

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt

Department für Tierwissenschaften

Fachgebiet Tierernährung

**Vergleichende Untersuchungen zum Einfluss der Pflanzengenetik  
und der physiologischen Reife von Körnern und Restpflanzen  
verschiedener Maishybriden auf die ruminale Abbaubarkeit**

Holger Kurtz

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Agrarwissenschaften  
(Dr. agr.)

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.- Prof. Dr. H.H.D. Meyer

Prüfer der Dissertation:

1. apl. Prof. Dr. F.J. Schwarz

2. Univ.- Prof. Dr. J. Bauer

Die Dissertation wurde am 16.01.2006 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt am 15.03.2006 angenommen.



Meinen Eltern



## Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. F.J. Schwarz für die Überlassung des Themas, die Bereitstellung der Arbeitsmöglichkeiten sowie die stets gewährte Unterstützung bei der Anfertigung der Arbeit.

Weiterhin danke ich Herrn Prof. Dr. G. Flachowsky, Leiter des Institutes für Tierernährung an der FAL in Braunschweig, und Herrn Dr. P. Lebzien für die Überlassung der Versuchstiere und die gewährte fachliche Anleitung.

Herrn Jean-Paul Muller - Syngenta Seeds - gilt mein besonderer Dank für die Unterstützung der Arbeit durch die Bereitstellung von Saatgut und Analysendaten sowie für die stete Gesprächsbereitschaft in „Maisfragen“.



## Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG .....	1
2. MATERIAL UND METHODIK .....	3
2.1 Versuchsplanung und Versuchsaufbau .....	3
2.1.1 Versuch V1 (silierte Maiskörner) .....	3
2.1.2 Versuch V2 (frische Maiskörner) .....	5
2.1.3 Versuch V3 und V4 (frische Mais-Restpflanzen).....	7
2.1.4 Versuch V5 (frische Maiskörner) .....	9
2.2 Tiermaterial und Tierhaltung .....	11
2.3 Maisanbau, Probenahme und Vorbehandlung des Pflanzenmaterials.....	12
2.4 Versuchsplan und Methodik der <i>in sacco</i> -Abbaubarkeitsmessung .....	13
2.5 Analytische Methoden .....	16
2.5.1 Bestimmung des pH-Wertes der silierten Maiskörner (V1).....	16
2.5.2 Bestimmung des pH-Wertes im Pansensaft (V1 - V5).....	16
2.5.3 Bestimmung des Ammoniak-Stickstoffs im Pansensaft (V2 - V5)....	16
2.5.4 Bestimmung der flüchtigen Fettsäuren im Pansensaft (V2 - V5) .....	17
2.5.5 Rohrnährstoffanalytik.....	18
2.5.5.1 Stärkeanalytik .....	18
2.5.6 Pflanzliche Gerüstsubstanzen I (NDF, ADF, ADL).....	20
2.5.7 Pflanzliche Gerüstsubstanzen II (HEM, CEL, KL).....	21
2.6 Kalkulation des ruminalen Abbaus und der effektiven Abbauraten .....	21
2.7 Mathematisch-statistische Auswertung .....	23
3. ERGEBNISSE .....	25
3.1 Pansenparameter der Versuchstiere .....	25
3.2 Versuch V1 zur ruminalen T-Abbaubarkeit siliertes Maiskörner .....	30
3.2.1 Rohrnährstoffe und Stärkegehalte.....	30
3.2.2 T-Verluste <i>in sacco</i> .....	35
3.2.3 Parameter der potentiellen Abbaubarkeit.....	38
3.2.4 Effektive ruminale Abbaubarkeit.....	40

3.3	Versuch V2 zur ruminalen T-Abbaubarkeit frischer Maiskörner .....	43
3.3.1	Rohnährstoffe und Stärkegehalte.....	43
3.3.2	T-Verluste <i>in sacco</i> .....	46
3.3.3	Parameter der potentiellen Abbaubarkeit.....	49
3.3.4	Effektive ruminale Abbaubarkeit.....	51
3.4	Versuch V5 zur ruminalen T-Abbaubarkeit frischer Maiskörner .....	54
3.4.1	Rohnährstoffe und Stärkegehalte.....	54
3.4.2	T-Verluste <i>in sacco</i> .....	58
3.4.3	Parameter der potentiellen Abbaubarkeit.....	60
3.4.4	Effektive ruminale Abbaubarkeit.....	62
3.5	Versuch V3 zur ruminalen T-Abbaubarkeit von Maisrestpflanzen.....	65
3.5.1	Rohnährstoffe und pflanzliche Gerüstsubstanzen.....	65
3.5.2	T-Verluste <i>in sacco</i> .....	69
3.5.3	Parameter der potentiellen Abbaubarkeit.....	71
3.5.4	Effektive ruminale Abbaubarkeit.....	73
3.6	Versuch V4 zur ruminalen T-Abbaubarkeit von Maisrestpflanzen.....	76
3.6.1	Rohnährstoffe und pflanzliche Gerüstsubstanzen.....	76
3.6.2	T-Verluste <i>in sacco</i> .....	80
3.6.3	Parameter der potentiellen Abbaubarkeit.....	82
3.6.4	Effektive ruminale Abbaubarkeit.....	84
4.	DISKUSSION .....	87
4.1	Bedeutung der Maispflanze für die Fütterung landwirtschaftlicher Nutztiere .....	87
4.2	Wachstum und Entwicklung der Maispflanze .....	89
4.3	Futterwertbestimmende Bestandteile der Maispflanze.....	90
4.3.1	Analytische Methoden zur Einschätzung des Futterwertes.....	91
4.3.2	<i>In situ</i> -Methoden ("Nylonbeuteltechnik") .....	97
4.3.2.1	Besonderheiten bei der Anwendung der <i>in situ</i> -Methode.....	98
4.4	Allgemeine Darstellung der besonderen ernährungsphysiologischen Bedeutung der Maisstärke für die Fütterung von Hochleistungskühen .....	99

