen drei Erntevarianten ähnliche Ergebnisse beobachtet. Das bedeutet, dass sich ein hoher Kolbenanteil bei späterer Ernte positiv auf die Inhaltsstoffe der Gesamtpflanze auswirkt, die zunehmende Verholzung der Restpflanze kann er aber nicht ausgleichen und somit kommt es zu einem rapiden Abfall der ruminalen TM-Abbaubarkeit vor allem während der ersten 24 Stunden der Verdauung.

Das kommt auch in der effektiven Abbaubarkeit zum Ausdruck. Bei Passageraten von 2, 5 und 8 % (ED 2, ED 5 und ED 8) weist jeweils der dritte Erntezeitpunkt signifikant niedrigere Werte als die beiden anderen Varianten auf (Tabelle 15). Auch für die beiden Abbauparameter  $a$  und  $b$  wurde ein signifikanter Einfluss des Erntezeitpunktes nachgewiesen. Mit zunehmender Reife nimmt der Anteil der sofort löslichen Fraktion kontinuierlich ab und jener der potentiell abbaubaren Fraktion kontinuierlich zu. Die Abbaurate  $c$  wird vom Erntezeitpunkt nicht signifikant beeinflusst und liegt etwa zwischen 0,050 und 0,055  $\text{h}^{-1}$ . Die lag-time ist wiederum bei allen drei Varianten negativ, wobei allerdings in diesem Fall ein signifikanter Unterschied besteht. Da aber eine negative lag-time physiologisch nicht möglich ist, wird sie wieder mit Null angenommen.

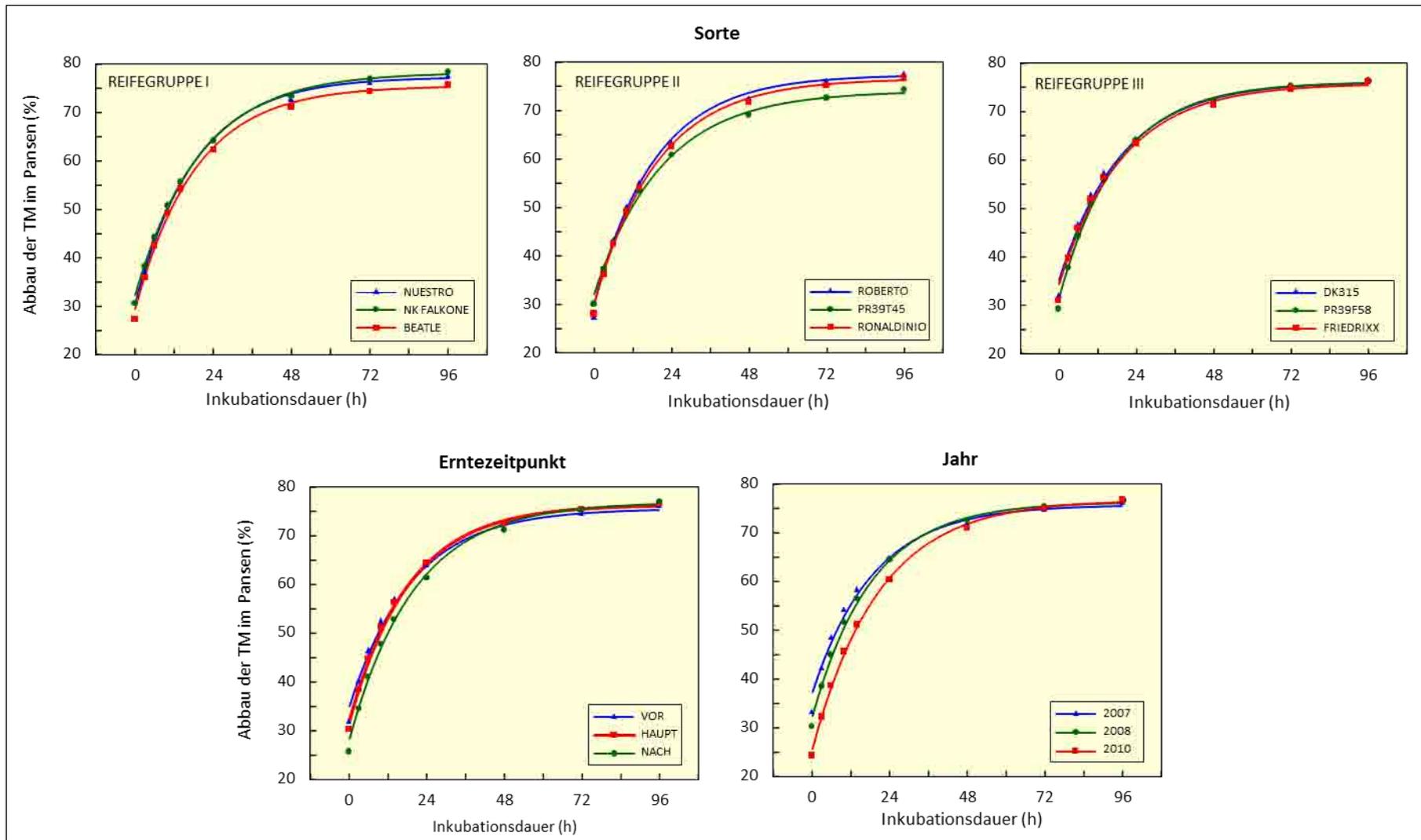
Hinsichtlich der Abbauparameter  $a$  und  $b$  kam TAFERNER (2006) zum gleichen Ergebnis, allerdings stellt sie auch einen signifikanten Einfluss des Erntezeitpunktes auf die Abbaurate  $c$  fest. In einer amerikanischen Studie wurde ebenfalls zu allen beobachteten Zeitstufen eine Abnahme der ruminalen TM-Abbaubarkeit der Gesamtpflanze mit zunehmender Reife beobachtet. Die Autoren führen dabei die höhere Abbaubarkeit der früher geernteten Silagen auf eine höhere Verdaulichkeit der Restpflanze zurück. Auch der Anteil der sofort löslichen Fraktion war in diesem Versuch bei später geernteten Silagen geringer als bei früh geernteten (JOHNSON et al. 2003).

**Tabelle 14:** Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf die ruminale TM-Abbaubarkeit (%) der Gesamtpflanze bei verschiedenen Inkubationszeiten

	Inkubationszeit (h)								
	0	3	6	10	14	24	48	72	96
<b>Sorte</b>									
NUESTRO	27,3	37,0	44,0 <sup>ab</sup>	50,8	55,8 <sup>ab</sup>	64,0 <sup>ab</sup>	72,7 <sup>b</sup>	76,0 <sup>bc</sup>	77,5 <sup>bc</sup>
NK FALKONE	30,6	38,2	44,3 <sup>ab</sup>	50,7	55,7 <sup>ab</sup>	64,1 <sup>b</sup>	73,2 <sup>b</sup>	76,7 <sup>c</sup>	78,3 <sup>c</sup>
BEATLE	27,2	35,8	42,4 <sup>a</sup>	49,1	54,1 <sup>ab</sup>	62,3 <sup>ab</sup>	71,0 <sup>ab</sup>	74,2 <sup>ab</sup>	75,5 <sup>ab</sup>
ROBERTO	27,5	36,5	43,3 <sup>ab</sup>	50,1	55,1 <sup>ab</sup>	63,4 <sup>ab</sup>	72,4 <sup>b</sup>	76,0 <sup>bc</sup>	77,5 <sup>bc</sup>
PR39T45	30,1	37,2	42,9 <sup>ab</sup>	48,7	53,2 <sup>a</sup>	60,7 <sup>a</sup>	69,1 <sup>a</sup>	72,5 <sup>a</sup>	74,2 <sup>a</sup>
RONALDINIO	28,1	36,1	42,4 <sup>ab</sup>	49,1	54,1 <sup>ab</sup>	62,5 <sup>ab</sup>	71,6 <sup>b</sup>	75,1 <sup>bc</sup>	76,7 <sup>bc</sup>
DK315	32,0	40,4	46,6 <sup>b</sup>	52,7	57,2 <sup>b</sup>	64,3 <sup>b</sup>	71,8 <sup>b</sup>	75,0 <sup>bc</sup>	76,5 <sup>bc</sup>
PR39F58	29,2	37,7	44,3 <sup>ab</sup>	51,0	56,0 <sup>ab</sup>	64,0 <sup>ab</sup>	72,2 <sup>b</sup>	75,1 <sup>bc</sup>	76,2 <sup>abc</sup>
FRIEDRIX	30,9	39,7	45,9 <sup>ab</sup>	51,9	56,2 <sup>ab</sup>	63,3 <sup>ab</sup>	71,3 <sup>ab</sup>	74,5 <sup>abc</sup>	76,0 <sup>ab</sup>
<b>Ernte(zeitpunkt)</b>									
VOR	31,8 <sup>b</sup>	40,1 <sup>b</sup>	46,4 <sup>b</sup>	52,5 <sup>b</sup>	56,9 <sup>b</sup>	64,0 <sup>b</sup>	71,5 <sup>ab</sup>	74,6	76,1
HAUPT	30,3 <sup>b</sup>	38,3 <sup>b</sup>	44,7 <sup>b</sup>	51,2 <sup>b</sup>	56,2 <sup>b</sup>	64,3 <sup>b</sup>	72,5 <sup>b</sup>	75,4	76,5
NACH	25,6 <sup>a</sup>	34,4 <sup>a</sup>	41,0 <sup>a</sup>	47,7 <sup>a</sup>	52,7 <sup>a</sup>	61,3 <sup>a</sup>	71,1 <sup>a</sup>	75,1	76,9
<b>Jahr</b>									
2007	33,3 <sup>b</sup>	42,2 <sup>c</sup>	48,5 <sup>c</sup>	54,3 <sup>c</sup>	58,4 <sup>c</sup>	64,8 <sup>b</sup>	71,8 <sup>ab</sup>	74,8	76,2
2008	30,2 <sup>b</sup>	38,5 <sup>b</sup>	44,9 <sup>b</sup>	51,5 <sup>b</sup>	56,5 <sup>b</sup>	64,4 <sup>b</sup>	72,4 <sup>b</sup>	75,4	76,6
2010	24,2 <sup>a</sup>	32,1 <sup>a</sup>	38,6 <sup>a</sup>	45,6 <sup>a</sup>	51,0 <sup>a</sup>	60,4 <sup>a</sup>	70,9 <sup>a</sup>	74,9	76,7
<b>Statistische Parameter</b>									
p-Wert Sorte	0,444	0,059	0,020	0,030	0,042	0,022	0,001	<0,001	<0,001
p-Wert Ernte	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,012	0,127	0,120
p-Wert Jahr	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,006	0,298	0,323
p-Wert Sorte × Ernte	0,826	0,705	0,325	0,131	0,075	0,037	0,070	0,155	0,153
p-Wert Sorte × Jahr	0,261	0,035	0,023	0,049	0,066	0,046	0,031	0,031	0,030
p-Wert Ernte × Jahr	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,015	0,011	0,002
RSD	5,3	3,2	2,6	2,6	2,5	2,1	1,6	1,4	1,3
R <sup>2</sup> (%)	54,0	76,6	81,3	79,6	76,8	69,9	53,5	51,7	55,4

**Tabelle 15:** Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf die Abbauparameter (a, b, c, lag, (a + b)) und die effektive Abbaubarkeit (ED 2, ED 5, ED 8) der Gesamtpflanze

	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>lag</b>	<b>(a + b)</b>	<b>ED 2</b>	<b>ED 5</b>	<b>ED 8</b>
	%	%	h <sup>-1</sup>	h	%	%	%	%
<b>Sorte</b>								
NUESTRO	30,5	46,6 <sup>ab</sup>	0,055		77,2 <sup>bc</sup>	64,3 <sup>b</sup>	54,6 <sup>ab</sup>	49,2
NK FALKONE	32,3	46,0 <sup>ab</sup>	0,050		78,3 <sup>c</sup>	64,9 <sup>b</sup>	55,0 <sup>ab</sup>	49,8
BEATLE	29,6	45,8 <sup>ab</sup>	0,054		75,3 <sup>ab</sup>	62,7 <sup>ab</sup>	53,0 <sup>ab</sup>	47,8
ROBERTO	30,1	47,3 <sup>b</sup>	0,053		77,4 <sup>bc</sup>	64,0 <sup>ab</sup>	54,1 <sup>ab</sup>	48,7
PR39T45	32,2	41,9 <sup>ab</sup>	0,048		74,1 <sup>a</sup>	61,6 <sup>a</sup>	52,6 <sup>a</sup>	47,8
RONALDINIO	30,2	46,4 <sup>ab</sup>	0,051		76,5 <sup>bc</sup>	63,2 <sup>ab</sup>	53,3 <sup>ab</sup>	48,0
DK315	35,2	40,8 <sup>a</sup>	0,052		76,0 <sup>abc</sup>	64,6 <sup>b</sup>	56,0 <sup>b</sup>	51,3
PR39F58	31,5	44,5 <sup>ab</sup>	0,055		76,0 <sup>abc</sup>	64,1 <sup>ab</sup>	54,7 <sup>ab</sup>	49,6
FRIEDRIX	34,5	41,2 <sup>ab</sup>	0,051		75,7 <sup>ab</sup>	63,9 <sup>ab</sup>	55,2 <sup>ab</sup>	50,5
<b>Ernte(zeitpunkt)</b>								
VOR	35,0 <sup>c</sup>	40,6 <sup>a</sup>	0,052		75,6 <sup>a</sup>	64,3 <sup>b</sup>	55,7 <sup>b</sup>	51,0 <sup>b</sup>
HAUPT	32,0 <sup>b</sup>	44,4 <sup>b</sup>	0,054		76,4 <sup>ab</sup>	64,4 <sup>b</sup>	55,1 <sup>b</sup>	50,0 <sup>b</sup>
NACH	28,4 <sup>a</sup>	48,5 <sup>c</sup>	0,050		76,8 <sup>b</sup>	62,4 <sup>a</sup>	52,0 <sup>a</sup>	46,5 <sup>a</sup>
<b>Jahr</b>								
2007	37,3 <sup>c</sup>	38,4 <sup>a</sup>	0,053 <sup>ab</sup>		75,6 <sup>a</sup>	65,1 <sup>b</sup>	57,0 <sup>c</sup>	52,6 <sup>c</sup>
2008	32,4 <sup>b</sup>	44,0 <sup>b</sup>	0,054 <sup>b</sup>		76,4 <sup>ab</sup>	64,4 <sup>b</sup>	55,2 <sup>b</sup>	50,2 <sup>b</sup>
2010	25,8 <sup>a</sup>	51,1 <sup>c</sup>	0,049 <sup>a</sup>		76,8 <sup>b</sup>	61,5 <sup>a</sup>	50,5 <sup>a</sup>	44,7 <sup>a</sup>
<b>Statistische Parameter</b>								
p-Wert Sorte	0,045	0,006	0,516	0,494	<0,001	0,004	0,027	0,035
p-Wert Ernte	<0,001	<0,001	0,088	0,003	0,013	<0,001	<0,001	<0,001
p-Wert Jahr	<0,001	<0,001	0,015	<0,001	0,020	<0,001	<0,001	<0,001
p-Wert Sorte × Ernte	0,632	0,775	0,024	0,908	0,521	0,079	0,185	0,339
p-Wert Sorte × Jahr	0,088	0,151	0,807	0,975	0,045	0,014	0,018	0,020
p-Wert Ernte × Jahr	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
RSD	3,9	4,1	0,007	0,73	1,5	1,6	2,1	2,4
R <sup>2</sup> (%)	73,3	75,8	47,1	28,7	55,5	69,9	77,5	78,8



**Abbildung 13:** Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf die ruminale Abbaukinetik der Gesamtpflanze

#### **4.3.4 Einfluss des Jahres auf den in situ-TM-Abbau der Gesamtpflanze**

Wie der Erntezeitpunkt übt auch das Jahr zu allen Zeitstufen, außer den beiden letzten (72 und 96 Stunden), einen signifikanten Einfluss auf die ruminale Abbaubarkeit aus (Tabelle 14, Abbildung 13). In den ersten 24 Stunden nach der Inkubation weisen jeweils die Silagen des Jahres 2010 die niedrigsten und jene des Jahres 2007 die höchsten Abbaubarkeiten auf, wobei die Differenz zwischen den Jahren bis zu 10 % beträgt. Nach dem ersten Tag gleichen sich die Unterschiede wieder mehr oder weniger aus, sodass bei den letzten drei Zeitstufen (48, 72 und 96 Stunden) kein wesentlicher Unterschied in der ruminale TM-Abbaubarkeit festgestellt wurde. Es ist etwas überraschend, dass im Jahr 2007 die höchsten Abbauwerte erzielt wurden, da die Silagen aus diesem Jahr auch die höchsten Fasergehalte enthalten.

Das Jahr hat auch einen signifikanten Einfluss auf die Abbauparameter a, b und c (Tabelle 15). Die Silagen des Jahres 2007 weisen den höchsten Gehalt der sofort löslichen Fraktion a und den niedrigsten Gehalt der potentiell löslichen Fraktion b auf. Für das Jahr 2010 gilt genau das Gegenteil. Die Abbaurrate c ist im Jahr 2010 mit  $0,049 \text{ h}^{-1}$  deutlich niedriger als in den beiden anderen Jahren ( $0,053$  bzw.  $0,054 \text{ h}^{-1}$ ). Die Werte für die lag-time sind wiederum in allen drei Jahren negativ, wobei sie sich hoch signifikant unterscheiden. Wie in den vorangegangenen Kapiteln wird die lag-time allerdings mit Null angenommen. Auch auf alle drei effektiven Abbaubarkeiten (ED 2, ED 5 und ED 8) übt das Jahr einen signifikanten Einfluss aus. Dabei wurden wiederum jeweils im Jahr 2007 die höchsten und im Jahr 2010 die niedrigsten effektiven Abbaubarkeiten beobachtet.

HEPTING (1988c) hat den Einfluss des Jahres auf die Verdaulichkeit der OM der Gesamtpflanze analysiert und kam ebenfalls zum Schluss, dass das Jahr einen signifikanten Einfluss auf die Verdaulichkeit der Gesamtpflanze hat. Auch THOMET et al. (1986) stellten einen leichten Einfluss des Jahres auf die Verdaulichkeit der OM der Gesamtpflanze fest. Eine andere Studie stellte fest, dass bei warmer und trockener Witterung die NDF- und auch die TM-Abbaubarkeit zurück geht und daraus folgend auch ein Jahreseinfluss besteht (JOHNSON et al. 2003).

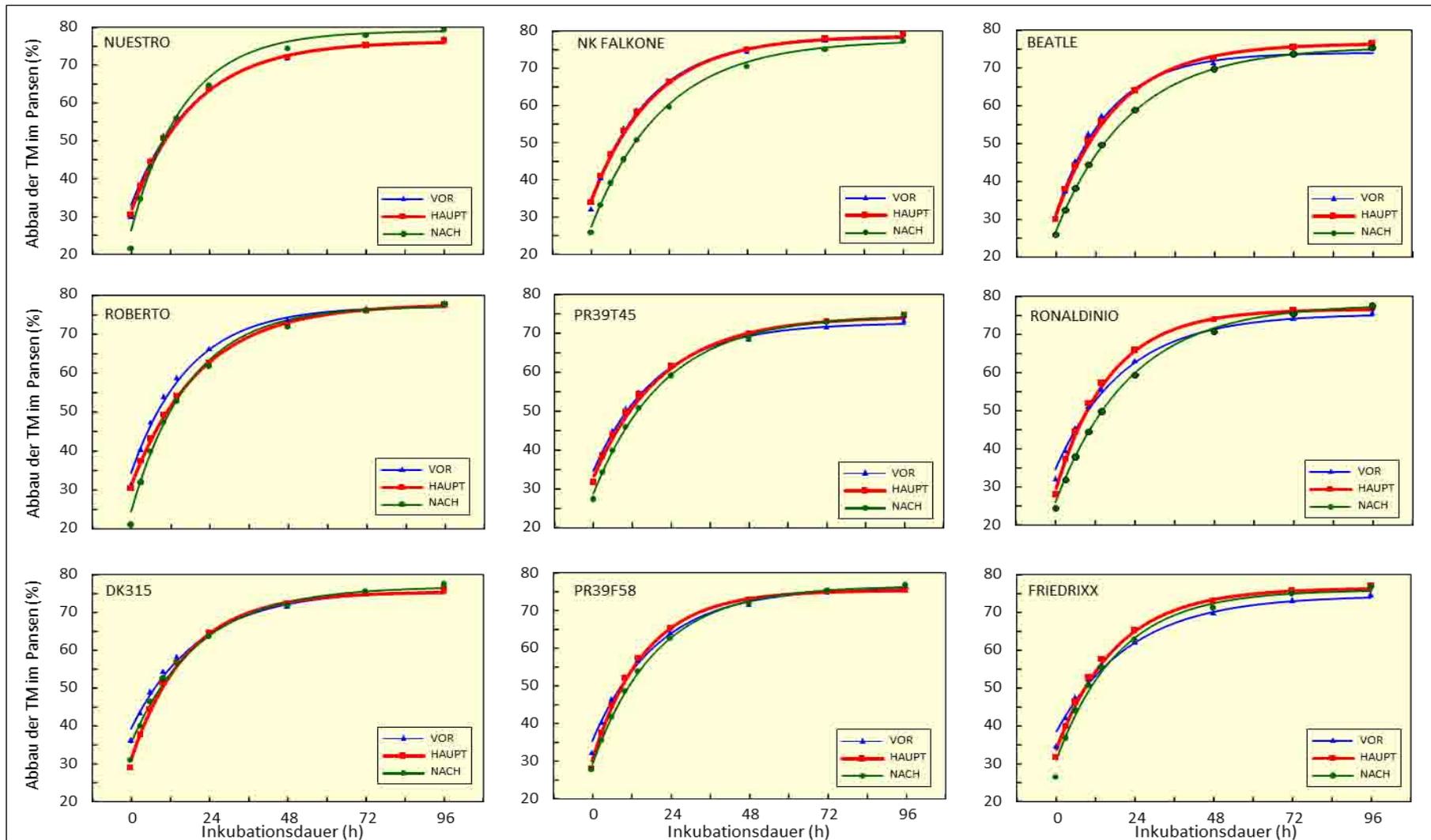
#### **4.3.5 Wechselwirkungen bei der Gesamtpflanze**

Die p-Werte für die Wechselwirkungen bei der Gesamtpflanze sind in den Tabellen 14 und 15 angeführt. Nur nach 24-stündiger Inkubation der Proben ist die Wechselwirkung Sorte  $\times$  Erntezeitpunkt hinsichtlich der ruminale TM-Abbaubarkeit signifikant. In den Versuchen von TAFERNER (2006) und GRUBER et al. (2006) wurde keine signifikante Wechselwirkung Sorte  $\times$  Erntezeitpunkt beobachtet. Bei der Abbaurrate c ist die Wechselwirkung Sorte  $\times$  Erntezeitpunkt signifikant, nicht jedoch bei den anderen Abbauparametern. Der geringe Einfluss dieser Wechselwirkung wird auch in Tabelle 31 (im Anhang) und Abbildung 14 sichtbar. Bei den meisten Sorten unterscheiden sich die Abbaukurven

der drei Erntezeitpunkte kaum. Nur bei den Sorten der Reifegruppe I weicht jeweils der letzte Erntezeitpunkt (NACH) relativ deutlich von den beiden anderen Erntezeitpunkten ab. Von allen anderen Sorten weist RONALDINIO die größten Unterschiede zwischen den drei Erntezeitpunkten auf.

In den Abbildungen 15 und 16 ist der Einfluss der Sorte bei den verschiedenen Erntezeitpunkten für die Abbauparameter  $a$ ,  $b$  und  $c$  sowie  $(a + b)$ , ED 2 und ED 8 dargestellt. Der  $p$ -Wert dieser Wechselwirkung für  $a$  und  $b$  liegt jeweils über 0,5, was auch in den Grafiken sichtbar wird, da kaum Unterschiede zwischen den Sorten festzustellen sind. Einzig die Sorte FRIEDRIX weicht mit ihrem hohen Anteil an  $a$  und dem niedrigen Gehalt an  $b$  beim letzten Erntezeitpunkt von den anderen Sorten ab. Die Abbaurate  $c$  ist der einzige Parameter, für den eine signifikante Wechselwirkung Sorte  $\times$  Erntezeitpunkt festgestellt wurde. Bei den spätreifen Sorten RONALDINIO, DK315, PR39F58 und FRIEDRIX wurde die höchste Abbaurate beim mittleren Erntezeitpunkt erreicht, während sie bei der Sorte ROBERTO genau in diesem Vegetationsstadium am niedrigsten ist. Dagegen zeigen die Sorten NK FALKONE, BEATLE und PR39T45 über den gesamten Erntezeitraum eine tendenzielle Abnahme sowie die Sorte NUESTRO sogar einen tendenziellen Anstieg der Abbaurate  $c$  mit fortschreitender Reife. Die potentielle Abbaubarkeit  $(a + b)$  ist bei allen Sorten sehr ähnlich ausgeprägt und kaum vom Erntezeitpunkt abhängig. Die effektiven Abbaubarkeiten ED 2 und ED 8 weisen bei allen Sorten beim ersten und zweiten Erntezeitpunkt ähnliche Werte auf und nehmen bei den meisten Sorten in weiterer Folge ab. Bei den Sorten NUESTRO (ED 2) und DK315 (ED 2 und ED 8) nimmt jedoch die effektive Abbaubarkeit zwischen zweitem und drittem Erntezeitpunkt noch einmal leicht zu.

Die Wechselwirkung Sorte  $\times$  Jahr ist zu den meisten Inkubationszeiten signifikant. Eine Ausnahme bilden dabei die beiden Zeitstufen 0 und 14 Stunden, zu denen keine signifikante Wechselwirkung festgestellt wurde. Auch für alle drei effektiven Abbaubarkeiten wurde eine leicht signifikante Wechselwirkung Sorte  $\times$  Jahr festgestellt. Bei der Sorte DK315 hat das Jahr praktisch keinen Einfluss auf die ruminale Abbaubarkeit. Genau das Gegenteil ist bei der Sorte NUESTRO zu beobachten, bei der im Jahr 2008 eine deutliche höhere potentielle ruminale Abbaubarkeit erreicht wurde als in den beiden anderen Jahren. Bei allen anderen Sorten hat das Jahr vor allem einen Einfluss auf die Abbaubarkeiten in den ersten 24 bis 48 Stunden, während bei den beiden letzten Zeitstufen kaum Unterschiede zwischen den Jahren feststellbar sind (Tabelle 32, Abbildung 21 [jeweils im Anhang]).



**Abbildung 14:** Einfluss des Erntezeitpunktes auf die ruminale Abbaukinetik der Gesamtpflanze verschiedener Silomais-Sorten

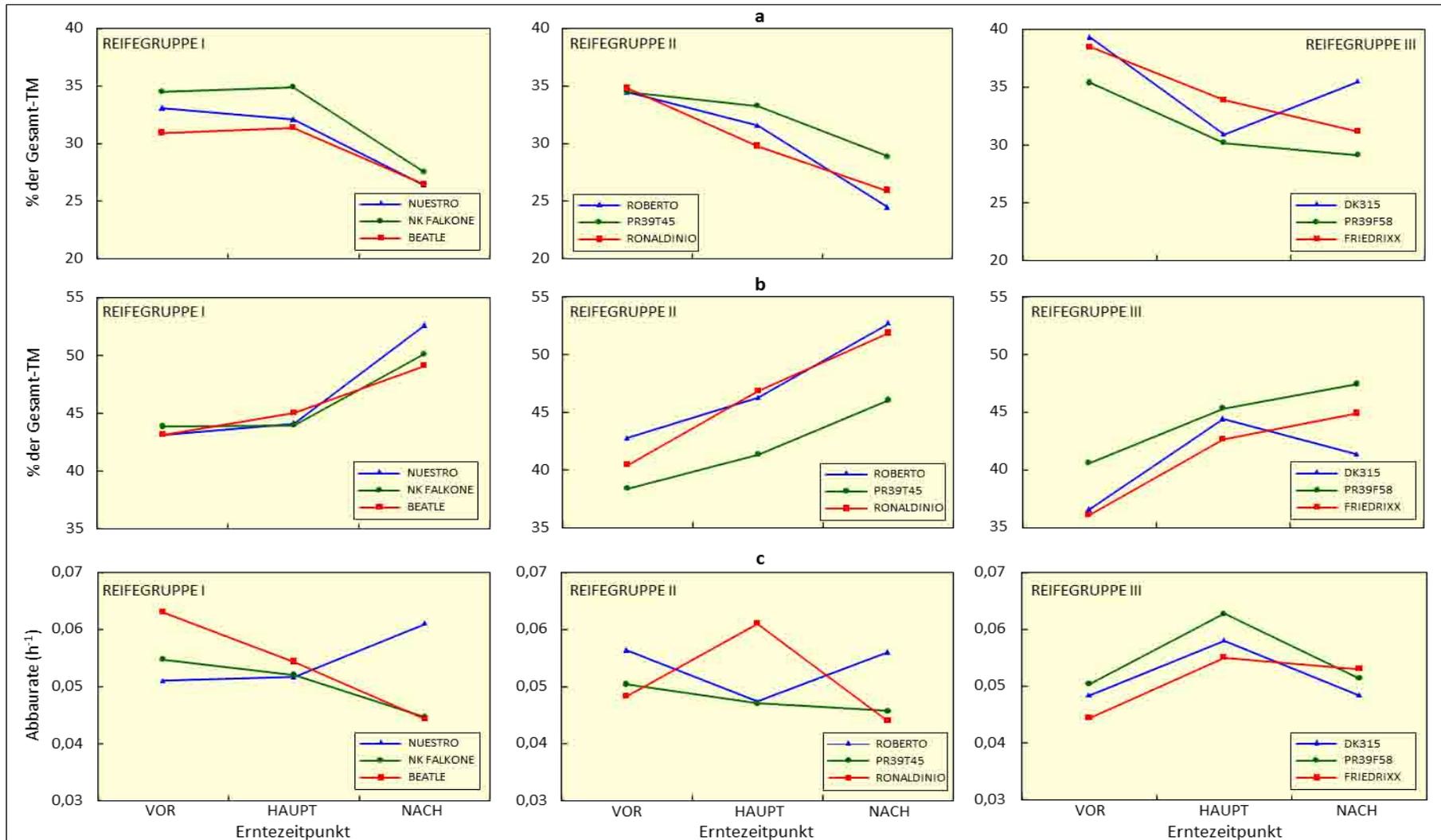
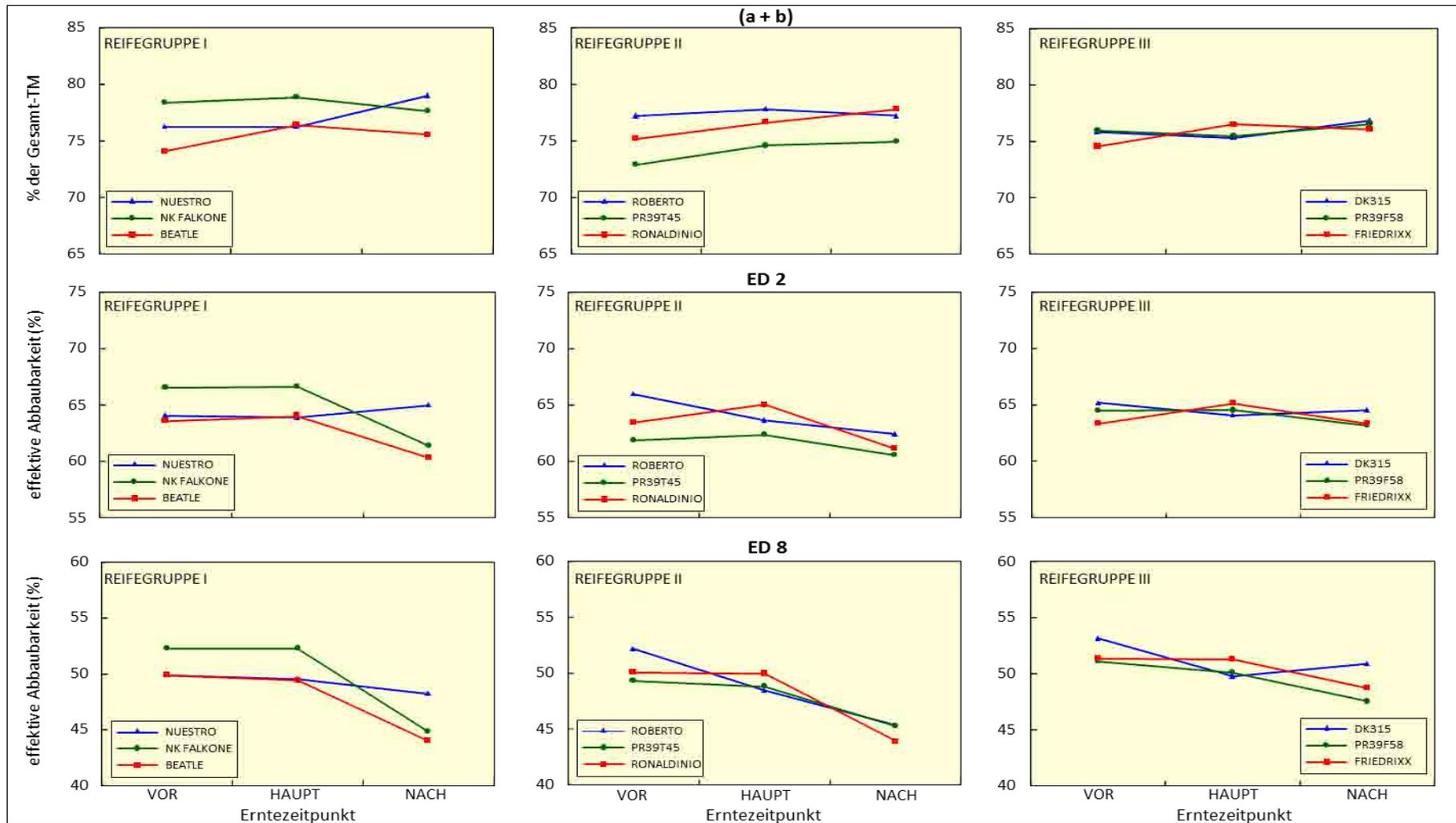


Abbildung 15: Einfluss des Erntezeitpunktes auf die Abbauparameter a, b und c der Gesamtpflanze verschiedener Silomais-Sorten



**Abbildung 16:** Einfluss des Erntezeitpunktes auf die Abbauparameter (a + b), ED 2 und ED 8 der Gesamtpflanze verschiedener Silomais-Sorten

Sowohl für alle neun Zeitstufen der Inkubation, als auch für alle Abbauparameter und effektiven Abbaubarkeiten wurde eine signifikante Wechselwirkung Erntezeitpunkt  $\times$  Jahr beobachtet. Beim ersten Erntezeitpunkt (VOR) wurden im Jahr 2008 etwas höhere ruminale Abbaubarkeiten als in den beiden anderen Jahren erzielt. Beim zweiten Erntezeitpunkt weist das Jahr 2010 innerhalb der ersten 24 Stunden der Inkubation deutlich niedrigere Werte auf als die beiden anderen Jahre. In weiterer Folge gleicht sich dieser Unterschied jedoch aus, sodass in allen drei Jahren ähnliche potentielle Abbaubarkeiten erreicht werden. Beim letzten Erntezeitpunkt (NACH) kann für die ersten 24 Stunden des Abbaus eine deutliche Rangierung abgelesen werden (2007 > 2008 > 2010). Für die potentielle Abbaubarkeit nach 96 Stunden wird allerdings im Jahr 2010 der höchste Wert erzielt. In allen drei Jahren weisen die jeweiligen Abbaukurven der drei Erntezeitpunkte ähnliche Verläufe auf. Kleinere Unterschiede sind wiederum in den ersten 48 Stunden der Inkubation festzustellen. Auffallend ist auch, dass im Jahr 2010 die am spätesten geernteten Silagen die höchste potentielle ruminale Abbaubarkeit erzielen, was vermutlich auf den hohen Kolbenanteil von über 57 % zurückzuführen ist (Tabelle 33, Abbildung 22 [jeweils im Anhang]).

#### **4.4 Schlussfolgerungen**

Der Einfluss der Sorte auf die Zusammensetzung der Restpflanze kann nicht eindeutig geklärt werden. Während im vorliegenden Versuch kaum signifikante Unterschiede in den Gehalten der Rohnährstoffe und Faserbestandteile gefunden wurden, stellten GRUBER und HEIN (2006) einen signifikanten Einfluss der Sorte auf den XF- und XX-Gehalt fest. Der TM-Gehalt wird jedoch sowohl bei der Restpflanze als auch beim Kolben signifikant von der Sorte beeinflusst. Auf den Nährstoffgehalt im Kolben scheint die Sorte keinen wesentlichen Einfluss zu nehmen. Einzig XP- und XL-Gehalte können, je nach Sorte, deutlich unterschiedlich sein. In der Gesamtpflanze kann es jedoch vor allem bei den Weender Rohnährstoffen zu deutlich unterschiedlichen Gehalten zwischen den Sorten kommen.

Ein deutlicher Unterschied zwischen den Sorten wurde bei der ruminale TM-Abbaubarkeit festgestellt. Die Restpflanzen von frühreifen Sorten weisen eine tendenziell höhere potentielle und effektive Abbaubarkeit auf und scheinen daher besser verdaulich zu sein. Beim Kolben wurde hingegen genau das Gegenteil beobachtet. Sorten mit höherer Reifezahl weisen vor allem eine tendenziell höhere effektive Abbaubarkeit auf, was auf einen rascheren Abbau des Kolbens dieser Sorten in den ersten 24 Stunden zurückzuführen ist. Bei der Gesamtpflanze wurden ebenfalls signifikante Unterschiede in der ruminale TM-Abbaubarkeit festgestellt. Die potentielle Abbaubarkeit scheint bei den frühreifen Sorten etwas besser zu sein als bei den spätreifen. Wenn man jedoch die effektive Abbaubarkeit betrachtet, fällt auf, dass früh- und spätreife Sorten sehr ähnliche (hohe) Werte aufweisen und nur bei Sorten der Reifegruppe II eine niedrigere Abbau-

barkeit zu erwarten ist. Zu beachten ist allerdings, dass vor allem bei der Restpflanze und beim Kolben zu den verschiedenen Erntezeitpunkten unterschiedliche Reihungen der Sorten hinsichtlich der ruminalen Abbaubarkeit aufgetreten sind.

Bei der Auswahl der richtigen Sorte sollten deshalb die Inhaltsstoffe und die ruminale Abbaubarkeit unbedingt beachtet werden. Je nach Anbaugebiet (raue/begünstigte Lagen) scheinen früh- bzw. spätreife Sorten am besten geeignet zu sein. Wenn man nur den aktuellen Versuch heranzieht, kann vor allem die Sorte NK FALKONE aufgrund des niedrigen Fasergehaltes und der hohen ruminalen Abbaubarkeit der Gesamtpflanze für raue Lagen empfohlen werden, wobei späte Erntezeitpunkte am günstigsten sind. Wenn aber die Ernte zu frühen Erntezeitpunkten erfolgen soll, ist die Sorte NK FALKONE aufgrund höherer Abbaubarkeiten besser geeignet. Für begünstigte Lagen, in denen auch spätreife Sorten gedeihen, dürfte die Sorte DK315, aufgrund durchschnittlicher Gehalte an Inhaltsstoffen und einer hohen effektiven Abbaubarkeit, sowohl bei früher als auch bei später Ernte eine gute Wahl sein. Neben diesen, aus Sicht der Tierernährung, relevanten Merkmalen sollten aber auch pflanzbauliche Merkmale, wie z.B. Krankheitsresistenz, bei der Auswahl der Sorte unbedingt beachtet werden.

Dem optimalen Erntezeitpunkt kommt bei Silomais eine entscheidende Rolle zu. Durch den Reifeprozess kommt es zu einer mehr oder weniger raschen Zunahme des TM-Gehaltes der Restpflanze, die auf den steigenden Fasergehalt zurückzuführen ist. Dieser Anstieg erfolgt vor allem in den späteren Reifestadien sehr rasch, wodurch es zu einem rapiden Abfall des Futterwerts kommt. Dieser rasche Abfall des Futterwerts kann durch den steigenden Kolbenanteil mit zunehmender Reife etwas gebremst werden. Beim Kolben nehmen nämlich der XF-Gehalt ab und der XX-Gehalt zu, je älter die Pflanze wird. Im vorliegenden Versuch konnte der steigende Kolbenanteil bis zum letzten Erntezeitpunkt die sinkende Restpflanzenqualität ausgleichen. Das wird in den steigenden XX- und NFC- sowie fallenden XF-, NDF- und ADF-Gehalten der Gesamtpflanze bei fortschreitendem Vegetationsstadium deutlich.