4.5	Gehalt und Zusammensetzung der Stärke im Maiskorn und daraus resultierende Einflussfaktoren auf die ruminale Stärkeabbaubarkeit.....	101
4.6	Einfluss von Konservierungsform, Genotyp und Erntezeitpunkt auf die ruminale Abbaubarkeit von Maiskörnern .....	106
4.6.1	Zum Einfluss der Konservierungsform der Maiskörner auf die ruminale Abbaubarkeit der Trockensubstanz <i>in situ</i> .....	107
4.6.2	Zum Einfluss der Sorte bzw. des Genotyps der Maiskörner auf die ruminale Abbaubarkeit der Trockensubstanz <i>in situ</i> .....	112
4.6.2.1	Einfluss der Endospermstruktur des Maiskornes auf die ruminale Abbaubarkeit.....	112
4.6.2.2	Einfluss der Stärkezusammensetzung des Maiskornes auf die ruminale Abbaubarkeit.....	117
4.6.3	Zum Einfluss des Erntezeitpunktes der Maiskörner auf die ruminale Abbaubarkeit der Trockensubstanz <i>in situ</i> .....	119
4.7	Darstellung des Einflusses der genotypischen Variation von Maisrestpflanzen auf den ruminale Abbau bei Wiederkäuern .....	128
4.7.1	Mechanismen der mikrobiellen Zellwandverdauung bei Wiederkäuern .....	129
4.7.2	Morphologische Fraktionen der Zellwand und deren Bedeutung für die Verdaulichkeit von Maisrestpflanzen .....	132
4.7.3	Beeinflussbare und unbeflussbare Faktoren, die begrenzend auf den Umfang der ruminale Zellwandverdaulichkeit wirken .....	136
4.7.3.1	Nutzung pflanzlicher Mutationen .....	136
4.7.3.2	Futteraufnahme in Beziehung zu Futterstruktur und Fasereigenschaften.....	137
4.7.3.3	Einflüsse des Reifeprozesses .....	141
4.7.4	Einfluss des Genotypen auf Zusammensetzung und ruminale Abbaubarkeit von Maisrestpflanzen .....	142
4.7.4.1	Genotypeneinfluss der Hybriden der Versuchsreihe V3 auf die ruminale Abbaubarkeit der Restpflanzen.....	142
4.7.4.2	Genotypeneinfluss der Hybriden der Versuchsreihe V4 auf die ruminale Abbaubarkeit der Restpflanzen.....	147

---

5.	ZUSAMMENFASSUNG.....	157
5.1	Maiskörner .....	158
5.2	Maisrestpflanzen.....	160
6.	SUMMARY .....	163
7.	LITERATURVERZEICHNIS .....	167
8.	TABELLENANHANG.....	188

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Zusammenstellung der durchgeführten Versuche .....	3
Tabelle 2:	Anzahl und Verteilung der Wiederholungen je Inkubationszeit im Versuch V1 .....	4
Tabelle 3.1:	Anzahl und Verteilung der Wiederholungen je Inkubationszeit im Versuch V2 .....	6
Tabelle 3.2:	Anzahl und Verteilung der Wiederholungen je Inkubationszeit im Versuch V2 .....	7
Tabelle 4:	Anzahl und Verteilung der Wiederholungen je Inkubationszeit im Versuch V3 .....	8
Tabelle 5:	Anzahl und Verteilung der Wiederholungen je Inkubationszeit im Versuch V4 .....	9
Tabelle 6.1:	Anzahl und Verteilung der Wiederholungen je Inkubationszeit im Versuch V5 .....	10
Tabelle 6.2:	Anzahl und Verteilung der Wiederholungen je Inkubationszeit im Versuch V5 .....	11
Tabelle 7:	Pansensaftentnahmezeitpunkte zur Bestimmung der pansenphysiologischen Parameter (ph-Wert, flüchtige Fettsäuren (FFS) und NH <sub>3</sub> -Stickstoff) .....	14
Tabelle 8:	Konzentration der FFS im Pansensaft 180 Minuten nach Beginn der Fütterung im Versuch V2 .....	28
Tabelle 9:	Konzentration der FFS im Pansensaft 180 Minuten nach Beginn der Fütterung im Versuch V3 .....	28
Tabelle 10:	Konzentration der FFS im Pansensaft 180 Minuten nach Beginn der Fütterung im Versuch V4 .....	29
Tabelle 11:	Konzentration der FFS im Pansensaft 180 Minuten nach Beginn der Fütterung im Versuch V5 .....	29

Tabelle 12:	Trockensubstanzgehalt der Restpflanzen und Körner der Maishybriden des Versuchs V1 zur Ernte .....	30
Tabelle 13:	Trockensubstanzgehalt der Restpflanzen des Versuchs V1 nach Erntezeitpunkten.....	31
Tabelle 14:	Trockensubstanzgehalt der Restpflanzen des Versuchs V1 im Sortenmittel .....	31
Tabelle 15:	Trockensubstanzgehalt der frischen Körner des Versuchs V1 nach Erntezeitpunkten.....	32
Tabelle 16:	Trockensubstanzgehalt der frischen Körner des Versuchs V1 im Sortenmittel .....	32
Tabelle 17:	Rohnährstoff- und Stärkegehalte der frischen Körner des Versuchs V1 .....	33
Tabelle 18:	Trockensubstanz- und Stärkegehalte sowie pH-Werte der Körner des Versuchs V1 nach der Silierung .....	34
Tabelle 19:	T-Verluste (%) der silierten Maiskörner des Versuchs V1 <i>in sacco</i> in Abhängigkeit der Inkubationszeit im Pansen .....	36
Tabelle 20:	T-Verluste (%) der silierten Maiskörner des Versuchs V1 <i>in sacco</i> in Abhängigkeit der Inkubationszeit im Pansen im Mittel der Erntezeitpunkte.....	37
Tabelle 21:	T-Verluste (%) der silierten Maiskörner des Versuchs V1 <i>in sacco</i> in Abhängigkeit der Inkubationszeit im Pansen im Sortenmittel .....	37
Tabelle 22:	Parameter der potentiellen Abbaubarkeit der silierten Maiskörner des Versuchs V1 im Mittel der Erntezeitpunkte .....	39
Tabelle 23:	Parameter der potentiellen Abbaubarkeit der silierten Maiskörner des Versuchs V1 im Sortenmittel .....	39
Tabelle 24:	Effektive Abbaubarkeit (%) der silierten Maiskörner des Versuchs V1 in Abhängigkeit der Passageraten .....	41

Tabelle 25:	Effektive Abbaubarkeit (%) der silierten Maiskörner des Versuchs V1 im Mittel der Erntezeitpunkte .....	42
Tabelle 26:	Effektive Abbaubarkeit (%) der silierten Maiskörner des Versuchs V1 im Sortenmittel .....	42
Tabelle 27:	Rohnährstoff- und Stärkegehalte der frischen Körner des Versuchs V2 im Mittel der Erntezeitpunkte .....	44
Tabelle 28:	Rohnährstoff- und Stärkegehalte der frischen Körner des Versuchs V2 im Sortenmittel .....	44
Tabelle 29:	Stärkegehalt und Zusammensetzung der Stärke des Körnermaterials der Hybriden der Versuchsreihe V2 im Mittel der Erntezeitpunkte .....	46
Tabelle 30:	Stärkegehalt und Zusammensetzung der Stärke des Körnermaterials der Hybriden der Versuchsreihe V2 im Sortenmittel .....	46
Tabelle 31:	T-Verluste (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V2 <i>in sacco</i> in Abhängigkeit der Inkubationszeit im Pansen im Mittel der Erntezeitpunkte .....	47
Tabelle 32:	T-Verluste (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V2 <i>in sacco</i> in Abhängigkeit der Inkubationszeit im Pansen im Sortenmittel .....	48
Tabelle 33:	Parameter der potentiellen Abbaubarkeit der frischen Maiskörner des Versuchs V2 im Mittel der Erntezeitpunkte .....	49
Tabelle 34:	Parameter der potentiellen Abbaubarkeit der frischen Maiskörner des Versuchs V2 im Sortenmittel .....	50
Tabelle 35:	Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V2 in Abhängigkeit der Passageraten im Mittel der Erntezeitpunkte .....	52

Tabelle 36:	Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V2 in Abhängigkeit der Passageraten im Sortenmittel .....	52
Tabelle 37:	Rohnährstoff- und Stärkegehalte der frischen Körner des Versuchs V5 im Mittel der Erntezeitpunkte .....	55
Tabelle 38:	Rohnährstoff- und Stärkegehalte der frischen Körner des Versuchs V5 im Sortenmittel .....	55
Tabelle 39:	Stärkegehalt und Zusammensetzung der Stärke des Körnermaterials der Hybriden der Versuchsreihe V5 im Mittel der Erntezeitpunkte .....	57
Tabelle 40:	Stärkegehalt und Zusammensetzung der Stärke des Körnermaterials der Hybriden der Versuchsreihe V5 im Sortenmittel .....	57
Tabelle 41:	T-Verluste (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V5 <i>in sacco</i> in Abhängigkeit der Inkubationszeit im Pansen im Mittel der Erntezeitpunkte .....	58
Tabelle 42:	T-Verluste (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V5 <i>in sacco</i> in Abhängigkeit der Inkubationszeit im Pansen im Sortenmittel .....	59
Tabelle 43:	Parameter der potentiellen Abbaubarkeit der frischen Maiskörner des Versuchs V5 im Mittel der Erntezeitpunkte .....	61
Tabelle 44:	Parameter der potentiellen Abbaubarkeit der frischen Maiskörner des Versuchs V5 im Sortenmittel .....	62
Tabelle 45:	Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V5 in Abhängigkeit der Passageraten im Mittel der Erntezeitpunkte .....	63
Tabelle 46:	Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V5 in Abhängigkeit der Passageraten im Sortenmittel .....	63

Tabelle 47:	Trockensubstanz- und Rohrnährstoffgehalte des frischen Restpflanzenmaterials der Versuchsreihe V3 .....	66
Tabelle 48:	Trockensubstanz- und Rohrnährstoffgehalte des frischen Restpflanzenmaterials der Versuchsreihe V3 im Mittel der Erntezeitpunkte .....	66
Tabelle 49:	Trockensubstanz- und Rohrnährstoffgehalte des frischen Restpflanzenmaterials der Versuchsreihe V3 im Sortenmittel .....	67
Tabelle 50:	Gehalte an pflanzlichen Gerüstsubstanzen im frischen Restpflanzenmaterial der Versuchsreihe V3 im Mittel der Erntezeitpunkte .....	68
Tabelle 51:	Gehalte an pflanzlichen Gerüstsubstanzen im frischen Restpflanzenmaterial der Versuchsreihe V3 im Sortenmittel .....	68
Tabelle 52:	T-Verluste (%) des frischen Restpflanzenmaterials des Versuchs V3 <i>in sacco</i> in Abhängigkeit der Inkubationszeit im Pansen im Mittel der Erntezeitpunkte .....	70
Tabelle 53:	T-Verluste (%) des frischen Restpflanzenmaterials des Versuchs V3 <i>in sacco</i> in Abhängigkeit der Inkubationszeit im Pansen im Sortenmittel .....	70
Tabelle 54:	Parameter der potentiellen Abbaubarkeit der frischen Maisrestpflanzen des Versuchs V3 im Mittel der Erntezeitpunkte .....	71
Tabelle 55:	Parameter der potentiellen Abbaubarkeit der frischen Maisrestpflanzen des Versuchs V3 im Sortenmittel .....	72
Tabelle 56:	Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Maisrestpflanzen des Versuchs V3 in Abhängigkeit der Passageraten .....	73
Tabelle 57:	Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Maisrestpflanzen des Versuchs V3 in Abhängigkeit der Passageraten im Mittel der Erntezeitpunkte .....	74

Tabelle 58:	Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Maisrestpflanzen des Versuchs V3 in Abhängigkeit der Passageraten im Sortenmittel .....	74
Tabelle 59:	Trockensubstanz- und Rohrnährstoffgehalte des frischen Restpflanzenmaterials der Versuchsreihe V4 .....	77
Tabelle 60:	Trockensubstanz- und Rohrnährstoffgehalte des frischen Restpflanzenmaterials der Versuchsreihe V4 im Mittel der Erntezeitpunkte .....	77
Tabelle 61:	Trockensubstanz- und Rohrnährstoffgehalte des frischen Restpflanzenmaterials der Versuchsreihe V4 im Sortenmittel .....	78
Tabelle 62:	Gehalte an pflanzlichen Gerüstsubstanzen im frischen Restpflanzenmaterial der Versuchsreihe V4 im Mittel der Erntezeitpunkte .....	79
Tabelle 63:	Gehalte an pflanzlichen Gerüstsubstanzen im frischen Restpflanzenmaterial der Versuchsreihe V4 im Sortenmittel .....	79
Tabelle 64:	T-Verluste (%) des frischen Restpflanzenmaterials des Versuchs V4 <i>in sacco</i> in Abhängigkeit der Inkubationszeit im Pansen im Mittel der Erntezeitpunkte .....	81
Tabelle 65:	T-Verluste (%) des frischen Restpflanzenmaterials des Versuchs V4 <i>in sacco</i> in Abhängigkeit der Inkubationszeit im Pansen im Sortenmittel .....	81
Tabelle 66:	Parameter der potentiellen Abbaubarkeit der frischen Maisrestpflanzen des Versuchs V4 im Mittel der Erntezeitpunkte .....	82
Tabelle 67:	Parameter der potentiellen Abbaubarkeit der frischen Maisrestpflanzen des Versuchs V4 im Sortenmittel .....	83
Tabelle 68:	Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Maisrestpflanzen des Versuchs V4 in Abhängigkeit der Passageraten .....	84
Tabelle 69:	Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Maisrestpflanzen des Versuchs V4 in Abhängigkeit der Passageraten im Mittel der Erntezeitpunkte .....	85