Mit zunehmender Reife kommt es zu einer signifikanten Abnahme der ruminalen TM-Abbaubarkeit der Restpflanze. Bis zu einer Kolben-TM von 52 % (mittlerer Erntezeitpunkt) wurde im vorliegenden Versuch keine wesentliche Veränderung der potentiellen und effektiven Abbaubarkeit der Restpflanze festgestellt, im weiteren Verlauf sinken jedoch beide Parameter rasch ab. Der Erntezeitpunkt hat keinen signifikanten Einfluss auf die potentielle Abbaubarkeit des Kolbens. Da aber später geerntete Kolben langsamer abgebaut werden, ist die effektive Abbaubarkeit der spät geernteten Kolben-Silagen deutlich niedriger als jene der früh geernteten. Die Gesamtpflanze entwickelt sich ähnlich wie der Kolben. Während die potentielle Abbaubarkeit wieder zu allen drei Erntezeitpunkten sehr ähnlich ist, liegt die effektive Abbaubarkeit der spät geernteten Silagen bei den meisten Sorten deutlich unter jener der früh und mittelspät geernteten, was

wiederum auf einen langsameren ruminalen Abbau der spät geernteten Silagen zurückzuführen ist. Die Sorte NUESTRO, bedingt durch eine hohe Abbaubarkeit der Restpflanze, und die Sorte DK315, bedingt durch eine hohe Abbaubarkeit des Kolbens, weisen jedoch auch beim letzten Erntezeitpunkt hohe potentielle und effektive TM-Abbaubarkeiten auf.

Aus diesen Erkenntnissen lassen sich zwei, für die Praxis relevante, Schlussfolgerungen ableiten, die für die meisten untersuchten Sorten gelten:

- Aufgrund der Inhaltsstoffe allein kann der Futterwert von Silomais nicht beurteilt werden. Denn obwohl der XF-Gehalt in der Gesamtpflanze bis zum letzten Erntezeitpunkt abnimmt und der XX-Gehalt zunimmt, wurden beim letzten Erntezeitpunkt die niedrigsten ruminalen Abbaubarkeiten festgestellt. Mit zunehmender Reife werden anscheinend die wertgebenden Inhaltsstoffe in der Maispflanze besser gebunden, wodurch sie schwerer verdaulich werden.
- Die niedrige effektive Abbaubarkeit spät geernteter Silagen bei den kurzen Inkubationszeiten hat eine große Relevanz für die praktische Fütterung. Die effektive Abbaubarkeit dieser Silagen weicht mit steigender Passagerate immer weiter von den beiden anderen Erntezeitpunkten ab. Das ist vor allem bei der Fütterung von Hochleistungstieren von großer Bedeutung. Da sie für die Erbringung der Leistung viel fressen müssen, bleibt wenig Zeit für die Verdauung, was zu hohen Passageraten (z.B.  $8 \% h^{-1}$ ) führt. Deshalb sind spät geerntete Silagen, aufgrund ihrer niedrigen effektiven TM-Abbaubarkeit bei hohen Passageraten, für Hochleistungstiere nicht geeignet. Silagen mit einem Kolben-TM-Gehalt von rund 52 % (mittlerer Erntezeitpunkt) sind deswegen aufgrund der günstigen Inhaltsstoffe (durchschnittliche Faser- und XX-Gehalte) und der guten ruminalen TM-Abbaubarkeit zu bevorzugen.

Unterschiede im Nährstoffgehalt zwischen den Jahren sind aufgrund der vorliegenden Versuche sehr wahrscheinlich. Die Unterschiede treten sowohl bei der Restpflanze als auch beim Kolben und in weiterer Folge auch bei der Gesamtpflanze auf. Sie können unter anderem darauf zurückzuführen sein, dass die Pflanzen nicht jedes Jahr zum exakt gleichen Reifestadium geerntet werden. Unterschiedliche Witterungsbedingungen (Kälteeinbruch, Dürre usw.) können die Nährstoffgehalte ebenfalls beeinflussen.

Die ruminale TM-Abbaubarkeit wird auch wesentlich vom jeweiligen Jahr beeinflusst. Bei der Restpflanze wurde festgestellt, dass, trotz ähnlicher Faser- und XX-Gehalte zwischen den Jahren, deutlich unterschiedliche potentielle und effektive Abbaubarkeiten auftreten. Das bestätigt nochmals die Annahme, dass aufgrund der Inhaltsstoffe allein nicht auf den Futterwert geschlossen werden kann, da offensichtlich auch die Art der Bindung der Nährstoffe in der Pflanze eine Rolle spielt. Ähnliches gilt auch für die Kolben- und

Gesamtpflanzen-Silagen, wo ebenfalls die Silagen mit dem höchsten Fasergehalt die höchste ruminale Abbaubarkeit aufweisen. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass in diesem Jahr (2007) die durchschnittliche Kolben-TM mit rund 48 % bei der Ernte deutlich niedriger ist als in den beiden anderen Jahren. Das führt zu höheren Anteilen an der sofort löslichen Fraktion a im Kolben und somit zu einer höheren effektiven Abbaubarkeit dieser Pflanzenfraktion und der Gesamtpflanze. Aus diesen Erkenntnissen kann geschlossen werden, dass auch bei einer Kolben-TM von unter 52 % eine hohe ruminale TM-Abbaubarkeit erzielt werden kann. Die signifikanten Wechselwirkungen Sorte × Jahr und Erntezeitpunkt × Jahr weisen jedoch darauf hin, dass in verschiedenen Jahren jeweils andere Sorten die höchste ruminale Abbaubarkeit aufweisen und dass auch der optimale Erntezeitpunkt vom jeweiligen Jahr abhängig ist.

Abschließend kann resümiert werden, dass je nach Anbaugebiet mit früh- (RZ 230 bis 260) oder spätreifen (RZ 320 bis 330) Sorten der höchste Futterwert erreicht wird. Wichtig ist dabei aber auch, dass ein optimaler Erntezeitpunkt eingehalten wird. Aufgrund der vorliegenden Untersuchungen kann ein Kolben-TM-Gehalt von rund 52 % oder leicht darunter als optimal angesehen werden. Um schlussendlich aber die optimale Silage produzieren zu können, müssen diese pflanzenbaulichen Faktoren mit den klimatischen (Witterung) und produktionstechnischen Einflüssen (optimale Konservierung) bestmöglich kombiniert werden.

## 5 Zusammenfassung

Da Silomais ein in Österreich häufig verwendetes Futtermittel ist und die Qualität von Futtermitteln in Zeiten steigender Leistungen immer wichtiger wird, wurde am LFZ Raumberg-Gumpenstein ein Versuch zur ruminalen Abbaubarkeit von Silomais durchgeführt. Ziel dieses Projekts war, den Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf die Zusammensetzung und den ruminalen Trockenmasse-Abbau von Restpflanze, Kolben und Gesamtpflanze festzustellen. Dazu wurden neun Sorten drei Jahre hindurch angebaut und zu drei verschiedenen Erntezeitpunkten geerntet. Danach wurden Restpflanze und Kolben getrennt siliert und anschließend deren Nährstoffgehalt bestimmt (Weender-Analyse und Gerüstsubstanz-Analyse). Der ruminale Trockenmasse-Abbau wurde mittels in situ-Untersuchungen an vier pansen-fistulierten Rindern ermittelt. Die Werte für die Gesamtpflanze wurden mit Hilfe von Restpflanzen- und Kolbenanteil aus den Ergebnissen der beiden Pflanzenfraktionen berechnet. Der Trockenmasse-Abbau wurde zu verschiedenen Zeitstufen nach der Inkubation festgestellt und daraus die verschiedenen Abbauparameter ermittelt (a, b, c, lag-time, potentielle und effektive Abbaubarkeit). Die effektive Abbaubarkeit wurde für Passageraten von 2, 5 und 8 % h<sup>-1</sup> berechnet. Für die statistische Analyse wurde ein p-Wert von 0,05 gewählt.

Alle drei Faktoren haben einen signifikanten Einfluss auf den Kolbenanteil sowie den Trockenmasse-Gehalt von Restpflanze, Kolben und Gesamtpflanze. Bei der Restpflanze ist ein signifikanter Einfluss des Jahres auf alle Rohrnährstoffe sowie der Sorte auf XL und ADL und des Erntezeitpunktes auf XL, XP und ADL feststellbar. Bei Kolben und Gesamtpflanze beeinflussen das Jahr und der Erntezeitpunkt fast alle Nährstoffe und Faserbestandteile signifikant, während die Sorte nur auf den XP und XL-Gehalt des Kolbens sowie die Rohrnährstoffe und den ADF-Gehalt der Gesamtpflanze einwirkt. Bei der Restpflanze beeinflussen alle drei Versuchsfaktoren die potentielle und effektive TM-Abbaubarkeit signifikant. Beim Kolben wurde ein signifikanter Einfluss der Sorte und des Erntezeitpunktes auf die potentielle Abbaubarkeit festgestellt, jedoch nicht des Jahres. Auf die effektive Abbaubarkeit haben Erntezeitpunkt und Jahr in jedem Fall einen signifikanten Einfluss. Für die Sorte wurde das nur bei geringen Passageraten (2 % h<sup>-1</sup>) festgestellt. Bei der Gesamtpflanze üben alle drei Versuchsfaktoren einen signifikanten Einfluss auf die effektive Abbaubarkeit aus, während die potentielle Abbaubarkeit nur von der Sorte abhängig ist. Für die ruminale Abbaubarkeit zu den verschiedenen Zeitstufen wurden jedoch bei Restpflanze und Kolben fast ausschließlich signifikante Wechselwirkungen ermittelt, wodurch diese Ergebnisse unter diesem Gesichtspunkt zu sehen sind.

Der Wahl der richtigen Sorte und des optimalen Erntezeitpunktes kommt deshalb eine große Bedeutung zu. Nur wenn diese Faktoren mit guten Witterungs- und Reifebedingungen kombiniert werden können, ist es möglich, hochwertige Maissilagen zu erzeugen, die den Anforderungen der heutigen Hochleistungstiere entsprechen.

## 6 Abstract

Due to the significance of forage maize in Austrian cattle feeding systems and the increasing importance of high quality of feeds, an experiment was performed at LFZ Raumberg-Gumpenstein (Styria, Austria), testing the rumen degradability of corn silage. The aim of the project was to evaluate the influence of variety, stage of maturity and year on composition and rumen dry matter degradability of stover, cob and whole plant. For this reason nine different varieties of maize were planted for three years and harvested at three different stages of maturity. After harvest stover and cob were ensiled separately and analysed for their nutrient content (proximate analysis and cell wall content). Rumen dry matter degradability was determined in four steers using the in situ method. The figures of the whole plant were calculated by multiplying the proportion of stover/cob with the respective results of the two plant fractions and summing up the products. Dry matter degradability was determined for various times of incubation and based on this data several degradation parameters were calculated (a, b, c, lag-time, potential and effective degradability). The effective degradability was estimated for passage rates of 2, 5 and 8 % h<sup>-1</sup>. The significance level for the statistical analyses was 0.05.

All factors have a significant impact on the proportion of cob in the whole plant and on the content of dry matter in stover, cob and whole plant. The year has a significant effect on the nutrient content in the stover, while the variety only influences the content of XL and ADL and the maturity stage affects the content of XL, XP and ADL in this plant fraction. Year and maturity stage have a significant impact on nearly all nutrients and fibre components in the cob and the whole plant. Variety only influences the content of XP and XL in the cob and the content of XP, XL, XF, XX and ADF in the whole plant. Variety, maturity stage and year have a significant impact on the potential and effective degradability of the stover. Variety and maturity stage also have a significant influence on the rumen degradability of the cob, while the factor year showed no significant impact. The effective degradability of the cob is influenced by maturity stage and year, regardless which passage rate is used. The variety only has an impact on the effective degradability, if the passage rate is low (2 % h<sup>-1</sup>). All factors have a significant influence on the effective degradability of the whole plant, while the potential degradability is only influenced by variety. But for the interpretation it has to be considered, that all tested interactions for the rumen degradability at different incubation times are significant in stover and cob.

The choice of the best variety and the optimal time of harvest has an enormous relevance in the production of forage maize. Only if these factors can be combined with good weather and maturity conditions during the growing season, good silages can be produced, which conform the needs of modern high-performance cattle.

## 7 Literaturverzeichnis

- AGES (Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit), 2012: Informationen der Internethomepage: <http://www.agrarnet.info/media.php?+content+&id=%2C%2C%2C%2CZmlsZW5hbWU9ZG93bmxvYWQIM0QIMkYyMDEyLiAxLjI1JTJGMTMyNzQ4MTg2OS5wZGYmcm49U29ydGVuYmVzY2hyZWlidW5nJTIwTWVpcyUyMCUyODE5OSUyMEtCJTl5LnBkZg%3D%3D>, besucht am 14.08.2013.
- AKBAR, M., 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. Technol.* 100, 53–70.
- ALVA (Arbeitsgemeinschaft landwirtschaftlicher Versuchsanstalten), 1983: Österreichisches Methodenhandbuch für die Untersuchung von Futtermitteln, Futterzusatzstoffen und Schadstoffen. Selbstverlag ALVA, Wien.
- ANDRAE, J.G., C.W. HUNT, G.T. PRITCHARD, L.R. KENNINGTON, J.H. HARRISON, W.KEZAR und W. MAHANNA, 2001: Effect of hybrid, maturity, and mechanical processing of corn silage on intake and digestibility by beef cattle. *J. Anim. Sci.* 79, 2268–2275.
- ARRIGO, Y. und P. STOLL, 2012: Schätzung des Nährwerts von Maissilage. *Agrarforschung Schweiz* 3, 442–449.
- BAL, M.A., J.G. COORS und R.D. SHAVER, 1997: Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion and milk production. *J. Dairy Sci.* 80, 2497–2503.
- BAL, M.A., R.D. SHAVER, K.J. SHINNERS, J.G. COORS, J.G. LAUER, R.J. STRAUB und R.G. KOEGEL, 2000a: Stage of maturity, processing and hybrid effects on ruminal in situ disappearance of whole-plant corn silage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 86, 83–94.
- BAL, M.A., R.D. SHAVER, H. AL-JOBEILE, J.G. COORS und J.G. LAUER, 2000b: Corn silage hybrid effects on intake, digestion and milk production by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83, 2849–2858.
- BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft), 2012: Grüner Bericht 2012 – Bericht über die Situation der österreichischen Land und Forstwirtschaft. 53. Auflage, Selbstverlag BMLFUW, Wien, 336 S.
- DE BOEVER, J., J. VANACKER und D. DE BRABANDER, 2002: Rumen degradation characteristics of nutrients in maize silages and evaluation of laboratory measurements and NIRS as predictors. *Anim. Feed Sci. Technol.* 101, 73–86.

- BREITFUSS, S., 2010: Ruminaler Trockenmasseabbau von neun Silomaisorten und Einfluss auf Futterraufnahme und Milchleistung von Milchkühen. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien, 101 S.
- COLOVOS, N.F., J.B. HOLTER, R.M. KOES, W.E. URBAN und H.A. DAVIS, 1970: Digestibility, nutritive value and intake of ensiled corn plant (*Zea mays*) in cattle and sheep. *J. Anim. Sci.* 30, 819–824.
- CONE, J.W. 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.
- DEINUM, B., A. STEG und G. HOF, 1984: Measurement and prediction of digestibility of forage maize in The Netherlands. *Anim. Feed Sci. Technol.* 10, 301–313.
- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 1997: DLG-Futterwerttabellen. 7. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 212 S.
- 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. 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.
- FERNANDEZ, I., P. NOZIÉRE und B. MICHALET-DOREAU, 2004: Site and extent of starch digestion of whole-plant maize silages differing in maturity stage and chop length in dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 89, 147–157.
- FERRET, A., J. GASA, J. PLAIXATS, F. CASAÑAS, L. BOSCH und F. NUEZ, 1997: Prediction of voluntary intake and digestibility of maize silages given to sheep from morphological and chemical composition, in vitro digestibility or rumen degradation characteristics. *Anim. Sci.* 64, 493–501.
- FLACHOWSKY, G., W. PEYKER, 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.* 43, 41–50.
- GROSS, F., 1970a: Schlussfolgerungen für den Maiszüchter aus den Gruber Fütterungsversuchen mit Silo- und Körnermais. *Bayer. Landw. Jahrbuch* 47, 235–240.
- GROSS, F., 1970b: 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, 215–225.

- GROSS, F., 1980: Content and in vivo digestability (sheep) of nutrients in maize varieties harvested at different stages for silage. In: POLLMER W.G. und R.H. PHIPPS (Hrsg.): Improvement of quality traits of maize for grain and silage. Martinus Nijhoff Publishers b.v., The Hague, Boston, London, 429–455.
- GROSS, F. und G. AVERDUNK, 1974: Der Gehalt an Nährstoffen in Maissilagen, ihre Verdaulichkeit und ihre Beziehungen zum Trockensubstanzgehalt. Wirtschaftseig. Futter 20, 66–74.
- GROSS, F. und W. PESCHKE, 1980a: Nährstoffgehalt und Verdaulichkeit von Silomais - 2. Mitteilung: Nährstoffgehalt und Verdaulichkeit von Maisstroh (Maispflanze ohne Kolben). Wirtschaftseig. Futter 26, 104–117.
- GROSS, F. und W. PESCHKE, 1980b: Nährstoffgehalt von Silomais - 3. Mitteilung: Nährstoffgehalt und Verdaulichkeit der Maiskolben. Wirtschaftseig. Futter 26, 184–192.
- GRUBER, L., K. TAFERNER, L. HABERL, G. MAIERHOFER, J. GASTEINER und M. URDL, 2006: Einfluss von Vegetationsstadium, Sorte, Standort und Konservierung von Silomais auf den Gehalt an Rohprotein- und Kohlenhydrat-Fractionen sowie den ruminalen in situ-Abbau der Trockenmasse. Kongressband 118. VDLUFA-Kongress, Freiburg im Breisgau, 19.–22. September 2006, 226–239.
- GRUBER, L. und W. HEIN, 2006: Ertrag und Futterqualität von Silomais in Abhängigkeit von Vegetationsstadium, Sorte und Standort. Kongressband 118. VDLUFA-Kongress, Freiburg im Breisgau, 19.–22. September 2006, 244–259.
- GRUBER, L., H. KOPAL, F. LETTNER und F. PARRER, 1983: Einfluss des Erntezeitpunktes auf den Nährstoffgehalt und den Ertrag von Silomais. Wirtschaftseig. Futter 29, 87–109.
- HEIN, W. und L. GRUBER, 2003: Unterschiede österreichischer Silomais-Sorten hinsichtlich Ertrag und Futterwert. Bericht 54. Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs, BAL Gumpenstein, Irdning, 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.
- HEPTING, L., 1988a: Verdaulichkeit der Maispflanze - I. Kolben ist nicht gleich Kolben, Mais 4, 23–25.

- HEPTING, L., 1988b: Verdaulichkeit der Maispflanze - II. Sortenunterschiede in der Verdaulichkeit der Restpflanze. *Mais* 4, 26–28.
- HEPTING, L., 1988c: Verdaulichkeit der Maispflanze - III. Verdaulichkeit der Gesamtpflanze ein Maß für den Nährstofftrag. *Mais* 4, 29–30.
- HEPTING, L., 1992: Der Futterwert der Maissorten. *Mais* 4, 16–19.
- 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 beeinflussen die Silomaisqualität. *Agrarforschung* 3, 539–542.
- HÖNER, K., P. LEBZIEN, G. FLACHOWSKY und F.-J. SCHWARZ, 2002: The influence of silages prepared from different corn hybrids on the metabolism in the digestive tract of ruminants. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 11, 44.
- 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 Abstracts and Reviews (Series B)* 65, 63–93.
- INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), 1989: Ruminant nutrition - Recommended allowances and feed tables. INRA & John Libbey Eurotext, Paris, 389 S.
- JENSEN, C., M.R. WEISBJERG, P. NØRGAARD und T. HVELPLUND, 2005: Effect of maize silage maturity on site of starch and NDF digestion in lactating dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 118, 279–294.
- JOHNSON, L.M., J.H. HARRISON, D. DAVIDSON, C. HUNT, W.C. MAHANNA und K. SHINNERS, 2003: Corn silage management: Effects of hybrid, maturity, chop length and mechanical processing on rate and extent of digestion. *J. Dairy Sci.* 86, 3271–3299.
- KURTZ, H., 2006: Vergleichende Untersuchungen zum Einfluss der Pflanzengenetik und der physiologischen Reife von Körnern und Restpflanzen verschiedener Maishybriden auf die ruminale Abbaubarkeit. Dissertation, Technische Universität München, München-Weihenstephan, 264 S.
- KURTZ, H., F. FLASSHOFF und F.J. SCHWARZ, 2004: Effects of brown midrib 3 mutation in silage corn on ruminal degradability, digestability and performance of beef cattle. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 13, 82.
- KURTZ, H. und F.J. SCHWARZ, 2005: In situ Trockensubstanzabbaubarkeit von Maisrestpflanzen in Anhängigkeit der physiologischen Reife. Präsentation 59. Tagung der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE), Stuttgart-Hohenheim, 8.–10. März 2005.