Tabelle 70:	Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Maisrestpflanzen des Versuchs V4 in Abhängigkeit der Passageraten im Sortenmittel.....	85
Tabelle 71:	Beispiel für den Einfluss des Mais-Genotyps auf die ruminale Abbaurate der Maisstärke ofengetrockneter Maiskörner .....	104
Tabelle 72:	Einfluss der Konservierungsmethode auf die Auswaschverluste (0 h) und die effektive ruminale Abbaubarkeit (P) der T bzw. OS von Maiskörnern, dargestellt als Mittel der Erntezeitpunkte (EZP) und Sorten.....	110
Tabelle 73:	Einfluss der Konservierungsmethode auf die Parameter der potentiellen ruminale Abbaubarkeit der T von Maiskörnern.....	110
Tabelle 74:	Veränderung des Anteils der kleinen Partikel (KLP) und der Auswaschverluste (0 h) durch die Silierung, dargestellt als Mittel von vier Erntezeitpunkten.....	112
Tabelle 75:	Effektive ruminale Abbaubarkeit (P (%); $k= 0,08$ ) der T in Abhängigkeit des Korn-Endosperms und der Konservierung der Versuchsreihen V1, V2 und V5 im Mittel der Erntezeitpunkte und Sorten.....	114
Tabelle 76:	Auswaschverluste (0 h, %) und Verluste an kleinen Partikeln (KLP, %) der T der Versuchsreihen V1, V2 und V5 im Mittel der Erntezeitpunkte und Sorten in Abhängigkeit des Korn-Endosperms .....	116
Tabelle 77:	Einfluss des Stärketyps auf die ruminale Abbaurate der Trockensubstanz gefriergetrockneter Maiskörner der Versuchsreihe V5 im Mittel der Erntezeitpunkte und Sorten.....	118
Tabelle 78:	Vergleich des Einflusses der Sorte und des Reifegrades auf die effektive ruminale Abbaubarkeit der T von Maiskörnern bei Passageraten (k) von 2 %/h und 8 %/h in Abhängigkeit der Konservierungsmethode .....	123
Tabelle 79:	Vergleich des Einflusses des Erntezeitpunktes (EZP) auf die Parameter der potentiellen ruminale Abbaubarkeit der T von Maiskörnern in Abhängigkeit der Konservierungsmethode.....	125

Tabelle 80:	Vergleich des Einflusses des Erntezeitpunktes (EZP) auf die Verzögerungszeit (lag-time, $t_0$ ) des ruminalen Abbaus der T von Maiskörnern in Abhängigkeit der Konservierungsmethode.....	127
Tabelle 81:	Einfluss des $bm_3$ -Genotyps auf die Zusammensetzung der Zellwand der Maisrestpflanzen der Versuchsreihe V3 .....	143
Tabelle 82:	Einfluss des Sorten-Genotyps der Restpflanzen der Versuchsreihe V3 auf das Verhältnis der Strukturkohlenhydrate (Hemicellulose + Cellulose) zu Lignin .....	144
Tabelle 83:	Einfluss des $bm_3$ -Genotyps auf das Abbauverhalten der Maisrestpflanzen der Versuchsreihe V3 im Pansen.....	144
Tabelle 84:	Signifikante Korrelationen ( $r$ ) zwischen den Zellwandfraktionen der Maisrestpflanzen der Versuchsreihe V3 und der effektiven ruminalen Abbaubarkeit der T bei einer Passagerate von $8 \%h^{-1}$ in Abhängigkeit des Genotyps im Mittel der Erntezeitpunkte.....	146
Tabelle 85:	Einfluss des Sorten-Genotyps der Restpflanzen der Versuchsreihe V4 auf das Verhältnis der Strukturkohlenhydrate (Hemicellulose + Cellulose) zu Lignin .....	148
Tabelle 86:	Signifikante Korrelationen ( $r$ ) zwischen den Zellwandfraktionen der Maisrestpflanzen der Versuchsreihe V4 und der effektiven ruminalen Abbaubarkeit der T bei Passageraten von $8 \%h^{-1}$ in Abhängigkeit des Erntezeitpunktes.....	149
Tabelle 87:	Einfluss des Genotyps auf die Zusammensetzung der Zellwand der Maisrestpflanzen der Versuchsreihen V3 und V4 im Mittel der Erntezeitpunkte .....	150
Tabelle 88:	Einfluss des Genotyps auf das Abbauverhalten der Maisrestpflanzen der Versuchsreihen V3 und V4 im Mittel der Erntezeitpunkte.....	151
Tabelle 89:	Signifikante Korrelationen ( $r$ ) zwischen den Zellwandfraktionen der Maisrestpflanzen der Versuchsreihe V3 und V4 sowie der effektiven ruminalen Abbaubarkeit der T bei Passageraten von $8 \%h^{-1}$ in Abhängigkeit des Erntezeitpunktes .....	151

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1/2: Verlauf des pH-Wertes im Pansensaft der Tiere zu Versuchsbeginn von V1 (27.07.02) und V2 (13.01.03).....	26
Abbildung 3/4: Verlauf des pH-Wertes im Pansensaft der Tiere zu Beginn und Ende von V3.....	26
Abbildung 5/6: Verlauf des pH-Wertes im Pansensaft der Tiere zu Beginn und Ende von V4.....	26
Abbildung 7/8: Verlauf des pH-Wertes im Pansensaft der Tiere zu Beginn und Ende von V5.....	27
Abbildung 9/10: Verlauf der NH <sub>3</sub> -Konzentration im Pansensaft der Tiere zu Versuchsende von V2 (23.11.02) und V3 (03.05.03).....	27
Abbildg. 11/12: Verlauf der NH <sub>3</sub> -Konzentration im Pansensaft der Tiere zu Versuchsende von V4 (27.07.03) und V5 (12.12.03).....	27
Abbildung 13: Schematische Darstellung der Zusammensetzung des Maiskorns ...	102
Abbildung 14: Beziehung zwischen T-Gehalt zur Ernte und effektiver ruminaler Abbaubarkeit (P, k= 0,08) der frischen Körner-T der Versuchsreihe V2.....	121
Abbildung 15: Beziehung zwischen T-Gehalt zur Ernte und effektiver ruminaler Abbaubarkeit (P, k= 0,08) der frischen Körner-T der Versuchsreihe V5.....	121
Abbildung 16: Beziehung zwischen T-Gehalt zur Ernte und effektiver ruminaler Abbaubarkeit (P, k= 0,08) der silierten Körner-T der Versuchsreihe V1.....	122
Abbildung 17: Beziehung zwischen T-Gehalt zur Ernte und effektiver ruminaler Abbaubarkeit (P, k= 0,08) heißluftgetrockneter Körner.....	122
Abbildung 18: Beziehung zwischen NDF-Gehalt zur Ernte und effektiver ruminaler Abbaubarkeit (P, k=0,08) des Restpflanzenmaterials der Versuchsreihe V3.....	147