- LANGENHOFF, M., 2002: Futtermittelkundliche Bewertung von zwei Silomaishybriden bei Wiederkäuern. Dissertation, Tierärztliche Hochschule, Hannover, 141 S.
- LINDBERG, J.E., 1981a: The effect of basal diet on the ruminal degradation of dry matter, nitrogenous compounds and cell walls in nylon bags – Roughage and cereals in various proportions. Swedish J. Agric. Res. 11, 159–169.
- LINDBERG, J.E., 1981b: 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. 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.
- MADSEN, J. und T. HVELPLUND, 1994: Prediction of in situ protein degradability in the rumen - Results of a European ringtest. Livest. Prod. Sci. 39, 201–212.
- DI MARCO, O., M. AELLO, M. NOMDEDEU und S. VAN HOUTTE, 2002: Effect of maize crop maturity on silage chemical composition and digestibility (in vivo, in situ and in vitro). Anim. Feed Sci. Technol. 99, 37–43.
- MARKTGEMEINDE BAD WIMSBACH-NEYDHARDTING, 2008: Zahlen & Fakten - Bad Wimsbach-Neydhardtting. Informationen der Internethomepage: [www.bad-wimsbach.at/system/web/fakten.aspx?menuonr=218462639](http://www.bad-wimsbach.at/system/web/fakten.aspx?menuonr=218462639), besucht am 02.04.2013.
- McDONALD, I., 1981: A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. J. Agric. Sci. 96, 251–252.
- MERTENS, D.R., 1993: Rate and extent of digestion. In: DIJKSTRA, J., J.M. FORBES und J. FRANCE (Hrsg.): Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. 2<sup>nd</sup> edition, CABI Publishing, Oxfordshire, Cambridge, 13–47.
- METWALLY, A. und F.J. SCHWARZ, 2010: Comparison of the ruminal degradability of different components of the maize plant. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 19, 119.
- MÜLLER, K.S., 2012: Futterwert aktueller Silomaissorten: In situ-Abbau der Trockenmasse der Restpflanze sowie in vivo-Verdaulichkeit der Rohnährstoffe der Ganzpflanze. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien, 84 S.
- 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.
- NRC (National Research Council), 2001: Nutrient requirements of dairy cattle. 7<sup>th</sup>, revised edition, National Academy Press, Washington D.C., 381 S.

- ØRSKOV, E.R., F.D. 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.
- ØRSKOV, E.R. und M. Ryle, 1990: *Energy nutrition in ruminants*. Elsevier Applied Science, London, 149 S.
- PARYS, C., A. MATTHÉ, P. LEBZIEN und G. FLACHOWSKY, 2000: In sacco Abbaubarkeit von Mais-Restpflanzen im Pansen von Milchkühen. Kongressband 112. VDLUFA-Kongress, Stuttgart-Hohenheim, 18.–22. September 2000, 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.
- PHILIPPEAU, C. und B. MICHALET-DOREAU, 1998: Influence of genotype and ensiling of corn grain on in situ degradation of starch in the rumen. *J. Dairy Sci.* 81, 2178–2184.
- PIONEER, 2012: Produktkatalog 2012. Informationen der Internethomepage: [http://www.mrol.ch/cms/images/mrol/pdf/pioneer\\_katalog\\_ch\\_2012\\_final\\_1seitig.pdf](http://www.mrol.ch/cms/images/mrol/pdf/pioneer_katalog_ch_2012_final_1seitig.pdf), besucht am 14.08.2013.
- SCHLAGHECK, A., N.L. ENTRUP und M. FREITAG, 2000: Auswirkungen des Abreifeverhaltens ("Stay Green"/"Dry Down") auf die in vitro Verdaulichkeit von Mais-Genotypen unter Berücksichtigung verschiedener Pflanzenfraktionen. *Landbau-forschung Völkenrode, Sonderheft* 216, 94–101.
- SCHLAGHECK, A., 2001: Untersuchungen zum Einfluss ausgewählter Faktoren auf die in vitro-Verdaulichkeit von Silomais und auf Parameter der Pansenphysiologie. *Dissertation, Georg-August-Universität, Göttingen*, 135 S.
- SCHUPPENIES, R. und O. KNABE, 1990: Beziehungen zwischen Ausreife und futterwertbestimmenden Inhaltsstoffen bei Silomais. *Tierzucht* 44, 213–215.
- 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, 1996: Zum Sorteneinfluss von Silomais auf Verdaulichkeit und Energiegehalt von Maissilage bei Rind und Schaf. *Wirtschaftseig. Futter* 42, 161–172.

- VAN SOEST, P.J., 1994: Nutritional ecology of the ruminant. 2<sup>nd</sup> Edition, Cornell University Press, 476 S.
- SPIEKERS, H. und N. MUES, 2001: Futterwert und Siliereignung von Maissilagen in Abhängigkeit vom Sortentyp – Jahre 1998 und 1999. Riswicker Ergebnisse 2/2001, LWZ Haus Riswick, 1–23.
- STATISTIK AUSTRIA, 2012a: Anbau auf dem Ackerland 2011. Informationen der Internethomepage:  
[http://www.statistik.at/web\\_de/Redirect/index.htm?dDocName=063455](http://www.statistik.at/web_de/Redirect/index.htm?dDocName=063455), besucht am 11.12.2012.
- STATISTIK AUSTRIA, 2012b: Ackerfutterflächen 2011: Feldfutterbau - Silo- und Grünmais nach Gemeinden. Informationen der Internethomepage:  
[http://www.statistik.at/web\\_de/static/ackerflaechen\\_2011\\_feldfutterbau - silo- und gruenmais nach gemeinden 031495.gif](http://www.statistik.at/web_de/static/ackerflaechen_2011_feldfutterbau_-_silo-_und_gruenmais_nach_gemeinden_031495.gif), besucht am 11.12.2012.
- SÜDEKUM, K.H., 2005: Möglichkeiten und Grenzen einer Standardisierung der in situ-Methodik zur Schätzung des ruminalen Nährstoffabbaus. Übers. Tierernährung 33, 71–86.
- SUTTON, J.D., S.B. CAMMELL, D.E. BEEVER, R.H. PHIPPS und D.J. HUMPHRIES, 1999: Effect of maize silage maturity on digestibility and energy balance of lactating cows. Proc. British Soc. Anim. Sci., 32.
- TAFERNER, K.C., 2006: Einfluss von Vegetationsstadium, Sorte, Konservierung und Standort von Silomais auf den Gehalt an Protein und Kohlenhydraten nach dem Cornell-System und auf den in situ-Abbau der Trockenmasse. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien, 85 S.
- THOMET, P., D. DUBOIS, T. RIHS und J. TROXLER, 1986: Prüfung der Verdaulichkeitsunterschiede von fünf ausgewählten Maissorten. Mitteil. schweizerische Landw. 34, 61–72.
- TJARDES, K.E., D.D. BUSKIRK, M.S. ALLEN, N.K. AMES, L.D. BOURQUIN und S.R. RUST, 2002: Neutral detergent fiber concentration of corn silage and rumen inert bulk influences dry matter intake and ruminal digesta kinetics of growing steers. J. Anim. Sci. 80, 833–840.
- TOVAR-GÓMEZ, M.R., J.C. EMILE, B. MICHALET-DOREAU und Y. BARRIÉRE, 1997: In situ degradation kinetics of maize hybrid stalks. Anim. Feed Sci. Technol. 68, 77–88.
- VDLUFA (Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten), 1976 inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997: Methodenbuch Band III – Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

- VERBIČ, J., J.M.A. STEKAR und M. RESNIK-ČEPON, 1995: Rumen degradation characteristics and fibre composition of various morphological parts of different maize hybrids and possible consequences for breeding. *Anim. Feed Sci. Technol.* 54, 133–148.
- WERMKE, M., 1985: Trockenmasse-(TM)-Ertrag, Gerüstsubstanzengehalt und Verdaulichkeit von Silomais in Abhängigkeit von Genotyp, Pflanzenalter und Standort. *Landw. Forschung* 38, 384–394.
- ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik), 2007: Jahrbuch 2007 – Wels. Informationen der Internethomepage: <http://www.zamg.ac.at/fix/klima/jb2007/index.html>, besucht am 02.04.2013.
- ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik), 2008: Jahrbuch 2008 – Wels. Informationen der Internethomepage: <http://www.zamg.ac.at/fix/klima/jb2008/index.html>, besucht am 02.04.2013.
- ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik), 2010: Jahrbuch 2010 – Wels. Informationen der Internethomepage: <http://www.zamg.ac.at/fix/klima/jb2010/index.html>, besucht am 02.04.2013.
- ZSCHEISCHLER, J., F. GROSS und L. HEPTING, 1974: Einfluss von Schnittzeit, Sorte und Standweite auf Ertrag und Futterwert von Silomais. *Bayer. Landw. Jahrbuch* 51, 611–636.
- ZELLER, F., 2009: Zum Einfluss von Genotyp und physiologischer Reife von Mais auf die chemische Zusammensetzung und ruminale Abbaubarkeit der Restpflanze. Dissertation, Technische Universität München, München-Weihenstephan, 179 S.
- ZSCHEISCHLER, J., M.C. ESTLER, W. STAUDACHER, F. GROSS, G. BURGSTALLER, H. STREYL und T. RECHMANN, 1990: *Handbuch Mais*. 4., vollkommen überarbeitete Auflage, DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main, 320 S.

## 8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verbreitung des Silomais-Anbaus in Österreich (STATISTIK AUSTRIA 2012b) .....	6
Abbildung 2: Vorbereiteter Nylon bag mit Öse und Beschriftung .....	31
Abbildung 3: Deckel der Pansenfistel mit Schnur, Eisenring und inkubierten Säckchen .....	33
Abbildung 4: Pansenfistel an einem im Versuch verwendeten Ochsen .....	34
Abbildung 5: Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf die ruminale Abbaukinetik der Restpflanze .....	43
Abbildung 6: Einfluss des Erntezeitpunktes auf die ruminale Abbaukinetik der Restpflanze verschiedener Silomais-Sorten .....	47
Abbildung 7: Einfluss des Erntezeitpunktes auf die Abbauparameter a, b und c der Restpflanze verschiedener Silomais-Sorten .....	48
Abbildung 8: Einfluss des Erntezeitpunktes auf die Abbauparameter (a + b), ED 2 und ED 8 der Restpflanze verschiedener Silomais-Sorten.....	49
Abbildung 9: Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf die ruminale Abbaukinetik des Kolbens.....	56
Abbildung 10: Einfluss des Erntezeitpunktes auf die ruminale Abbaukinetik des Kolbens verschiedener Silomais-Sorten .....	60
Abbildung 11: Einfluss des Erntezeitpunktes auf die Abbauparameter a, b und c des Kolbens verschiedener Silomais-Sorten .....	61
Abbildung 12: Einfluss des Erntezeitpunktes auf die Abbauparameter (a + b), ED 2 und ED 8 des Kolbens verschiedener Silomais-Sorten .....	62
Abbildung 13: Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf die ruminale Abbaukinetik der Gesamtpflanze .....	70
Abbildung 14: Einfluss des Erntezeitpunktes auf die ruminale Abbaukinetik der Gesamtpflanze verschiedener Silomais-Sorten .....	73
Abbildung 15: Einfluss des Erntezeitpunktes auf die Abbauparameter a, b und c der Gesamtpflanze verschiedener Silomais-Sorten.....	74
Abbildung 16: Einfluss des Erntezeitpunktes auf die Abbauparameter (a + b), ED 2 und ED 8 der Gesamtpflanze verschiedener Silomais-Sorten .....	75
Abbildung 17: Einfluss des Jahres auf die ruminale Abbaukinetik der Restpflanze verschiedener Silomais-Sorten .....	99

Abbildung 18: Erntezeitpunkt × Jahr-Wechselwirkungen hinsichtlich der ruminalen Abbaukinetik der Restpflanze .....	101
Abbildung 19: Einfluss des Jahres auf die ruminale Abbaukinetik des Kolbens verschiedener Silomais-Sorten .....	106
Abbildung 20: Erntezeitpunkt × Jahr-Wechselwirkungen hinsichtlich der ruminalen Abbaukinetik des Kolbens.....	108
Abbildung 21: Einfluss des Jahres auf die ruminale Abbaukinetik der Gesamtpflanze verschiedener Silomais-Sorten.....	113
Abbildung 22: Erntezeitpunkt × Jahr-Wechselwirkungen hinsichtlich der ruminalen Abbaukinetik der Gesamtpflanze .....	115

## 9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Durchschnittliche Nährstoffgehalte von silierten Restpflanzen, Kolben und Gesamtpflanzen (TM in g/kg FM und XP ... NFC in g/kg TM).....	11
Tabelle 2:	Überblick über Reifegruppe und Reifezahl der im Versuch verwendeten Sorten (PIONEER 2012, AGES 2012).....	26
Tabelle 3:	Jahresmitteltemperatur und Jahresniederschlagsmenge im Anbauggebiet in den Jahren 2007, 2008 und 2010 (ZAMG 2007, ZAMG 2008, ZAMG 2010).....	28
Tabelle 4:	Erntetermine und TM-Gehalte der Kolben zu den drei Erntezeitpunkten (VOR, HAUPT, NACH) im Jahr 2010.....	29
Tabelle 5:	Inkubationsstufen und Einwaage-Mengen für Restpflanze und Kolben.....	32
Tabelle 6:	Tagesration eines im Versuch stehenden Tieres.....	35
Tabelle 7:	Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf Restpflanzenanteil, TM-Gehalt und Gehalt an Inhaltsstoffen in der Restpflanze.....	38
Tabelle 8:	Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf die ruminale TM-Abbaubarkeit (%) der Restpflanze bei verschiedenen Inkubationszeiten.....	41
Tabelle 9:	Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf die Abbauparameter (a, b, c, lag, (a + b)) und die effektive Abbaubarkeit (ED 2, ED 5, ED 8) der Restpflanze.....	42
Tabelle 10:	Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf Kolbenanteil, TM-Gehalt und Gehalt an Inhaltsstoffen im Kolben.....	51
Tabelle 11:	Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf die ruminale TM-Abbaubarkeit (%) des Kolbens bei verschiedenen Inkubationszeiten.....	54
Tabelle 12:	Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf die Abbauparameter (a, b, c, lag, (a + b)) und die effektive Abbaubarkeit (ED 2, ED 5, ED 8) des Kolbens.....	55
Tabelle 13:	Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf TM-Gehalt und Gehalt an Inhaltsstoffen in der Gesamtpflanze.....	65
Tabelle 14:	Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf die ruminale TM-Abbaubarkeit (%) der Gesamtpflanze bei verschiedenen Inkubationszeiten.....	68

Tabelle 15:	Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf die Abbauparameter (a, b, c, lag, (a + b)) und die effektive Abbaubarkeit (ED 2, ED 5, ED 8) der Gesamtpflanze.....	69
Tabelle 16:	Sorte × Erntezeitpunkt-Wechselwirkungen für die Inhaltsstoffe der Restpflanze.....	95
Tabelle 17:	Sorte × Jahr-Wechselwirkungen für die Inhaltsstoffe der Restpflanze .....	96
Tabelle 18:	Erntezeitpunkt × Jahr-Wechselwirkungen für die Inhaltsstoffe der Restpflanze.....	96
Tabelle 19:	Sorte × Erntezeitpunkt-Wechselwirkungen für die ruminale Abbaubarkeit zu den verschiedenen Zeitstufen sowie für die Abbauparameter der Restpflanze.....	97
Tabelle 20:	Sorte × Jahr-Wechselwirkungen für die ruminale Abbaubarkeit zu den verschiedenen Zeitstufen sowie für die Abbauparameter der Restpflanze.....	98
Tabelle 21:	Erntezeitpunkt × Jahr-Wechselwirkungen für die ruminale Abbaubarkeit zu den verschiedenen Zeitstufen sowie für die Abbauparameter der Restpflanze.....	100
Tabelle 22:	Sorte × Erntezeitpunkt-Wechselwirkungen für die Inhaltsstoffe des Kolbens.....	102
Tabelle 23:	Sorte × Jahr-Wechselwirkungen für die Inhaltsstoffe des Kolbens .....	103
Tabelle 24:	Erntezeitpunkt × Jahr-Wechselwirkungen für die Inhaltsstoffe des Kolbens.....	103
Tabelle 25:	Sorte × Erntezeitpunkt-Wechselwirkungen für die ruminale Abbaubarkeit zu den verschiedenen Zeitstufen sowie für die Abbauparameter des Kolbens .....	104
Tabelle 26:	Sorte × Jahr-Wechselwirkungen für die ruminale Abbaubarkeit zu den verschiedenen Zeitstufen sowie für die Abbauparameter des Kolbens.....	105
Tabelle 27:	Erntezeitpunkt × Jahr-Wechselwirkungen für die ruminale Abbaubarkeit zu den verschiedenen Zeitstufen sowie für die Abbauparameter des Kolbens .....	107
Tabelle 28:	Sorte × Erntezeitpunkt-Wechselwirkungen für die Inhaltsstoffe der Gesamtpflanze .....	109
Tabelle 29:	Sorte × Jahr-Wechselwirkungen für die Inhaltsstoffe der Gesamtpflanze .....	110

Tabelle 30:	Erntezeitpunkt × Jahr-Wechselwirkungen für die Inhaltsstoffe der Gesamtpflanze .....	110
Tabelle 31:	Sorte × Erntezeitpunkt-Wechselwirkungen für die ruminale Abbaubarkeit zu den verschiedenen Zeitstufen sowie für die Abbauparameter der Gesamtpflanze .....	111
Tabelle 32:	Sorte × Jahr-Wechselwirkungen für die ruminale Abbaubarkeit zu den verschiedenen Zeitstufen sowie für die Abbauparameter der Gesamtpflanze .....	112
Tabelle 33:	Erntezeitpunkt × Jahr-Wechselwirkungen für die ruminale Abbaubarkeit zu den verschiedenen Zeitstufen sowie für die Abbauparameter der Gesamtpflanze .....	114

## 10 Anhang

**Tabelle 16:** Sorte × Erntezeitpunkt-Wechselwirkungen für die Inhaltsstoffe der Restpflanze

Wechselwirkung	Restpfl.-anteil (%)	TM g/kg FM	XP	XL	XF	XX	OM	XA	NDF	ADF	ADL	NFC
			g/kg TM									
NUESTRO×VOR	48,4	188	63	18	367	482	930	70	632	402	39	217
NUESTRO×HAUPT	48,6	180	62	16	379	469	926	74	665	423	47	183
NUESTRO×NACH	42,3	214	63	18	356	495	932	68	630	398	44	222
NK FALKONE×VOR	46,0	186	65	18	376	472	931	69	648	429	51	200
NK FALKONE×HAUPT	44,9	202	58	15	372	486	931	69	645	416	52	213
NK FALKONE×NACH	41,8	246	56	14	388	473	931	69	675	434	52	186
BEATLE×VOR	50,1	169	66	17	389	459	931	69	664	429	56	184
BEATLE×HAUPT	48,8	182	64	16	384	465	930	70	655	428	51	195
BEATLE×NACH	48,1	207	59	15	394	462	930	70	680	444	52	176
ROBERTO×VOR	49,3	173	66	19	360	483	928	72	619	396	41	224
ROBERTO×HAUPT	50,5	188	55	15	404	450	925	75	689	451	47	165
ROBERTO×NACH	44,4	222	49	12	402	465	928	72	699	452	48	168
PR39T45×VOR	47,7	184	59	14	418	440	932	68	698	456	54	161
PR39T45×HAUPT	44,3	201	62	14	382	469	927	73	661	420	47	190
PR39T45×NACH	43,1	241	56	14	399	463	931	69	704	450	54	157
RONALDINIO×VOR	48,3	197	63	15	406	447	932	68	672	437	46	182
RONALDINIO×HAUPT	45,8	201	58	15	391	466	930	70	673	430	47	184
RONALDINIO×NACH	45,7	238	55	13	380	486	935	65	667	424	45	200
DK315×VOR	46,9	167	67	17	379	468	931	69	651	421	47	196
DK315×HAUPT	48,5	182	58	15	381	481	935	65	656	419	46	206
DK315×NACH	44,3	201	58	14	391	470	933	67	677	430	45	184
PR39F58×VOR	47,5	190	65	15	387	462	929	71	667	430	47	182
PR39F58×HAUPT	45,7	188	59	14	396	460	930	70	688	449	50	169
PR39F58×NACH	44,1	219	58	13	400	455	927	73	677	429	49	178
FRIEDRIX×VOR	50,2	165	66	16	388	459	930	70	651	426	49	196
FRIEDRIX×HAUPT	47,3	187	59	16	382	476	933	67	666	430	46	193
FRIEDRIX×NACH	44,0	218	62	15	382	469	929	71	650	413	48	201
<b>p-Wert</b>	0,57	0,59	0,12	0,49	0,37	0,61	0,64	0,64	0,26	0,27	0,62	0,44

**Tabelle 17:** Sorte × Jahr-Wechselwirkungen für die Inhaltsstoffe der Restpflanze

Wechselwirkung	Restpfl.-anteil (%)	TM g/kg FM	XP	XL	XF	XX	OM	XA	NDF	ADF	ADL	NFC
			g/kg TM									
NUESTRO×2007	48,7	181	68	15	379	466	928	72	659	426	49	186
NUESTRO×2008	42,0	213	57	19	345	512	932	68	626	387	41	231
NUESTRO×2010	48,6	188	63	18	379	468	928	72	642	410	41	205
NK FALKONE×2007	47,0	177	69	14	390	456	930	70	667	444	63	179
NK FALKONE×2008	39,7	244	50	15	384	480	929	71	683	439	48	182
NK FALKONE×2010	45,9	212	60	18	362	495	934	66	619	396	44	238
BEATLE×2007	49,4	168	70	16	394	451	930	70	668	440	60	176
BEATLE×2008	46,2	195	57	17	379	474	927	73	673	434	52	180
BEATLE×2010	51,3	196	61	15	395	462	933	67	657	427	47	200
ROBERTO×2007	50,5	175	65	15	404	445	928	72	690	452	43	158
ROBERTO×2008	44,5	202	55	19	352	500	926	74	635	392	41	218
ROBERTO×2010	49,1	207	51	13	410	454	927	73	682	455	51	181
PR39T45×2007	48,1	185	72	16	383	457	928	72	670	426	48	170
PR39T45×2008	43,0	210	54	14	399	462	929	71	700	441	52	161
PR39T45×2010	44,0	230	52	12	416	453	933	67	693	458	55	176
RONALDINIO×2007	48,5	196	73	16	386	457	932	68	658	417	41	185
RONALDINIO×2008	44,2	225	49	15	383	486	933	67	669	426	47	200
RONALDINIO×2010	47,1	215	55	12	408	457	932	68	685	448	51	180
DK315×2007	50,5	150	76	16	384	461	936	64	653	420	42	192
DK315×2008	43,4	198	51	17	373	488	929	71	666	416	45	195
DK315×2010	45,8	201	56	13	395	470	934	66	665	434	51	200
PR39F58×2007	48,0	178	71	14	388	458	931	69	663	427	47	183
PR39F58×2008	41,3	215	52	16	383	472	924	76	679	430	48	176
PR39F58×2010	48,0	205	59	12	413	447	931	69	689	450	50	170
FRIEDRIX×2007	53,8	164	77	16	386	455	935	65	632	410	45	209
FRIEDRIX×2008	44,8	198	52	18	364	493	927	73	653	411	47	203
FRIEDRIX×2010	42,9	208	57	13	403	456	930	70	681	448	51	178
<b>p-Wert</b>	0,03	0,07	0,01	0,01	0,30	0,67	0,23	0,23	0,14	0,05	0,00	0,28

**Tabelle 18:** Erntezeitpunkt × Jahr-Wechselwirkungen für die Inhaltsstoffe der Restpflanze

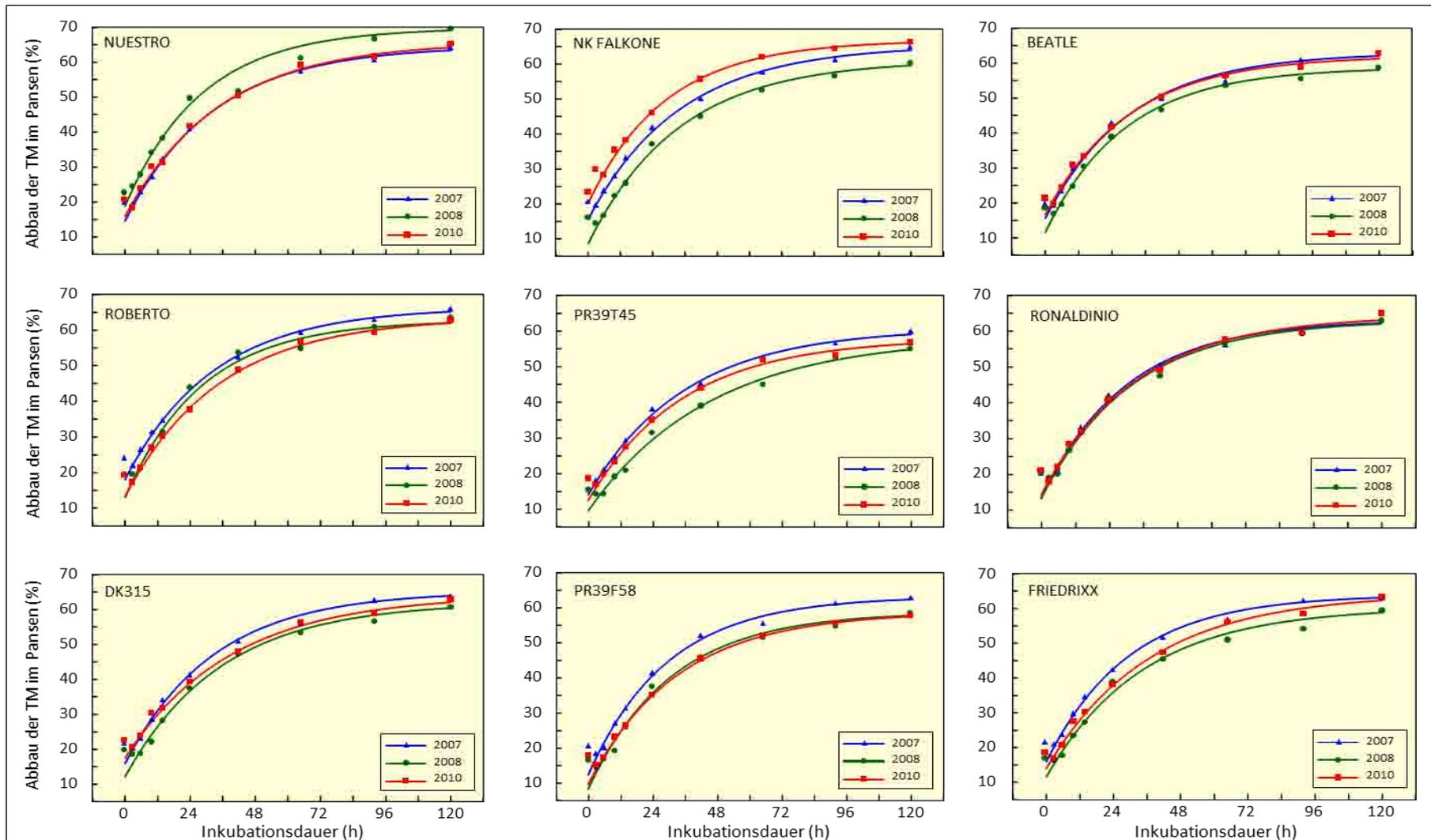
Wechselwirkung	Restpfl.-anteil (%)	TM g/kg FM	XP	XL	XF	XX	OM	XA	NDF	ADF	ADL	NFC
			g/kg TM									
VOR×2007	52,2	176	74	16	387	455	932	68	663	428	47	178
VOR×2008	41,5	201	54	16	379	481	930	70	658	424	47	201
VOR×2010	51,1	162	66	17	392	455	930	70	646	424	49	201
HAUPT×2007	50,5	171	71	15	378	466	931	69	647	419	49	197
HAUPT×2008	44,0	212	54	17	376	480	926	74	678	427	46	178
HAUPT×2010	47,0	188	54	14	403	462	932	68	674	442	49	190
NACH×2007	45,5	177	68	14	399	448	930	70	677	441	49	171
NACH×2008	44,3	220	51	17	366	495	930	70	659	407	47	202
NACH×2010	42,8	271	52	11	399	470	932	68	685	442	49	184
<b>p-Wert</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,21	0,13	0,13	0,05	0,05	0,95	0,09

**Tabelle 19:** Sorte × Erntezeitpunkt-Wechselwirkungen für die ruminale Abbaubarkeit zu den verschiedenen Zeitstufen sowie für die Abbauparameter der Restpflanze

Wechsel- wirkung	ruminale Abbaubarkeit (%)										Abbauparameter							
	Inkubationszeit (h)										a	b	c	lag	(a+b)	ED 2	ED 5	ED 8
	0	3	6	10	14	24	42	65	96	120	%	%	h <sup>-1</sup>	h	%	%	%	%
NUESTRO×VOR	21,7	21,1	23,7	28,9	33,3	42,1	50,7	58,0	62,4	66,8	17,1	50,6	0,027	3,54	67,7	44,0	31,8	26,6
NUESTRO×HAUPT	21,0	20,6	25,3	30,7	33,8	43,6	51,4	57,9	62,1	64,5	16,7	48,0	0,032	2,96	64,7	44,5	32,8	27,5
NUESTRO×NACH	20,3	20,4	25,4	31,9	34,7	46,3	51,3	61,5	64,1	67,3	16,0	52,0	0,036	2,75	68,1	47,4	34,9	29,0
NK FALKONE×VOR	20,9	21,7	24,4	29,5	34,4	42,5	52,2	59,7	62,6	66,2	16,8	50,4	0,030	3,06	67,3	44,9	32,8	27,5
NK FALKONE×HAUPT	21,9	21,9	25,9	32,3	36,6	45,5	53,3	59,0	62,9	65,3	17,3	47,4	0,036	2,91	64,7	45,9	34,4	29,0
NK FALKONE×NACH	17,1	20,0	18,3	23,8	26,1	37,1	45,0	53,4	56,5	59,9	10,6	50,8	0,028	4,72	61,4	37,6	25,1	19,7
BEATLE×VOR	19,3	18,3	20,5	28,4	33,3	41,2	49,3	54,7	59,4	62,0	13,8	47,7	0,034	3,69	61,5	41,7	30,0	24,5
BEATLE×HAUPT	21,2	20,4	24,9	30,6	34,0	43,6	50,6	57,2	59,5	63,7	16,4	46,8	0,035	3,02	63,1	44,3	32,9	27,5
BEATLE×NACH	19,1	17,6	22,0	26,5	29,9	38,7	47,1	52,8	56,3	59,1	14,2	45,3	0,031	3,64	59,5	39,8	28,7	23,8
ROBERTO×VOR	24,4	22,9	27,9	33,0	34,7	45,6	53,9	60,6	64,0	67,5	19,2	48,2	0,031	3,65	67,4	46,5	34,7	29,4
ROBERTO×HAUPT	20,3	18,9	22,9	29,3	34,2	42,1	52,3	56,9	61,5	64,3	14,7	49,7	0,033	3,66	64,4	43,4	31,2	25,6
ROBERTO×NACH	18,1	16,7	18,3	23,0	27,1	37,9	48,6	53,4	57,5	60,4	10,5	50,6	0,030	5,33	61,1	37,9	25,1	19,6
PR39T45×VOR	17,7	16,2	18,3	22,5	26,5	35,4	43,0	50,9	53,3	58,2	12,0	48,3	0,027	4,96	60,3	36,3	24,8	20,0
PR39T45×HAUPT	18,5	17,5	20,3	24,1	27,7	36,2	43,4	50,1	55,3	57,5	14,0	44,8	0,026	4,23	58,8	37,3	26,5	21,9
PR39T45×NACH	16,4	14,9	16,1	19,9	23,2	32,7	41,5	48,2	53,4	55,7	10,2	47,6	0,025	5,60	57,8	33,9	22,3	17,5
RONALDINIO×VOR	20,0	17,8	20,5	27,2	30,5	39,9	49,1	56,8	59,9	65,4	13,5	52,1	0,028	4,85	65,6	41,1	28,3	22,8
RONALDINIO×HAUPT	21,2	19,3	21,3	28,6	34,1	43,8	49,9	58,5	60,0	62,7	13,2	49,3	0,038	4,77	62,5	42,4	29,9	24,0
RONALDINIO×NACH	20,2	18,5	20,7	26,1	31,8	39,6	47,8	54,8	59,3	62,8	14,0	48,8	0,029	4,55	62,8	40,5	28,4	23,1
DK315×VOR	21,3	19,7	21,4	27,0	30,5	39,4	49,1	55,6	59,2	63,1	15,1	48,9	0,028	5,00	64,0	40,8	28,7	23,6
DK315×HAUPT	24,8	22,5	25,3	31,3	35,7	42,6	50,8	56,5	60,5	62,0	18,2	44,9	0,033	4,57	63,1	43,4	32,2	27,2
DK315×NACH	17,4	17,0	18,5	22,5	27,4	35,4	45,8	53,2	57,7	61,7	12,6	51,7	0,024	4,24	64,3	38,3	26,1	21,1
PR39F58×VOR	17,8	16,0	16,8	23,6	27,3	37,7	48,9	53,3	58,5	62,6	9,6	53,3	0,030	5,64	62,9	38,2	24,7	18,9
PR39F58×HAUPT	18,5	15,4	19,1	24,1	29,2	39,2	47,3	53,5	56,8	57,4	9,7	48,6	0,037	5,30	58,3	38,2	25,7	20,0
PR39F58×NACH	18,5	16,9	17,9	21,2	26,9	36,9	46,8	52,2	56,3	58,8	10,7	49,1	0,030	5,68	59,8	36,9	24,5	19,2
FRIEDRIX×VOR	18,9	17,5	21,0	27,9	30,1	39,1	48,0	54,2	58,0	61,6	14,4	47,6	0,029	3,44	62,0	40,8	29,2	24,1
FRIEDRIX×HAUPT	20,9	20,3	23,3	29,7	34,8	43,4	50,1	56,4	59,1	63,4	15,6	48,1	0,035	3,10	63,7	43,7	32,0	26,6
FRIEDRIX×NACH	16,9	16,3	17,5	22,9	27,0	36,7	46,2	53,0	57,6	61,0	11,4	51,7	0,026	4,31	63,2	38,3	25,7	20,5
<b>p-Wert</b>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,496	0,205	0,085	0,868	0,415	0,338	0,384	0,430

**Tabelle 20:** Sorte × Jahr-Wechselwirkungen für die ruminale Abbaubarkeit zu den verschiedenen Zeitstufen sowie für die Abbauparameter der Restpflanze

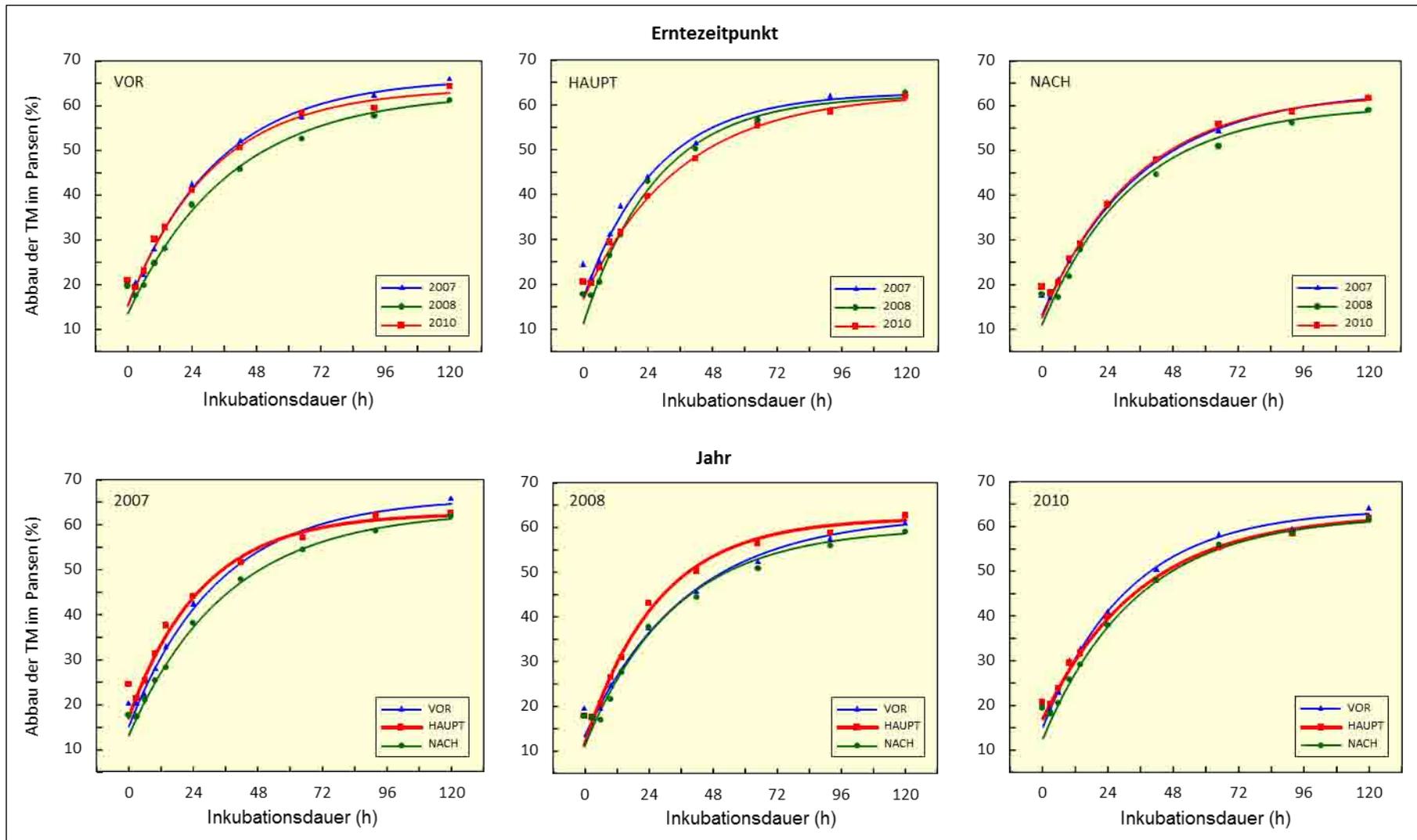
Wechsel- wirkung	ruminale Abbaubarkeit (%)										Abbauparameter							
	Inkubationszeit (h)										a	b	c	lag	(a+b)	ED 2	ED 5	ED 8
	0	3	6	10	14	24	42	65	96	120	%	%	h <sup>-1</sup>	h	%	%	%	%
NUESTRO×2007	19,8	19,5	22,8	27,2	32,4	40,8	51,3	57,3	60,7	64,3	14,8	50,0	0,031	3,48	64,7	42,8	30,6	25,2
NUESTRO×2008	22,6	24,2	27,7	34,1	38,2	49,5	51,7	61,0	66,6	69,4	19,0	50,8	0,035	2,44	69,8	49,4	37,4	31,8
NUESTRO×2010	20,5	18,3	23,8	30,1	31,2	41,6	50,3	59,1	61,4	65,0	16,0	49,9	0,029	3,32	65,9	43,6	31,5	26,2
NK FALKONEX×2007	20,7	19,4	23,7	28,1	33,2	41,9	49,9	57,6	61,2	64,9	15,6	49,8	0,029	3,66	65,4	43,1	31,0	25,6
NK FALKONEX×2008	16,0	14,3	16,6	22,2	25,9	37,1	45,0	52,5	56,5	60,3	8,8	52,4	0,030	5,16	61,2	36,8	23,8	18,2
NK FALKONEX×2010	23,3	29,9	28,3	35,3	38,1	46,0	55,5	62,0	64,3	66,3	20,4	46,4	0,035	1,87	66,8	48,5	37,5	32,4
BEATLE×2007	19,7	19,5	23,4	29,9	33,4	42,9	50,0	54,9	61,1	63,2	15,7	47,4	0,033	2,55	63,1	43,5	32,1	26,8
BEATLE×2008	18,5	16,8	19,5	24,7	30,4	38,9	46,6	53,6	55,4	58,8	11,8	47,1	0,035	4,65	58,9	39,1	27,3	21,9
BEATLE×2010	21,3	20,0	24,4	30,8	33,4	41,7	50,3	56,3	58,7	62,8	16,8	45,3	0,033	3,15	62,1	43,2	32,2	27,1
ROBERTO×2007	24,1	21,9	26,5	31,4	34,7	44,1	52,6	59,4	63,0	65,9	18,1	48,3	0,031	4,31	66,4	44,9	33,0	27,6
ROBERTO×2008	19,5	19,4	21,2	27,2	31,2	43,8	53,5	54,9	60,8	63,3	12,9	49,8	0,035	4,16	62,7	42,2	29,8	24,0
ROBERTO×2010	19,1	17,2	21,3	26,7	30,1	37,6	48,7	56,6	59,2	62,9	13,4	50,4	0,029	4,17	63,8	40,6	28,2	22,9
PR39T45×2007	18,8	17,9	20,9	24,4	29,3	38,0	45,3	52,6	56,5	59,8	14,0	46,8	0,028	3,87	60,8	39,1	27,7	22,8
PR39T45×2008	15,3	14,1	14,0	19,0	20,8	31,4	38,9	44,9	52,6	55,0	9,6	48,6	0,022	6,04	58,2	31,9	20,4	16,0
PR39T45×2010	18,5	16,7	19,7	23,2	27,3	35,0	43,8	51,8	53,0	56,7	12,6	45,3	0,028	4,88	57,9	36,6	25,4	20,6
RONALDINIO×2007	20,3	18,9	20,8	27,0	32,9	41,4	50,5	56,1	60,3	63,1	13,4	49,9	0,033	4,38	63,3	41,7	29,2	23,6
RONALDINIO×2008	20,3	18,8	19,8	26,6	31,9	41,2	47,3	56,3	59,4	62,9	13,2	50,0	0,032	5,01	63,2	40,7	28,3	22,8
RONALDINIO×2010	20,9	17,9	21,8	28,3	31,7	40,7	49,0	57,6	59,4	64,9	14,1	50,3	0,030	4,77	64,4	41,6	29,0	23,5
DK315×2007	21,6	20,2	22,9	28,5	34,0	41,2	50,8	56,1	62,4	63,7	16,0	49,1	0,031	3,96	65,2	43,0	31,0	25,7
DK315×2008	19,6	18,5	18,5	22,0	28,0	37,2	47,1	53,2	56,3	60,5	12,2	49,8	0,028	5,83	62,0	37,8	25,5	20,3
DK315×2010	22,3	20,5	23,8	30,2	31,5	39,0	47,8	56,0	58,6	62,7	17,6	46,6	0,026	4,03	64,2	41,8	30,5	25,8
PR39F58×2007	20,6	18,3	20,0	26,9	31,3	41,3	52,0	55,6	61,3	62,9	12,2	51,2	0,034	5,11	63,4	41,2	28,1	22,3
PR39F58×2008	16,5	14,9	16,6	19,0	25,9	37,4	45,6	51,5	54,9	58,3	8,3	50,5	0,033	5,62	58,8	36,0	23,3	17,7
PR39F58×2010	17,7	15,0	17,2	23,0	26,2	35,1	45,4	51,9	55,5	57,7	9,6	49,3	0,030	5,89	58,8	36,0	23,5	18,1
FRIEDRIX×2007	21,3	20,9	23,5	29,7	34,7	42,4	51,7	56,8	62,2	63,3	16,0	48,2	0,034	3,47	64,1	43,8	32,0	26,6
FRIEDRIX×2008	16,9	16,6	17,6	23,3	27,1	38,7	45,2	50,9	54,2	59,4	11,5	49,0	0,029	4,08	60,4	38,0	26,1	21,0
FRIEDRIX×2010	18,4	16,6	20,6	27,4	30,1	38,0	47,3	55,9	58,4	63,3	14,0	50,3	0,027	3,30	64,3	40,9	28,8	23,7
<b>p-Wert</b>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,163	0,739	0,059	0,309	0,253	0,021	0,029	0,042