---

Abbildung 19: Beziehung zwischen NDF-Gehalt zur Ernte und effektiver ruminaler Abbaubarkeit (P, k=0,08) des Restpflanzenmaterials der Versuchsreihe V4 .....	150
Abbildung 20: Zusammenhang zwischen effektiver ruminaler Abbaubarkeit (k=0,08, P8 %) und dem NDF-Gehalt im Reifeverlauf .....	154
Abbildung 21: Zusammenhang zwischen effektiver ruminaler Abbaubarkeit (k=0,08, P8 %) und dem ADF-Gehalt im Reifeverlauf .....	154
Abbildung 22: Zusammenhang zwischen effektiver ruminaler Abbaubarkeit (k=0,08, P8 %) und dem ADL-Gehalt im Reifeverlauf.....	155

## Verzeichnis der Abkürzungen und Symbole

ad lib.	ad libitum
ADF	acid detergent fiber
ADL	acid detergent lignin
B	Bestimmtheitsmaß
bm	brown midrib
bm <sub>3</sub>	brown midrib-3-Mutation
BS	Buttersäure
bzw.	beziehungsweise
C	Kohlenstoff
Ca	Calcium
ca.	circa
CEC	Kationenaustauschkapazität
CEL	Cellulose
cm	Zentimeter
cm <sup>2</sup>	Quadratcentimeter
d.h.	das heißt
DG	Durchgang
dl	Deziliter
ed. / eds.	Editor / Editoren
ELOS	enzymlösbare organische Substanz
ES	Essigsäure
etc.	et cetera
EZP	Erntezeitpunkt
FFS	flüchtige Fettsäuren
FM	Frischmasse
FS	Frischsubstanz
g	Gramm
H	Wasserstoff
h	Stunde
HEM	Hemicellulosen
HLG	heißluftgetrocknet
i. d. T	in der Trockenmasse

---

k	Passagerate
Kap.	Kapitel
kg	Kilogramm
KL	Klason Lignin
KLP	kleine Partikel
Konz.	Konzentration
l	Liter
LG	Lebendgewicht
LM	Lebendmasse
log	Logarithmus
MAX	Maximum
ME	umsetzbare Energie
mg	Milligramm
MIN	Minimum
min	Minute
MJ	Megajoule
ml	Milliliter
mm	Millimeter
n	Anzahl / Stichprobenumfang
N	Stickstoff
NDF	neutral detergent fiber
NH <sub>3</sub>	Ammoniak
NIRS	Nahinfrarot-Reflexions-Spektroskopie
nm	Nanometer
NPN	Nichtproteinstickstoff
Nr.	Nummer
O	Sauerstoff
OM	organische Masse
OS	organische Substanz
P	Signifikanzniveau
<i>p</i>	potentielle Abbaubarkeit
<i>P</i>	effektive Abbaubarkeit
pH	physikalische Härte
PS	Propionsäure

r	Korrelationskoeffizient
S	Schwefel
s	Standardabweichung
SD	standard deviation
SEM	standard error means
SIL	siliert
STBA	Statistisches Bundesamt
t	time
T / TS	Trockensubstanz
TM	Trockenmasse
U/min	Umdrehungen/Minute
V	Versuch
vgl.	vergleiche
vs.	versus
WL	wasserlösliche Fraktion
XA	Rohasche
XF	Rohfaser
XL	Rohfett
XP	Rohprotein
XS	Rohstärke
z.B.	zum Beispiel
%	Prozent
°C	Grad Celsius
°	Grad
$\bar{x}$	Mittelwert
µg	Mikrogramm
µl	Mikroliter
µm	Mikrometer
µmol	Mikromol
∅	Durchschnitt







## 1. Einleitung

In der Milchviehhaltung und der Bullenmast ist die Erzeugung hoher tierischer Leistungen aus dem Grundfutter ein wichtiger ökonomischer Faktor. Einen besonderen Beitrag als ertrag- und energiereiches Futtermittel leistet in diesem Zusammenhang der Silomais. In Deutschland nimmt Silomais den überwiegenden Anteil an der gesamten Maisanbaufläche ein. Die Anbaufläche betrug 2004 in Deutschland 1,25 Mio. Hektar. Dies entsprach etwa 11 % der gesamten Ackerfläche bzw. 73 % der Ackerfutterfläche.

Wegen des hohen Energiegehaltes ist Mais prinzipiell sehr gut für die Fütterung hochleistender Wiederkäuer geeignet. Folglich wird Mais, meist in Form von Silage oder als Körnermais, in der Wiederkäuerernährung intensiv genutzt. Die mit den Tieren angestrebten hohen Leistungen (Milch und/oder Fleisch) setzen dabei eine optimale Futterqualität voraus. Die Ziele der Maiszüchtung waren lange Zeit ausschließlich auf betriebswirtschaftliche Belange wie Frühreife, Massenertrag, Standfestigkeit, Krankheits- und Schädlingsresistenz sowie Klimatoleranz ausgerichtet. Die moderne Züchtung berücksichtigt neben den klassischen landwirtschaftlichen Qualitätsansprüchen zunehmend den Futterwert. Das Hauptziel einer fortschrittlichen Silomaiszüchtung ist die Verbesserung der Energielieferung aus dem Grundfutter sowie die Verbesserung der Qualität tierischer Erzeugnisse im Zusammenhang mit der Beeinflussung des Stoffwechsels bzw. der Stoffwechselprodukte in Abhängigkeit des Futtermittels. Unterschiede in der Energielieferung von Maisprodukten ergeben sich aus Unterschieden in der Verdaulichkeit von Restpflanzen- und Kornanteil der Pflanze aber auch durch Unterschiede in der Wechselbeziehung zwischen Zellwand- und Stärkefraktion in der Ration. Der relative Anteil an Stärke, der im Pansen und im Dünndarm verdaut wird, variiert dabei und hat Auswirkungen auf Art und Menge an Nährstoffen, die dem Wiederkäuer in Form von flüchtigen Fettsäuren und Glucose zur Verfügung stehen. Stärke - der Hauptbestandteil des Maiskornes - wird im Pansen generell langsam abgebaut (ØRSKOV, 1986), es bestehen jedoch Unterschiede zwischen den Genotypen.

In der Maissilage steigt der Anteil an Körnern an der Ganzpflanze mit zunehmender Reife an, während jedoch gleichzeitig die Verdaulichkeit der Restpflanze abnimmt. Der Körneranteil der Maissilage repräsentiert durchschnittlich etwa 37 % der Trockenmasse der Ganzpflanze. Eine Steigerung des Korngehaltes der Maispflanze

sollte die Silageverdaulichkeit verbessern, da die Körner fast vollständig im Verdauungstrakt von Wiederkäuern verdaulich sind (OBA und ALLEN, 2003). In Bezug auf die Stärkefraktion ist es ein erklärtes Ziel der Tierernährung, die Stärkeverdauung im Pansen zu optimieren, um zum einen eine Störung des mikrobiellen Ökosystems zu verhindern, und andererseits ein zu extremes Ansteigen an Bypass-Stärke und damit eine mögliche Reduzierung der Stärkeverdaulichkeit im Gesamttrakt zu vermeiden. Dieses Ziel kann durch eine kontrollierte Stärkezufuhr und durch eine Überprüfung der ruminalen Abbauraten der Stärke erreicht werden.