**Abbildung 17:** Einfluss des Jahres auf die ruminale Abbaukinetik der Restpflanze verschiedener Silomais-Sorten

**Tabelle 21:** Erntezeitpunkt × Jahr-Wechselwirkungen für die ruminale Abbaubarkeit zu den verschiedenen Zeitstufen sowie für die Abbauparameter der Restpflanze

Wechsel- wirkung	ruminale Abbaubarkeit (%)										Abbauparameter							
	Inkubationszeit (h)										a	b	c	lag	(a+b)	ED 2	ED 5	ED 8
	0	3	6	10	14	24	42	65	96	120	%	%	h <sup>-1</sup>	h	%	%	%	%
VOR×2007	20,3	20,3	22,2	27,9	33,0	42,4	52,0	57,4	62,3	65,9	15,1	51,0	0,030	3,56	66,2	43,6	31,1	25,6
VOR×2008	19,6	17,5	19,7	24,7	27,9	37,6	45,7	52,4	57,5	61,1	13,4	49,5	0,026	5,26	62,9	38,3	26,3	21,4
VOR×2010	20,7	19,2	22,9	30,0	32,6	40,9	50,3	58,1	59,3	64,1	15,3	48,6	0,032	3,79	63,9	42,8	30,9	25,5
HAUPT×2007	24,5	21,4	25,1	31,2	37,5	44,1	51,5	57,1	62,1	62,5	17,0	45,7	0,037	4,76	62,7	43,9	32,2	26,8
HAUPT×2008	17,7	17,6	20,5	26,4	30,9	43,0	50,2	56,4	58,8	62,6	11,3	50,9	0,037	3,77	62,2	41,8	29,2	23,3
HAUPT×2010	20,5	20,1	23,7	29,3	31,6	39,6	47,9	55,2	58,4	61,8	16,9	45,9	0,028	2,98	62,8	42,0	31,1	26,3
NACH×2007	17,5	17,2	20,9	25,3	28,1	38,2	47,8	54,3	58,5	61,9	13,2	50,1	0,027	3,28	63,3	40,3	28,2	23,0
NACH×2008	17,7	17,5	17,0	21,6	27,6	37,8	44,4	50,8	55,9	58,9	11,0	49,0	0,030	5,30	60,0	37,2	25,1	19,9
NACH×2010	19,4	18,1	20,3	25,7	29,0	37,8	47,8	55,7	58,4	61,4	12,6	50,1	0,029	5,03	62,7	39,4	26,9	21,6
<b>p-Wert</b>	<0,001	<0,001	0,172	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,304	0,002	<0,001	0,001	0,456	0,416	0,817	0,915



**Abbildung 18:** Erntezeitpunkt × Jahr-Wechselwirkungen hinsichtlich der ruminalen Abbaukinetik der Restpflanze

**Tabelle 22:** Sorte × Erntezeitpunkt-Wechselwirkungen für die Inhaltsstoffe des Kolbens

Wechselwirkung	Kolbenanteil (%)	TM g/kg FM	XP	XL	XF	XX	OM	XA	NDF	ADF	ADL	NFC
			g/kg TM									
NUESTRO×VOR	51,6	527	87	45	75	775	982	18	181	90	16	669
NUESTRO×HAUPT	51,5	551	88	48	67	781	983	17	173	78	12	675
NUESTRO×NACH	57,7	587	87	45	56	798	985	15	161	72	13	692
NK FALKONE×VOR	54,0	519	81	44	70	788	984	16	184	83	13	675
NK FALKONE×HAUPT	55,1	539	79	42	62	802	985	15	168	75	15	696
NK FALKONE×NACH	58,2	594	83	40	58	804	985	15	172	73	14	689
BEATLE×VOR	49,9	489	81	44	76	784	985	15	193	89	17	667
BEATLE×HAUPT	51,2	514	82	46	66	791	985	15	164	73	12	693
BEATLE×NACH	51,9	559	83	43	60	800	986	14	167	74	12	694
ROBERTO×VOR	50,7	473	86	41	72	785	985	15	177	84	12	680
ROBERTO×HAUPT	49,5	501	85	43	55	802	986	14	157	66	12	700
ROBERTO×NACH	55,6	534	87	42	61	796	985	15	166	72	19	690
PR39T45×VOR	52,3	516	77	46	61	800	985	15	159	72	10	702
PR39T45×HAUPT	55,7	532	79	46	59	801	986	14	167	71	10	694
PR39T45×NACH	56,9	575	77	44	63	802	986	14	178	78	21	687
RONALDINIO×VOR	51,7	504	85	46	82	773	984	16	211	102	32	644
RONALDINIO×HAUPT	54,2	525	80	44	50	811	986	14	143	62	9	718
RONALDINIO×NACH	54,3	568	87	44	65	789	985	15	183	77	13	671
DK315×VOR	53,1	455	79	39	73	795	985	15	192	95	13	676
DK315×HAUPT	51,5	488	78	40	61	805	985	15	172	72	13	694
DK315×NACH	55,7	529	79	38	58	811	985	15	160	68	9	709
PR39F58×VOR	52,5	488	79	41	61	803	984	16	164	73	11	700
PR39F58×HAUPT	54,3	525	81	41	56	807	986	15	154	66	10	709
PR39F58×NACH	55,9	552	81	44	59	800	985	15	180	71	9	679
FRIEDRIX×VOR	49,8	472	84	44	70	786	984	16	181	82	14	676
FRIEDRIX×HAUPT	52,7	521	80	41	57	807	985	15	170	72	15	695
FRIEDRIX×NACH	56,0	554	80	40	56	810	985	15	161	68	13	705
<b>p-Wert</b>	0,57	0,75	0,45	0,12	0,72	0,58	0,99	0,99	0,63	0,62	0,47	0,59

**Tabelle 23:** Sorte × Jahr-Wechselwirkungen für die Inhaltsstoffe des Kolbens

Wechselwirkung	Kolbenanteil (%)	TM g/kg FM	XP	XL	XF	XX	OM	XA	NDF	ADF	ADL	NFC
			g/kg TM									
NUESTRO×2007	51,4	508	88	45	77	772	982	18	197	97	25	653
NUESTRO×2008	58,0	602	85	51	50	800	986	14	156	62	7	694
NUESTRO×2010	51,4	555	89	42	70	781	982	18	162	81	9	689
NK FALKONE×2007	53,0	509	85	42	75	782	983	17	196	90	21	660
NK FALKONE×2008	60,3	592	78	45	52	811	986	14	165	64	7	698
NK FALKONE×2010	54,1	550	81	38	64	801	985	15	163	77	13	702
BEATLE×2007	50,6	489	88	42	88	765	983	17	222	105	23	631
BEATLE×2008	53,8	546	79	50	50	807	987	13	148	57	7	709
BEATLE×2010	48,7	527	79	40	64	802	986	14	153	74	11	713
ROBERTO×2007	49,5	452	87	39	77	780	983	17	196	89	27	660
ROBERTO×2008	55,5	534	86	49	55	797	987	13	158	67	8	694
ROBERTO×2010	50,9	522	85	38	57	807	986	14	147	67	8	717
PR39T45×2007	51,9	514	82	46	81	773	983	17	215	101	26	640
PR39T45×2008	57,0	562	75	49	49	815	988	12	140	56	6	724
PR39T45×2010	56,0	547	76	41	54	815	986	14	149	63	8	720
RONALDINIO×2007	51,5	491	83	41	77	783	983	17	203	98	36	656
RONALDINIO×2008	55,8	566	83	51	54	798	986	14	163	64	8	689
RONALDINIO×2010	52,9	539	86	42	66	792	986	14	170	78	10	688
DK315×2007	49,5	437	85	40	87	770	982	18	236	110	20	621
DK315×2008	56,6	515	74	43	49	820	986	14	139	59	7	730
DK315×2010	54,2	520	75	35	55	821	986	14	148	67	8	728
PR39F58×2007	52,0	478	86	41	69	786	982	18	211	89	17	644
PR39F58×2008	58,7	550	78	46	55	807	986	14	152	60	6	711
PR39F58×2010	52,1	536	78	39	52	817	986	14	136	60	8	733
FRIEDRIX×2007	46,2	451	88	38	86	770	982	18	229	104	25	626
FRIEDRIX×2008	55,2	548	80	45	46	815	986	14	133	52	7	727
FRIEDRIX×2010	57,1	547	75	40	52	819	987	13	149	67	10	722
<b>p-Wert</b>	0,03	0,00	0,00	0,02	0,52	0,22	0,51	0,51	0,53	0,63	0,98	0,34

**Tabelle 24:** Erntezeitpunkt × Jahr-Wechselwirkungen für die Inhaltsstoffe des Kolbens

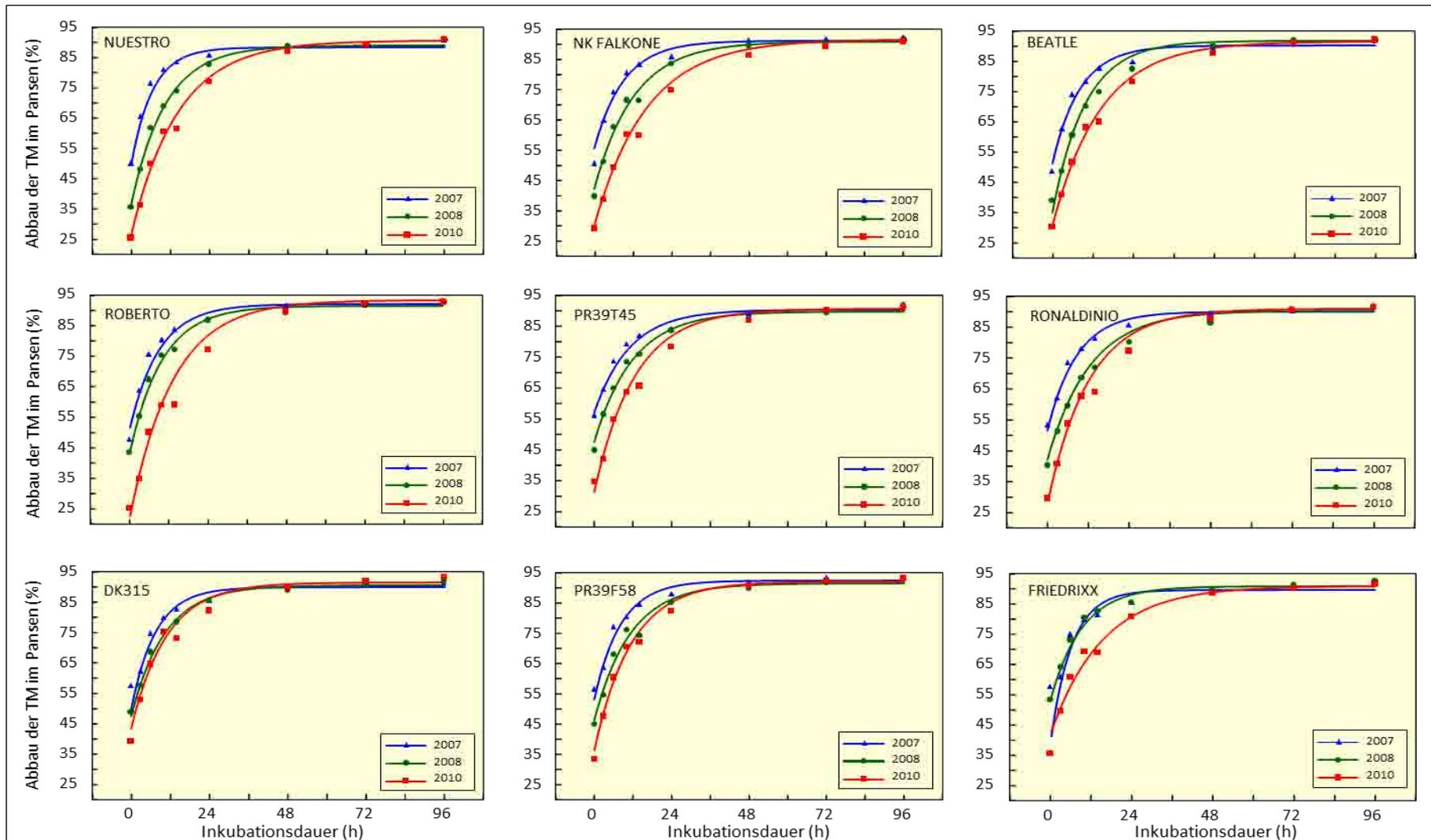
Wechselwirkung	Kolbenanteil (%)	TM g/kg FM	XP	XL	XF	XX	OM	XA	NDF	ADF	ADL	NFC
			g/kg TM									
VOR×2007	47,8	454	88	41	90	763	982	18	233	112	29	620
VOR×2008	58,5	541	80	49	50	807	986	14	145	61	7	713
VOR×2010	48,9	486	79	40	72	793	984	16	169	84	10	696
HAUPT×2007	49,5	475	85	42	74	781	983	17	194	89	19	661
HAUPT×2008	56,0	557	80	47	52	807	986	14	160	60	7	699
HAUPT×2010	53,0	533	79	41	52	814	986	14	135	62	10	731
NACH×2007	54,5	515	84	42	75	782	983	17	208	93	25	649
NACH×2008	55,7	574	80	47	51	809	987	13	146	59	8	713
NACH×2010	57,3	595	83	37	54	812	986	14	155	66	8	710
<b>p-Wert</b>	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,15	0,56	0,56	0,02	0,07	0,37	0,04

**Tabelle 25:** Sorte × Erntezeitpunkt-Wechselwirkungen für die ruminale Abbaubarkeit zu den verschiedenen Zeitstufen sowie für die Abbauparameter des Kolbens

Wechsel- wirkung	ruminale Abbaubarkeit (%)									Abbauparameter							
	Inkubationszeit (h)									a %	b %	c h <sup>-1</sup>	lag h	(a+b) %	ED 2 %	ED 5 %	ED 8 %
	0	3	6	10	14	24	48	72	96								
NUESTRO×VOR	43,1	53,8	65,6	72,8	76,6	85,2	87,7	89,6	90,3	42,4	46,9	0,104		89,3	81,1	73,0	67,5
NUESTRO×HAUPT	36,1	54,3	63,9	71,2	73,7	84,3	88,4	88,3	90,9	44,3	45,3	0,090		89,6	80,9	72,8	67,7
NUESTRO×NACH	31,7	41,4	58,4	66,3	68,4	75,7	86,8	89,0	91,4	25,4	64,0	0,124		89,4	75,8	64,0	56,7
NK FALKONE×VOR	44,8	54,6	67,2	74,5	76,9	86,0	90,3	91,5	91,4	44,3	46,8	0,098	0,06	91,0	82,7	74,5	69,0
NK FALKONE×HAUPT	40,8	55,8	63,0	72,6	72,3	84,5	90,0	90,7	91,9	47,1	44,4	0,081		91,5	81,8	73,2	68,1
NK FALKONE×NACH	33,8	44,3	55,7	65,0	65,2	73,9	87,0	89,2	91,6	36,9	54,8	0,072		91,7	76,6	65,5	59,4
BEATLE×VOR	47,8	54,9	70,0	76,6	81,6	85,4	89,4	91,4	91,7	38,0	52,1	0,144	1,32	90,1	82,2	73,6	67,5
BEATLE×HAUPT	39,7	53,2	60,9	72,5	73,3	82,8	89,0	90,9	92,1	42,3	48,8	0,089		91,2	80,8	71,5	65,8
BEATLE×NACH	30,2	43,9	55,1	62,5	67,2	76,9	88,3	91,1	92,1	36,8	55,2	0,061		92,0	77,6	66,2	59,7
ROBERTO×VOR	41,8	55,2	70,3	75,9	79,3	85,3	89,2	91,5	92,2	43,0	47,5	0,112		90,5	82,9	74,9	69,4
ROBERTO×HAUPT	39,0	53,9	63,3	71,5	72,0	82,8	90,0	92,4	93,5	45,9	47,4	0,073		93,3	81,8	72,6	67,3
ROBERTO×NACH	35,3	44,5	59,2	66,9	68,2	82,2	90,7	92,4	92,6	29,3	63,7	0,102	0,33	93,0	78,8	66,8	59,3
PR39T45×VOR	51,5	57,9	71,8	76,0	79,2	83,8	88,6	90,1	91,1	48,6	41,0	0,107	0,10	89,5	82,3	75,0	70,1
PR39T45×HAUPT	43,3	55,5	63,6	73,3	74,3	82,3	86,9	89,5	91,6	47,2	43,0	0,075		90,2	80,6	72,2	67,0
PR39T45×NACH	40,5	49,3	57,6	66,6	69,6	79,6	87,7	89,9	91,9	40,3	50,9	0,073		91,2	78,3	67,8	61,7
RONALDINIO×VOR	47,9	57,7	70,1	75,3	78,4	80,7	87,2	89,6	90,0	49,2	39,0	0,102		88,3	81,7	75,1	70,7
RONALDINIO×HAUPT	42,6	52,1	63,3	72,4	76,6	84,1	88,2	91,5	92,7	40,2	50,5	0,098	0,38	90,7	81,3	72,1	66,1
RONALDINIO×NACH	32,4	44,0	53,0	61,2	62,0	78,2	88,1	90,6	91,8	33,5	59,1	0,077		92,6	76,8	64,8	58,1
DK315×VOR	52,8	62,8	74,5	79,4	81,5	83,1	89,5	91,0	91,3	54,3	35,6	0,110		89,9	83,9	77,8	73,7
DK315×HAUPT	43,9	51,7	63,2	73,7	75,1	84,5	87,8	90,5	92,3	40,4	49,8	0,096	0,75	90,2	80,6	71,1	64,9
DK315×NACH	48,5	57,9	69,9	77,0	77,8	85,5	90,6	92,4	92,9	45,5	46,7	0,119		92,2	83,1	74,7	69,2
PR39F58×VOR	51,9	61,6	74,3	78,9	82,6	85,8	89,9	92,3	92,9	51,9	39,4	0,112		91,3	84,7	78,0	73,4
PR39F58×HAUPT	47,4	55,0	68,3	77,7	77,3	87,9	91,0	92,6	93,9	43,4	48,9	0,107	0,78	92,3	83,7	75,1	69,3
PR39F58×NACH	35,6	49,3	62,7	70,3	71,0	81,6	91,5	92,4	92,7	40,8	51,6	0,079		92,4	81,6	71,9	65,9
FRIEDRIX×VOR	56,0	63,4	75,2	79,8	80,5	83,2	88,1	90,0	91,8	52,6	37,0	0,120		89,6	82,5	75,6	70,9
FRIEDRIX×HAUPT	46,3	58,1	66,0	75,2	77,4	85,0	89,2	90,8	91,8	47,4	43,5	0,092		90,9	82,2	74,2	69,0
FRIEDRIX×NACH	43,8	52,7	67,3	74,1	74,6	83,1	89,4	90,8	91,9	38,2	52,5	0,122		90,7	80,7	71,2	64,9
<b>p-Wert</b>	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,007	0,824	0,856	0,693	0,460	0,209	0,468	0,694	0,782