Neben dem Korn beeinflusst auch der Anteil und die Zusammensetzung der Zellwandfraktion der Maisganzpflanze sowohl die Verdaulichkeit als auch die Höhe der Futteraufnahme von Maissilage. Eine vergleichbare Verdaulichkeit von Maissilage kann entweder durch einen hohen Körneranteil in Kombination mit einem relativ niedrigen Anteil einer gering verdaulichen Restpflanze erreicht werden, oder durch einen relativ niedrigen Körneranteil der durch einen anteilig höheren Gehalt einer Restpflanze kompensiert wird, welche eine hohe Verdaulichkeit aufweist. Eine Verbesserung des energetischen Futterwertes von Maissilage über die Restpflanze kann dabei sowohl durch Nutzung der genetischen Variationen, die zwischen „normalen“ Genotypen besteht, erfolgen, als auch durch die Nutzung der Brown-Midrib-Mutation. Eine generelle Verbesserung der Faserverdaulichkeit von Maissilage könnte neben der Energielieferung auch die Futteraufnahme erhöhen und dadurch zu einer besseren Verwertung der Maisganzpflanze als Futtermittel beitragen.

Ziel der vorliegenden Arbeit war, die genetische Variation der ruminalen Abbaukinetik von Körnern und von Restpflanzen verschiedener Maissorten in Abhängigkeit des Erntezeitpunktes zu überprüfen. Zusätzlich wurde die Kornkonservierung variiert, die in Wechselwirkung mit dem Einfluss von Korngentyp und Erntezeitpunkt die ruminale Verwertung von Stärke aus Maiskörnern maßgeblich beeinflussen kann.

## 2. Material und Methodik

### 2.1 Versuchsplanung und Versuchsaufbau

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem ruminalen Abbau von Bestandteilen der Maispflanze, einmal in Bezug auf die Maiskörner und zum anderen bezüglich der Restpflanze von Mais. Als Messmethodik wurde die *in sacco*-Technik mittels pansenfistulierter Milchkühe gewählt. Das Pflanzenmaterial differenziert sich durch die Auswahl unterschiedlicher Sorten (Genotyp), unterschiedliche Erntezeitpunkte (Reifestatus) sowie im Fall des Körnermaterials (V1 vs. V2 und V5) durch die Wahl verschiedener Konservierungsmethoden (Vorbehandlung).

Die Arbeit setzt sich aus fünf Einzelversuchen (V1 - V5) zusammen, davon ein Versuch mit silierten Maiskörnern (V1; siliert und gefriergetrocknet), zwei Versuche mit frischen Maiskörnern (V2, V5; gefriergetrocknet) sowie zwei Versuche mit frischen Restpflanzen (V3, V4; gefriergetrocknet). Eine Übersicht der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Versuche ist in Tabelle 1 dargestellt.

*Tab. 1: Zusammenstellung der durchgeführten Versuche*

Zeitraum	Versuch	Fraktion	Konservierung	Sorten (n)	EZP (n)	Tiere (n)	Inkubationszeiten
30.07.02 - 14.08.02	V1	Körner	siliert	6	4	3	0 – 48 h
25.11.02 - 13.01.03	V2	Körner	frisch	12	4	3	0 – 48 h
15.04.03 - 01.05.03	V3	Restpflanze	frisch	6	3	3	0 – 96 h
03.07.03 - 17.07.03	V4	Restpflanze	frisch	6	3	3	0 – 96 h
24.11.03 - 09.12.03	V5	Körner	frisch	11	3 / 4	5	0 – 48 h

#### 2.1.1 Versuch V1 (silierte Maiskörner)

In der ersten Versuchsreihe (V1, 30.07.02 - 14.08.02) wurden die Körner von sechs verschiedenen Maishybriden hinsichtlich ihrer ruminalen Abbaubarkeit getestet. Die

Proben der Maiskörner wurden im Jahr 2001 zu vier unterschiedlichen Erntezeitpunkten aus dem stehenden Bestand gezogen, so dass sich ein zweifaktorieller Versuchsansatz (Sorte und Erntezeitpunkt, n=24) ergab. Die Körner wurden in Weckgläsern einsiliert und nach Ende des Silierprozesses gefriergetrocknet. Von den 24 silierten Maisproben wurden jeweils vier Wiederholungen in zwei Durchgängen in den Pansen von drei fistulierten Kühen inkubiert. Die verwendeten Sorten, die Erntezeitpunkte und die Verteilung der Wiederholungen auf die Versuchstiere der ersten Versuchsreihe (V1) sind in der Tabelle 2 dargestellt.

Tab. 2: Anzahl und Verteilung der Wiederholungen je Inkubationszeit\* im Versuch V1

Sorte	Erntezeitpunkt	Versuchstiere			Versuchsdurchgang
		I	II	III	
Achat	22.08.01	2	1	1	1
Achat	03.09.01	2	1	1	
Achat	18.09.01	2	1	1	2
Achat	01.10.01	2	1	1	
Antares	22.08.01	2	1	1	1
Antares	03.09.01	2	1	1	
Antares	18.09.01	2	1	1	2
Antares	01.10.01	2	1	1	
Byzance	22.08.01	1	1	2	1
Byzance	03.09.01	1	1	2	
Byzance	18.09.01	1	1	2	2
Byzance	01.10.01	1	1	2	
Helga	22.08.01	1	1	2	1
Helga	03.09.01	1	1	2	
Helga	18.09.01	1	2	1	2
Helga	01.10.01	1	1	2	
Mondeo	22.08.01	1	2	1	1
Mondeo	03.09.01	1	2	1	
Mondeo	18.09.01	1	2	1	2
Mondeo	01.10.01	1	2	1	
Oldham	22.08.01	1	2	1	1
Oldham	03.09.01	1	2	1	
Oldham	18.09.01	1	2	1	2
Oldham	01.10.01	1	2	1	

\*Inkubationszeiten: 2 h, 4 h, 8 h, 16 h, 24 h und 48 h

### 2.1.2 Versuch V2 (frische Maiskörner)

In einer zweiten Versuchsreihe (V2, 25.11.02 - 13.01.03) wurde mit frischen Maiskörnern (nicht konserviert, gefriergetrocknet) gearbeitet. Die Versuchsreihe wurde mit Körnern von 12 verschiedenen Silomaisarten durchgeführt, die im Jahr 2002 angebaut und zu vier unterschiedlichen Erntezeitpunkten geerntet wurden. Während der Versuchsperiode wurden jeweils 4 Sorten x 4 Erntezeitpunkten in drei aufeinanderfolgenden Versuchsphasen in den Pansen von drei Tieren inkubiert. Innerhalb jeder Versuchsphase erfolgten zwei Durchgänge was eine maximale Anzahl von vier Wiederholungen möglich machte. Die verwendeten Sorten, die Erntezeitpunkte und die Verteilung der Wiederholungen (n=3 bzw. n=6) auf die Versuchstiere der zweiten Versuchsreihe (V2) sind der Tabelle 3.1/2 zu entnehmen.