**Tabelle 26:** Sorte × Jahr-Wechselwirkungen für die ruminale Abbaubarkeit zu den verschiedenen Zeitstufen sowie für die Abbauparameter des Kolbens

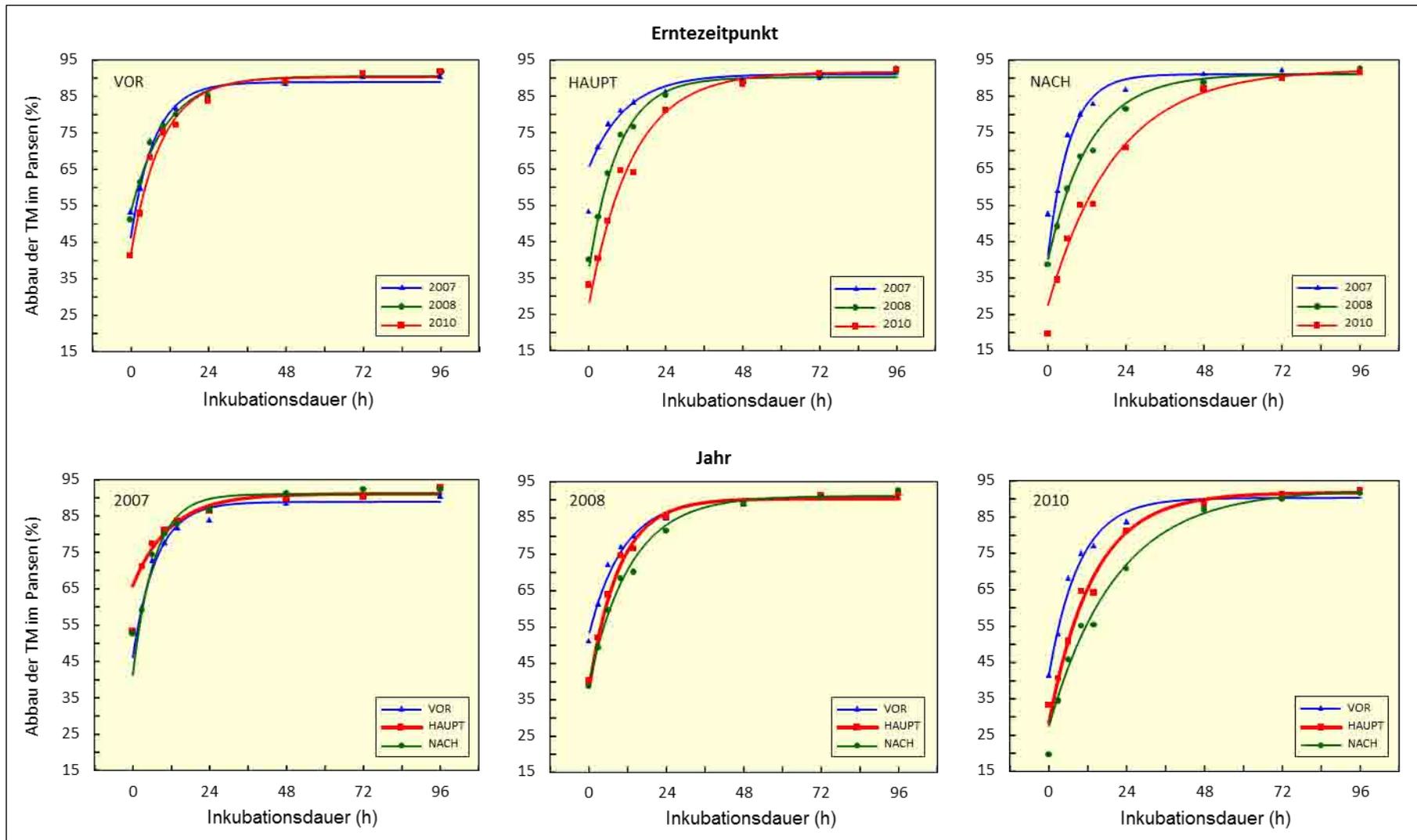
Wechsel- wirkung	ruminale Abbaubarkeit (%)									Abbauparameter							
	Inkubationszeit (h)									a %	b %	c h <sup>-1</sup>	lag h	(a+b) %	ED 2 %	ED 5 %	ED 8 %
	0	3	6	10	14	24	48	72	96								
NUESTRO×2007	49,9	65,5	76,5	81,0	83,5	85,8	87,4	88,8	90,8	49,5	39,0	0,153		88,5	83,3	77,4	73,1
NUESTRO×2008	35,5	48,0	61,5	68,8	73,8	82,6	88,7	89,1	90,8	36,3	52,8	0,095		89,1	79,7	70,5	64,6
NUESTRO×2010	25,4	36,0	49,8	60,5	61,4	76,9	86,8	89,0	91,0	26,3	64,3	0,070		90,6	74,8	61,8	54,3
NK FALKONEX×2007	50,6	64,9	74,2	80,6	83,3	86,0	91,3	91,6	92,4	55,8	35,6	0,109		91,4	85,7	79,9	75,8
NK FALKONEX×2008	39,7	51,1	62,6	71,5	71,3	83,4	89,7	90,5	91,5	42,3	48,7	0,081		91,0	81,0	71,9	66,3
NK FALKONEX×2010	29,1	38,6	49,1	60,0	59,8	74,9	86,3	89,3	90,9	30,1	61,7	0,061		91,8	74,4	61,5	54,4
BEATLE×2007	48,6	62,6	74,0	78,4	82,6	84,7	89,1	90,6	92,0	51,2	39,0	0,122		90,1	83,6	76,9	72,3
BEATLE×2008	38,8	48,4	60,5	70,1	74,6	82,3	90,0	91,8	92,0	35,1	56,5	0,103	0,66	91,6	80,3	70,0	63,4
BEATLE×2010	30,2	40,9	51,5	63,0	64,9	78,1	87,6	90,9	92,0	30,8	60,7	0,070		91,6	76,7	64,4	57,3
ROBERTO×2007	47,7	63,7	75,7	80,3	83,6	86,8	91,5	92,3	93,0	51,6	40,4	0,111		92,0	85,2	78,4	73,7
ROBERTO×2008	43,2	55,2	67,2	75,2	76,9	86,6	89,1	92,0	92,8	44,0	47,3	0,101		91,4	83,1	75,1	69,7
ROBERTO×2010	25,1	34,8	49,9	58,9	58,9	76,9	89,4	92,0	92,6	22,5	70,9	0,076	0,05	93,4	75,2	60,8	52,5
PR39T45×2007	56,0	64,5	73,7	79,2	81,9	83,9	89,1	90,2	91,9	57,1	33,4	0,091		90,5	83,6	77,2	73,0
PR39T45×2008	44,7	56,4	64,8	73,3	75,7	83,6	87,3	89,2	91,7	47,6	42,3	0,084		89,9	81,5	73,8	68,9
PR39T45×2010	34,6	41,9	54,6	63,5	65,5	78,2	86,9	90,1	91,0	31,4	59,2	0,079	0,36	90,6	76,1	64,0	56,8
RONALDINIO×2007	53,4	62,0	73,4	78,0	81,3	85,7	89,4	90,4	91,4	51,6	38,4	0,116	0,42	90,1	83,9	77,7	73,3
RONALDINIO×2008	40,0	51,2	59,5	68,5	71,9	80,2	86,4	90,9	91,7	42,2	48,2	0,080		90,4	79,6	70,5	65,0
RONALDINIO×2010	29,4	40,5	53,5	62,5	63,9	77,2	87,7	90,4	91,4	29,2	61,9	0,082		91,1	76,1	63,8	56,6
DK315×2007	57,4	62,2	74,7	79,9	82,9	85,6	89,4	91,1	91,4	49,5	40,4	0,134	1,31	90,0	83,4	76,3	71,3
DK315×2008	48,8	57,4	68,5	74,9	78,4	85,4	88,9	90,8	92,0	47,5	43,1	0,097		90,6	82,7	75,0	69,9
DK315×2010	39,1	52,7	64,4	75,3	73,1	82,1	89,6	92,1	93,1	43,2	48,5	0,093		91,7	81,5	72,4	66,7
PR39F58×2007	56,6	63,7	77,2	80,4	84,6	87,9	91,8	93,4	93,2	53,3	39,0	0,122	0,42	92,3	86,1	79,6	75,0
PR39F58×2008	45,0	54,6	67,9	76,1	74,2	85,1	89,9	91,8	92,9	46,3	45,2	0,090		91,5	83,1	75,0	69,8
PR39F58×2010	33,3	47,5	60,2	70,3	72,1	82,3	90,7	92,1	93,3	36,5	55,6	0,087		92,2	80,9	70,4	63,8
FRIEDRIX×2007	57,6	60,8	74,8	79,9	81,3	85,4	88,9	90,5	91,7	41,1	48,6	0,160		89,7	81,5	72,8	66,6
FRIEDRIX×2008	53,1	63,9	72,9	80,2	82,6	85,4	89,3	91,1	92,3	54,3	36,3	0,108		90,6	84,7	78,7	74,6
FRIEDRIX×2010	35,4	49,5	60,7	69,1	68,6	80,5	88,5	90,0	91,5	42,8	48,1	0,065		90,9	79,3	69,4	63,7
<b>p-Wert</b>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,018	<0,001	0,007	0,018	0,376	0,387	0,927	0,520	0,745	0,026	0,032	0,047



**Abbildung 19:** Einfluss des Jahres auf die ruminale Abbaukinetik des Kolbens verschiedener Silomais-Sorten

**Tabelle 27:** Erntezeitpunkt × Jahr-Wechselwirkungen für die ruminale Abbaubarkeit zu den verschiedenen Zeitstufen sowie für die Abbauparameter des Kolbens

Wechsel- wirkung	ruminale Abbaubarkeit (%)									Abbauparameter							
	Inkubationszeit (h)									a %	b %	c h <sup>-1</sup>	lag h	(a+b) %	ED 2 %	ED 5 %	ED 8 %
	0	3	6	10	14	24	48	72	96								
VOR×2007	53,3	59,8	72,9	77,8	81,8	84,0	88,6	90,4	90,6	46,2	42,8	0,136	0,77	89,1	82,2	74,9	69,7
VOR×2008	51,1	61,4	72,0	76,9	80,0	85,1	88,9	90,8	91,8	53,5	37,0	0,094		90,5	83,9	77,5	73,3
VOR×2010	41,3	52,8	68,2	75,1	77,0	83,8	89,2	91,2	91,8	41,7	48,6	0,106		90,3	81,9	73,4	67,8
HAUPT×2007	53,3	71,2	77,4	81,2	83,5	86,4	89,6	90,3	92,9	66,0	25,2	0,086		91,2	86,3	81,8	79,0
HAUPT×2008	39,9	51,7	63,7	74,4	76,5	85,2	88,8	91,0	91,6	38,3	52,1	0,108	0,24	90,4	81,6	72,8	66,8
HAUPT×2010	33,0	40,3	50,7	64,4	64,0	81,1	88,4	91,1	92,3	28,5	63,3	0,073	0,96	91,7	76,7	63,7	55,9
NACH×2007	52,6	59,0	74,4	80,2	82,9	86,8	91,1	92,3	92,5	41,3	49,9	0,151	0,95	91,2	83,7	75,4	69,4
NACH×2008	38,5	49,0	59,4	68,2	70,0	81,3	88,7	90,5	92,5	40,2	51,0	0,078		91,2	79,7	69,9	63,9
NACH×2010	19,5	34,4	45,7	54,8	55,1	70,8	86,9	89,8	91,4	27,4	65,2	0,048		92,6	73,1	59,0	51,6
<b>p-Wert</b>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,030	<0,001	<0,001	<0,001



**Abbildung 20:** Erntezeitpunkt × Jahr-Wechselwirkungen hinsichtlich der ruminalen Abbaukinetik des Kolbens

**Tabelle 28:** Sorte × Erntezeitpunkt-Wechselwirkungen für die Inhaltsstoffe der Gesamtpflanze

Wechselwirkung	Kolbenanteil (%)	TM g/kg FM	XP	XL	XF	XX	OM	XA	NDF	ADF	ADL	NFC
			g/kg TM									
NUESTRO×VOR	51,6	364	75	32	216	633	957	43	398	241	27	451
NUESTRO×HAUPT	51,5	372	76	32	218	630	956	44	411	244	29	437
NUESTRO×NACH	57,7	429	77	33	183	669	963	37	360	210	26	493
NK FALKONE×VOR	54,0	366	74	32	208	645	960	40	394	239	30	459
NK FALKONE×HAUPT	55,1	388	70	30	201	661	961	39	381	227	31	480
NK FALKONE×NACH	58,2	449	72	29	196	666	963	37	382	224	30	479
BEATLE×VOR	49,9	329	74	30	232	621	958	42	428	259	36	426
BEATLE×HAUPT	51,2	352	73	31	222	631	958	42	404	246	31	449
BEATLE×NACH	51,9	390	71	29	221	638	959	41	413	252	31	445
ROBERTO×VOR	50,7	326	76	30	215	635	957	43	396	239	26	454
ROBERTO×HAUPT	49,5	343	70	29	232	624	955	45	427	261	30	429
ROBERTO×NACH	55,6	395	70	28	212	649	960	40	402	241	32	459
PR39T45×VOR	52,3	358	69	31	231	629	959	41	415	255	31	445
PR39T45×HAUPT	55,7	386	72	32	200	656	960	40	383	223	26	473
PR39T45×NACH	56,9	431	68	31	208	656	962	38	405	238	35	459
RONALDINIO×VOR	51,7	357	75	31	237	616	959	41	432	262	38	422
RONALDINIO×HAUPT	54,2	377	70	31	207	652	960	40	386	231	26	473
RONALDINIO×NACH	54,3	417	73	30	208	651	962	38	403	235	28	456
DK315×VOR	53,1	321	74	29	216	641	960	40	405	247	29	452
DK315×HAUPT	51,5	340	69	28	215	649	961	39	403	239	28	461
DK315×NACH	55,7	384	69	27	205	660	962	38	388	228	25	477
PR39F58×VOR	52,5	348	73	29	216	640	958	42	402	242	28	454
PR39F58×HAUPT	54,3	371	71	29	212	649	960	40	398	241	28	463
PR39F58×NACH	55,9	405	71	30	210	648	959	41	399	229	27	459
FRIEDRIX×VOR	49,8	321	76	30	229	622	957	43	412	252	31	440
FRIEDRIX×HAUPT	52,7	364	70	29	210	652	961	39	401	239	30	460
FRIEDRIX×NACH	56,0	406	72	29	199	660	960	40	374	219	28	485
<b>p-Wert</b>	0,57	0,69	0,05	0,46	0,21	0,32	0,60	0,60	0,35	0,12	0,44	0,44

**Tabelle 29:** Sorte × Jahr-Wechselwirkungen für die Inhaltsstoffe der Gesamtpflanze

Wechselwirkung	Kolbenanteil (%)	TM g/kg FM	XP	XL	XF	XX	OM	XA	NDF	ADF	ADL	NFC
			g/kg TM									
NUESTRO×2007	51,4	350	78	30	223	624	956	44	420	256	36	427
NUESTRO×2008	58,0	438	73	37	174	679	963	37	354	199	21	499
NUESTRO×2010	51,4	377	77	30	220	630	956	44	395	240	24	455
NK FALKONE×2007	53,0	354	77	29	223	629	958	42	417	256	41	434
NK FALKONE×2008	60,3	454	67	33	183	680	963	37	370	212	23	493
NK FALKONE×2010	54,1	395	71	29	199	662	962	38	370	222	27	491
BEATLE×2007	50,6	330	79	29	239	610	957	43	443	271	41	406
BEATLE×2008	53,8	383	69	35	202	653	959	41	391	231	28	464
BEATLE×2010	48,7	358	70	28	233	628	959	41	411	254	30	450
ROBERTO×2007	49,5	313	76	27	242	611	955	45	445	272	36	407
ROBERTO×2008	55,5	386	72	35	188	664	960	41	371	212	23	481
ROBERTO×2010	50,9	367	68	26	230	633	957	43	410	257	29	453
PR39T45×2007	51,9	357	77	31	226	621	956	44	433	257	37	414
PR39T45×2008	57,0	411	66	34	199	663	962	38	380	221	26	482
PR39T45×2010	56,0	407	66	28	214	655	963	37	389	237	29	480
RONALDINIO×2007	51,5	348	78	29	226	625	958	42	423	253	38	428
RONALDINIO×2008	55,8	415	68	35	199	661	963	37	386	224	25	473
RONALDINIO×2010	52,9	387	72	28	227	634	961	39	412	252	29	449
DK315×2007	49,5	293	81	27	236	615	959	41	445	265	31	406
DK315×2008	56,6	377	64	32	190	676	961	39	368	214	24	498
DK315×2010	54,2	374	67	25	211	660	962	38	384	235	27	486
PR39F58×2007	52,0	334	79	28	222	629	958	42	429	252	31	422
PR39F58×2008	58,7	412	67	34	191	669	960	40	369	213	23	490
PR39F58×2010	52,1	377	69	26	225	639	960	40	401	247	28	463
FRIEDRIX×2007	46,2	298	82	27	247	601	957	43	445	267	36	403
FRIEDRIX×2008	55,2	391	68	33	188	670	960	41	366	213	25	492
FRIEDRIX×2010	57,1	401	68	29	202	663	962	38	376	230	28	489
<b>p-Wert</b>	0,03	0,00	0,00	0,07	0,23	0,19	0,37	0,37	0,82	0,41	0,97	0,73