Tab. 3.1: Anzahl und Verteilung der Wiederholungen je Inkubationszeit\* im Versuch V2

Sorte	Erntezeitpunkt	Versuchstiere			Versuchsdurchgang
		I	II	III	
Abondance	27.08.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	1.1
Abondance	09.09.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Abondance	25.09.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Abondance	07.10.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Achat	27.08.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	1.1
Achat	09.09.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Achat	25.09.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Achat	07.10.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Avenir	27.08.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	1.2
Avenir	09.09.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Avenir	25.09.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Avenir	07.10.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Byzance	27.08.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	1.2
Byzance	09.09.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Byzance	25.09.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Byzance	07.10.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Antares	27.08.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	2.2
Antares	09.09.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Antares	25.09.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Antares	07.10.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Fjord	27.08.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	2.2
Fjord	09.09.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Fjord	25.09.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Fjord	07.10.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Helga	27.08.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	2.1
Helga	09.09.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Helga	25.09.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Helga	07.10.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Mondeo	27.08.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	2.1
Mondeo	09.09.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Mondeo	25.09.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Mondeo	07.10.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	

\*Inkubationszeiten: n=1 für 24 h und 48 h; n=2 für 2 h, 4 h, 8 h und 16 h

Tab. 3.2: Anzahl und Verteilung der Wiederholungen je Inkubationszeit\* im Versuch V2

Sorte	Erntezeitpunkt	Versuchstiere			Versuchsdurchgang
		I	II	III	
Helix	27.08.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	3.1
Helix	09.09.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Helix	25.09.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Helix	01.10.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Helix-BM <sub>3</sub>	27.08.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	3.1
Helix-BM <sub>3</sub>	09.09.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Helix-BM <sub>3</sub>	25.09.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Helix-BM <sub>3</sub>	01.10.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
NX0451	27.08.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	3.2
NX0451	09.09.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
NX0451	25.09.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
NX0451	07.10.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Oldham	27.08.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	3.2
Oldham	09.09.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Oldham	25.09.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Oldham	07.10.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	

\*Inkubationszeiten: n=1 für 24 h und 48 h; n=2 für 2 h, 4 h, 8 h und 16 h

### 2.1.3 Versuch V3 und V4 (frische Mais-Restpflanzen)

In den Versuchsreihen V3 (15.04.03 - 01.05.03) und V4 (03.07.03 - 17.07.03) wurde im Gegensatz zu den bisher durchgeführten Versuchen nicht mit Körnermaterial, sondern mit Restpflanzenmaterial gearbeitet. Dabei wurden überwiegend Restpflanzen aus dem Anbaujahr 2001 verwendet (10 Sorten aus 2001, zwei Sorten aus 2002), die zu drei unterschiedlichen Erntezeitpunkten aus dem stehenden Bestand geerntet wurden. Damit ergab sich bei beiden Versuchen (V3, V4) ein zweifaktorieller Versuchsansatz (Sorte und Erntezeitpunkt, jeweils n=18). Das Material wurde nach Ernte und Zerkleinerung noch in frischem Zustand einer schonenden Gefrier-trocknung unterzogen und wird in der Folge als „frisches“ Material bezeichnet. Während der Versuchsperioden (V3, V4) wurden je Versuchsreihe 6 Sorten x 3 Erntezeitpunkten in zwei Durchgängen in den Pansen von drei fistulierten Kühen inkubiert, wodurch eine maximale Anzahl von sechs Wiederholungen pro Variante möglich

war. Die verwendeten Sorten, die Erntezeitpunkte und die Verteilung der Wiederholungen (n=3 bzw. n=6) auf die Versuchstiere der dritten und der vierten Versuchsreihe (V3 und V4) sind in der Tabelle 4 bzw. Tabelle 5 zusammengefasst.

Tab. 4: Anzahl und Verteilung der Wiederholungen je Inkubationszeit\* im Versuch V3

Sorte	Erntezeitpunkt	Versuchstiere			Versuchsdurchgang
		I	II	III	
Antares	03.09.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	1
Antares	18.09.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Antares	01.10.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Antares-BM <sub>3</sub>	28.08.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	1
Antares-BM <sub>3</sub>	19.09.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Antares-BM <sub>3</sub>	08.10.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Byzance	03.09.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	1
Byzance	18.09.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Byzance	01.10.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Byzance-½BM <sub>3</sub>	28.08.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	2
Byzance-½BM <sub>3</sub>	19.09.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Byzance-½BM <sub>3</sub>	08.10.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Helix	27.08.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	2
Helix	25.09.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Helix	01.10.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Helix-BM <sub>3</sub>	27.08.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	2
Helix-BM <sub>3</sub>	25.09.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Helix-BM <sub>3</sub>	01.10.02	1 / 2	1 / 2	1 / 2	

\*Inkubationszeiten: n=1 für 24 h und 48 h; n=2 für 2 h, 4 h, 8 h und 16 h

Tab. 5: Anzahl und Verteilung der Wiederholungen je Inkubationszeit\* im Versuch V4

Sorte	Erntezeitpunkt	Versuchstiere			Versuchsdurchgang
		I	II	III	
Attribut	27.08.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Attribut	18.09.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	1
Attribut	02.10.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Elide	27.08.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Elide	18.09.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	1
Elide	02.10.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Goldoli	27.08.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Goldoli	18.09.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	1
Goldoli	04.10.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Helga	03.09.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Helga	18.09.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	2
Helga	02.10.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
PG013621	28.08.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
PG013621	19.09.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	2
PG013621	08.10.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Prelude	27.08.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	
Prelude	18.09.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	2
Prelude	02.10.01	1 / 2	1 / 2	1 / 2	

\*Inkubationszeiten: n=1 für 24 h und 48 h; n=2 für 2 h, 4 h, 8 h und 16 h

#### 2.1.4 Versuch V5 (frische Maiskörner)

In der fünften Versuchsreihe, V5 (24.11.03 - 09.12.03), wurde wie in Versuchsreihe 2 mit frischen Maiskörnern gearbeitet. Die Versuchsreihe wurde mit Körnern von 11 verschiedenen Silomaisorten durchgeführt, die im Jahr 2003 angebaut und zu mehrheitlich vier unterschiedlichen Erntezeitpunkten geerntet wurden (zwei Sorten mit drei Erntezeitpunkten). Das Körnermaterial wurde gefriergetrocknet und in zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen in den Pansen von fünf Tieren inkubiert, was maximal vier Wiederholungen pro Variante (Sorte x Erntezeitpunkt, n=42) ermöglichte. Die verwendeten Sorten, die Erntezeitpunkte und die Verteilung der Wiederholungen (n=4) auf die Versuchstiere der fünften Versuchsreihe (V5) sind in der Tabelle 6.1/2 zusammengefasst dargestellt.