**Tabelle 30:** Erntezeitpunkt × Jahr-Wechselwirkungen für die Inhaltsstoffe der Gesamtpflanze

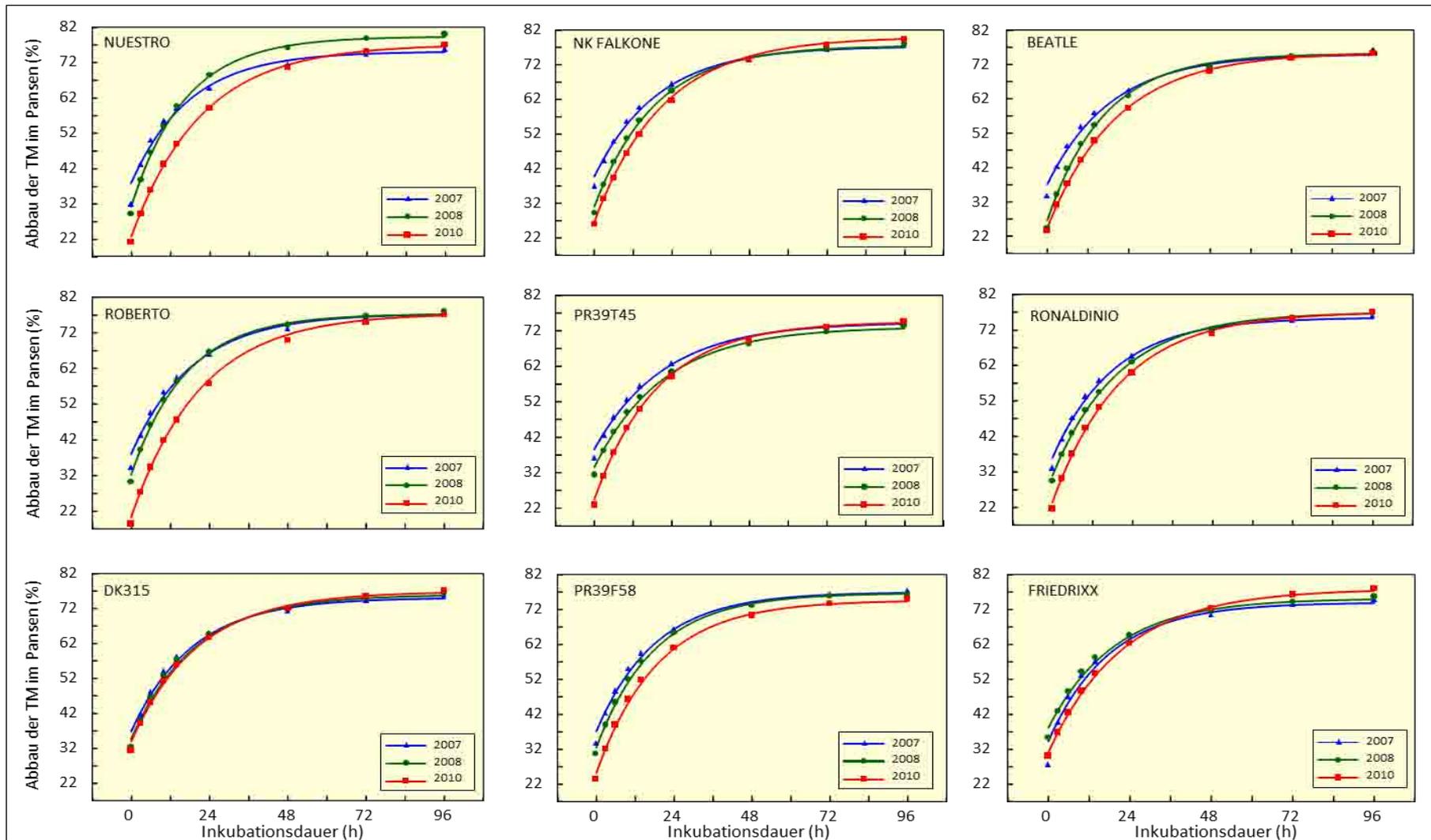
Wechselwirkung	Kolbenanteil (%)	TM g/kg FM	XP	XL	XF	XX	OM	XA	NDF	ADF	ADL	NFC
			g/kg TM									
VOR×2007	47,8	309	81	28	245	602	956	44	457	276	39	390
VOR×2008	58,5	400	69	35	186	672	963	37	358	211	23	501
VOR×2010	48,9	321	72	28	236	620	957	43	413	258	30	443
HAUPT×2007	49,5	322	78	28	228	623	957	43	422	255	34	428
HAUPT×2008	56,0	405	68	34	194	663	960	40	388	222	24	470
HAUPT×2010	53,0	371	67	28	217	649	961	39	388	240	28	477
NACH×2007	54,5	361	77	30	222	630	959	41	421	252	36	431
NACH×2008	55,7	417	67	34	190	670	961	39	374	213	25	487
NACH×2010	57,3	456	70	26	201	666	963	37	381	227	26	486
<b>p-Wert</b>	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00

**Tabelle 31:** Sorte × Erntezeitpunkt-Wechselwirkungen für die ruminale Abbaubarkeit zu den verschiedenen Zeitstufen sowie für die Abbauparameter der Gesamtpflanze

Wechsel- wirkung	ruminale Abbaubarkeit (%)									Abbauparameter							
	Inkubationszeit (h)									a %	b %	c h <sup>-1</sup>	lag h	(a+b) %	ED 2 %	ED 5 %	ED 8 %
	0	3	6	10	14	24	48	72	96								
NUESTRO×VOR	30,0	38,3	44,8	51,3	56,1	63,7	71,8	75,1	76,8	33,1	43,2	0,051		76,2	64,1	54,9	49,9
NUESTRO×HAUPT	30,4	38,1	44,3	50,7	55,6	63,6	72,0	75,1	76,4	32,1	44,1	0,052		76,2	63,9	54,6	49,6
NUESTRO×NACH	21,5	34,5	42,9	50,5	55,9	64,6	74,3	77,8	79,2	26,4	52,6	0,061		79,0	65,0	54,2	48,2
NK FALKONE×VOR	32,0	40,4	47,0	53,7	58,7	66,6	74,5	77,5	78,9	34,5	43,8	0,055		78,3	66,6	57,4	52,3
NK FALKONE×HAUPT	33,9	41,0	46,8	53,1	58,0	66,3	74,9	77,8	78,8	34,9	43,9	0,052		78,8	66,6	57,3	52,2
NK FALKONE×NACH	25,8	33,1	39,0	45,4	50,4	59,4	70,3	74,9	77,1	27,5	50,1	0,045		77,6	61,4	50,4	44,8
BEATLE×VOR	26,0	37,4	45,3	52,4	57,2	64,2	71,1	73,8	75,0	30,9	43,1	0,063		74,1	63,6	54,9	49,9
BEATLE×HAUPT	29,8	37,7	44,0	50,6	55,6	63,8	72,3	75,3	76,5	31,4	45,0	0,054		76,4	64,0	54,6	49,4
BEATLE×NACH	25,8	32,3	38,0	44,3	49,5	58,8	69,6	73,5	75,1	26,4	49,1	0,044		75,5	60,3	49,6	44,0
ROBERTO×VOR	31,3	40,4	47,3	54,0	58,8	66,1	73,5	76,5	77,8	34,4	42,8	0,056		77,2	66,0	57,1	52,2
ROBERTO×HAUPT	30,3	37,3	43,0	49,1	53,9	62,3	72,0	75,8	77,4	31,5	46,3	0,047		77,8	63,6	53,7	48,5
ROBERTO×NACH	21,0	31,8	39,7	47,2	52,7	61,7	71,7	75,7	77,4	24,5	52,8	0,056		77,2	62,4	51,4	45,4
PR39T45×VOR	31,6	39,2	44,9	50,6	54,8	61,4	68,6	71,7	73,3	34,5	38,4	0,050		72,9	61,9	53,7	49,3
PR39T45×HAUPT	31,6	38,4	43,9	49,7	54,1	61,6	69,8	73,1	74,6	33,3	41,3	0,047		74,6	62,4	53,5	48,8
PR39T45×NACH	27,3	34,1	39,8	45,9	50,7	59,1	68,9	72,9	74,8	28,9	46,0	0,046		74,9	60,5	50,5	45,3
RONALDINIO×VOR	32,1	39,5	45,2	51,1	55,6	62,8	70,7	74,0	75,6	34,8	40,4	0,048		75,2	63,4	54,7	50,1
RONALDINIO×HAUPT	27,9	37,1	44,3	51,7	57,1	65,7	73,6	76,1	77,1	29,8	46,9	0,061		76,6	65,0	55,4	50,0
RONALDINIO×NACH	24,3	31,7	37,8	44,4	49,7	59,1	70,6	75,3	77,3	25,9	51,9	0,044		77,8	61,1	49,7	43,9
DK315×VOR	36,3	43,5	48,9	54,3	58,2	64,6	71,6	74,7	76,3	39,3	36,6	0,048		75,9	65,2	57,3	53,1
DK315×HAUPT	28,9	37,6	44,5	51,4	56,6	64,6	72,2	74,7	75,9	30,9	44,4	0,058		75,3	64,1	55,0	49,8
DK315×NACH	30,9	40,0	46,4	52,5	56,8	63,6	71,7	75,4	77,4	35,5	41,4	0,048		76,9	64,5	55,6	50,9
PR39F58×VOR	32,2	40,3	46,4	52,4	56,9	64,0	71,8	75,0	76,5	35,4	40,6	0,050		76,0	64,5	55,8	51,1
PR39F58×HAUPT	27,9	37,4	44,8	52,1	57,3	65,4	72,7	75,1	75,3	30,2	45,3	0,063		75,5	64,5	55,4	50,1
PR39F58×NACH	27,6	35,4	41,7	48,5	53,8	62,7	72,0	75,3	76,8	29,1	47,5	0,051		76,6	63,2	53,0	47,6
FRIEDRIX×VOR	34,7	42,3	47,5	52,4	56,0	62,2	69,8	73,1	74,6	38,5	36,1	0,044		74,5	63,3	55,5	51,4
FRIEDRIX×HAUPT	31,6	39,9	46,3	52,7	57,5	65,1	72,9	75,7	76,9	33,9	42,6	0,055		76,5	65,1	56,2	51,3
FRIEDRIX×NACH	26,4	36,8	44,0	50,6	55,2	62,7	71,1	74,8	76,6	31,1	44,9	0,053		76,0	63,3	53,9	48,7
<b>p-Wert</b>	0,826	0,705	0,325	0,131	0,075	0,037	0,070	0,155	0,153	0,632	0,775	0,024	0,908	0,521	0,079	0,185	0,339

**Tabelle 32:** Sorte × Jahr-Wechselwirkungen für die ruminale Abbaubarkeit zu den verschiedenen Zeitstufen sowie für die Abbauparameter der Gesamtpflanze

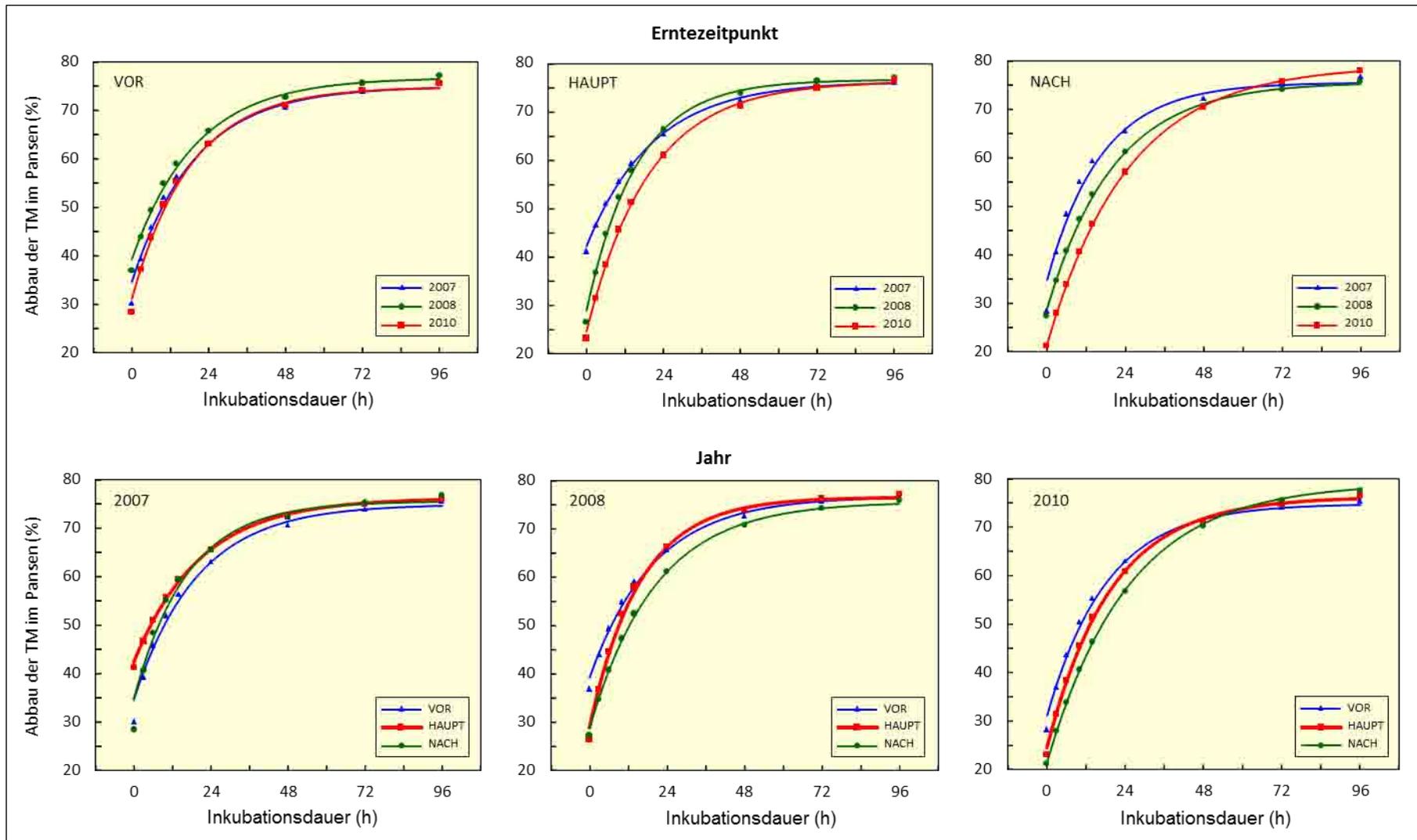
Wechsel- wirkung	ruminale Abbaubarkeit (%)									Abbauparameter							
	Inkubationszeit (h)									a %	b %	c h <sup>-1</sup>	lag h	(a+b) %	ED 2 %	ED 5 %	ED 8 %
	0	3	6	10	14	24	48	72	96								
NUESTRO×2007	31,8	43,1	49,9	55,5	59,1	64,7	71,4	74,3	75,7	37,8	37,3	0,056		75,0	65,1	57,5	53,2
NUESTRO×2008	29,0	38,7	46,3	53,9	59,5	68,2	76,2	78,8	79,9	31,2	48,1	0,061		79,3	67,5	57,7	52,0
NUESTRO×2010	21,1	29,1	35,8	43,0	48,8	59,0	70,5	74,9	76,9	22,6	54,5	0,047		77,1	60,4	48,6	42,4
NK FALKONEX×2007	36,8	44,2	49,8	55,5	59,7	66,3	73,4	76,4	77,8	39,6	37,7	0,051		77,3	66,6	58,6	54,3
NK FALKONEX×2008	29,1	37,2	43,7	50,5	55,8	64,4	73,2	76,4	77,8	30,8	46,7	0,053		77,5	64,6	54,8	49,4
NK FALKONEX×2010	25,8	33,1	39,3	46,2	51,7	61,6	73,1	77,5	79,3	26,5	53,5	0,047		80,0	63,3	51,7	45,7
BEATLE×2007	33,7	42,3	48,3	54,0	58,1	64,5	71,6	74,4	75,7	37,3	37,9	0,053		75,2	64,8	56,8	52,5
BEATLE×2008	24,4	34,2	41,6	49,0	54,4	62,9	71,4	74,4	75,6	26,9	48,3	0,060		75,2	62,7	52,8	47,2
BEATLE×2010	23,5	31,1	37,4	44,3	49,8	59,4	70,0	73,8	75,3	24,5	51,0	0,049		75,5	60,4	49,5	43,6
ROBERTO×2007	34,2	43,3	49,6	55,4	59,5	65,9	73,2	76,3	77,8	37,9	39,5	0,053		77,4	66,4	58,2	53,7
ROBERTO×2008	30,1	39,1	46,2	53,2	58,4	66,5	74,2	76,8	77,8	32,3	45,0	0,060		77,3	66,0	56,8	51,5
ROBERTO×2010	18,3	27,1	34,2	41,7	47,5	57,7	69,9	74,8	77,0	20,2	57,3	0,047		77,5	59,6	47,2	40,8
PR39T45×2007	36,2	42,6	47,6	52,7	56,5	62,7	69,8	73,0	74,6	38,5	35,9	0,046		74,4	63,6	55,8	51,7
PR39T45×2008	31,4	38,1	43,5	49,0	53,3	60,4	68,2	71,6	73,5	33,6	39,6	0,046		73,2	61,2	52,7	48,2
PR39T45×2010	22,8	31,0	37,6	44,5	49,9	59,0	69,1	73,0	74,6	24,5	50,2	0,051		74,7	60,0	49,2	43,5
RONALDINIO×2007	33,1	41,2	47,3	53,3	57,8	64,7	71,9	74,7	76,0	36,0	39,5	0,054		75,5	64,8	56,5	51,9
RONALDINIO×2008	29,5	36,9	42,9	49,4	54,4	62,9	72,1	75,5	77,0	31,0	46,0	0,050		76,9	63,6	53,8	48,5
RONALDINIO×2010	21,6	30,2	37,1	44,5	50,2	60,0	70,9	75,2	77,0	23,5	53,7	0,049		77,2	61,1	49,6	43,5
DK315×2007	32,4	41,7	48,2	54,2	58,3	64,6	71,4	74,4	75,9	37,0	38,1	0,054		75,1	64,8	56,7	52,3
DK315×2008	32,3	40,3	46,5	52,7	57,3	64,6	72,0	74,9	76,4	34,8	41,2	0,052		76,0	64,7	56,1	51,3
DK315×2010	31,4	39,1	45,1	51,3	55,9	63,6	72,0	75,5	77,2	33,9	43,1	0,049		77,0	64,3	55,1	50,2
PR39F58×2007	33,7	42,3	48,7	54,9	59,3	66,3	73,4	76,2	77,4	37,0	39,9	0,055		76,9	66,2	57,9	53,3
PR39F58×2008	30,7	38,9	45,3	52,0	57,0	65,1	73,0	75,7	76,2	32,4	44,1	0,056		76,6	64,9	55,8	50,7
PR39F58×2010	23,3	31,9	38,9	46,1	51,7	60,8	70,1	73,5	74,9	25,2	49,4	0,053		74,6	61,0	50,6	44,9
FRIEDRIX×2007	27,5	39,5	46,9	53,0	57,0	63,1	70,3	73,4	74,8	34,3	39,7	0,055		74,0	63,4	55,2	50,6
FRIEDRIX×2008	35,3	42,8	48,5	54,1	58,1	64,5	71,3	74,2	75,6	38,1	37,0	0,051		75,2	64,8	57,0	52,7
FRIEDRIX×2010	29,9	36,7	42,4	48,6	53,6	62,3	72,2	76,1	77,8	31,0	46,9	0,046		77,9	63,6	53,4	48,1
<b>p-Wert</b>	0,261	0,035	0,023	0,049	0,066	0,046	0,031	0,031	0,030	0,088	0,151	0,807	0,975	0,045	0,014	0,018	0,020



**Abbildung 21:** Einfluss des Jahres auf die ruminale Abbaukinetik der Gesamtpflanze verschiedener Silomais-Sorten

**Tabelle 33:** Erntezeitpunkt × Jahr-Wechselwirkungen für die ruminale Abbaubarkeit zu den verschiedenen Zeitstufen sowie für die Abbauparameter der Gesamtpflanze

Wechsel- wirkung	ruminale Abbaubarkeit (%)									Abbauparameter							
	Inkubationszeit (h)									a	b	c	lag	(a+b)	ED 2	ED 5	ED 8
	0	3	6	10	14	24	48	72	96	%	%	h <sup>-1</sup>	h	%	%	%	%
VOR×2007	30,2	39,4	45,9	52,0	56,3	63,1	70,7	74,0	75,6	34,7	40,3	0,051		75,0	63,6	55,0	50,4
VOR×2008	36,9	43,9	49,4	54,9	59,1	65,7	72,7	75,6	77,1	39,3	37,5	0,050		76,8	66,1	58,1	53,8
VOR×2010	28,3	37,1	43,8	50,5	55,4	63,1	71,0	74,1	75,5	31,2	43,8	0,054		75,0	63,2	54,0	48,9
HAUPT×2007	41,2	46,6	51,0	55,7	59,3	65,6	72,5	75,0	76,1	42,3	33,9	0,048		76,2	66,2	59,0	55,1
HAUPT×2008	26,4	36,8	44,6	52,4	57,9	66,3	73,9	76,3	77,0	29,0	47,6	0,064		76,6	65,3	55,7	50,2
HAUPT×2010	23,1	31,5	38,3	45,6	51,3	61,0	71,2	74,9	76,5	24,6	51,8	0,051		76,4	61,6	50,6	44,6
NACH×2007	28,4	40,6	48,5	55,1	59,4	65,6	72,3	75,3	76,8	34,8	40,9	0,060		75,7	65,4	57,1	52,4
NACH×2008	27,3	34,7	40,8	47,3	52,5	61,2	70,7	74,2	75,7	28,8	46,9	0,049		75,7	62,0	51,9	46,5
NACH×2010	21,2	27,9	33,8	40,6	46,3	57,1	70,4	75,7	78,0	21,5	57,6	0,040		79,1	59,9	47,1	40,7
<b>p-Wert</b>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,015	0,011	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001



**Abbildung 22:** Erntezeitpunkt × Jahr-Wechselwirkungen hinsichtlich der ruminalen Abbaukinetik der Gesamtpflanze