Tab. 6.1: Anzahl und Verteilung der Wiederholungen je Inkubationszeit\* im Versuch V5

Sorte	Erntezeitpunkt	Versuchstiere					Vers.-durchgang
		I	II	III	IV	V	
Banguy	12.08.03	1	1	1	1		
Banguy	26.08.03	1	1	1	1		1
Banguy	08.09.03	1	1	1	1		
Banguy	22.09.03	1	1	1	1		
Batawax	26.08.03	1	1	1	1		
Batawax	08.09.03	1	1	1	1		
Batawax	22.09.03	1	1	1	1		
Byzance	12.08.03	1	1	1		1	1
Byzance	26.08.03	1	1	1		1	
Byzance	08.09.03	1	1	1		1	
Byzance	22.09.03	1	1	1		1	
Delitop	12.08.03	1	1	1		1	2
Delitop	26.08.03	1	1	1		1	
Delitop	08.09.03	1	1		1	1	
Delitop	22.09.03	1	1		1	1	
Gavott	12.08.03	1	1		1	1	1
Gavott	26.08.03	1	1		1	1	
Gavott	08.09.03	1	1		1	1	
Gavott	22.09.03	1	1		1	1	
GBL	26.08.03	1	1	1	1		2
GBL	08.09.03	1	1	1		1	
GBL	22.09.03	1	1	1		1	
Helga	12.08.03	1		1	1	1	1
Helga	26.08.03	1		1	1	1	
Helga	08.09.03	1		1	1	1	
Helga	22.09.03	1		1	1	1	

\*Inkubationszeiten: 2 h, 4 h, 8 h, 16 h, 24 h, 48 h, 72 h und 96 h

Tab. 6.2: Anzahl und Verteilung der Wiederholungen je Inkubationszeit im Versuch V5

Sorte	Erntezeitpunkt	Versuchstiere					Vers.-durchgang
		I	II	III	IV	V	
NX0451	12.08.03	1	1		1	1	
NX0451	26.08.03	1	1		1	1	2
NX0451	08.09.03	1		1	1	1	
NX0451	22.09.03	1		1	1	1	
NX0761	12.08.03	1		1	1	1	
NX0761	26.08.03	1		1	1	1	2
NX0761	08.09.03	1		1	1	1	
NX0761	22.09.03	1		1	1	1	
N23-C1	12.08.03		1	1	1	1	
N23-C1	26.08.03		1	1	1	1	1
N23-C1	08.09.03		1	1	1	1	
N23-C1	22.09.03		1	1	1	1	
Oldham	12.08.03		1	1	1	1	
Oldham	26.08.03		1	1	1	1	2
Oldham	08.09.03		1	1	1	1	
Oldham	22.09.03		1	1	1	1	

\*Inkubationszeiten: 2 h, 4 h, 8 h, 16 h, 24 h, 48 h, 72 h und 96 h

## 2.2 Tiermaterial und Tierhaltung

Die *in situ*-Abbaubarkeitsversuche wurden an der Versuchsanlage des Bereichs Tierernährung (VAT) des Departments für Tierwissenschaften der TU München, Freising-Weihenstephan durchgeführt. Es standen drei bis fünf trockenstehende Kühe der Rasse "Deutsche Holstein" (LG etwa 750 kg) zur Verfügung. Alle Versuchstiere waren mit einer Fistel im dorsalen Pansensack (10 cm innerer Durchmesser; #2C, BarDiamond Inc., Parma, Idaho, USA) versehen. Die Tiere standen in einem vollklimatisierten (20°C) Stall in Anbindehaltung mit Einzeltierfütterung bei strohloser Aufstallung auf Gummimatten. Die Fütterung erfolgte jeweils um 07:00 Uhr und um 16:00 Uhr. Als Ration wurde während der Versuchsperiode eine Mischung aus Maissilage, Sojaextraktionsschrot und Mineralfutter verfüttert. Eine Tagesration setzte sich aus 6 kg T Maissilage (ca. 35 - 38 % T), 0,8 kg Sojaextraktionsschrot sowie 100 g calciumreichem Mineralfutter für Rinder zusammen. Dies entsprach

insgesamt etwa dem 1,2-fachen des energetischen Erhaltungsbedarfs. Alle Tiere hatten per Selbsttränke zu jeder Zeit freien Zugang zum Tränkewasser.

Die Maissilagen wurden hier nicht im Einzelnen mit ihren Roh Nährstoffgehalten aufgeführt, da angenommen werden konnte, dass alle Tiere bei vergleichbarer Trockenmasseaufnahme und einer Fütterung über dem Erhaltungsbedarf ausreichend mit Nährstoffen versorgt waren.

### 2.3 Maisanbau, Probennahme und Vorbehandlung des Pflanzenmaterials

Die Maissorten der verschiedenen Versuchsreihen wurden im entsprechenden Anbaujahr (V1 2001; V2 2002; V3 2001 (außer Helix/Helix-BM<sub>3</sub> 2002); V4 2001; V5 2003) unter jeweils identischen Bedingungen (Standort, Saatzeit, Saattiefe, Saattiefe, Düngung, Unkrautbekämpfung) auf der Versuchsstation der TUM „Hirschau“ angebaut. Eine Zusammenstellung der verwendeten Maishybriden und die Beschreibung ihrer Sorteneigenschaften ist der Tabelle A0 im Anhang zu entnehmen.

Für die Versuchsreihen, bei denen mit Körnermaterial gearbeitet werden sollte (V1, V2, V5), wurde zu vier im Reifegrad der Maispflanzen unterschiedlichen Ernteterminen repräsentative Stichproben gezogen. Dazu wurden je 30 Ganzpflanzen sowie zusätzlich 20 Kolben aus dem stehenden Bestand geerntet. Für die Versuchsreihen, bei denen ausschließlich mit Restpflanzenmaterial gearbeitet werden sollte (V3, V4), wurden zu drei im Reifeverlauf fortschreitenden Ernteterminen je 30 Ganzpflanzen in Form einer repräsentativen Stichprobe aus dem stehenden Bestand gezogen.

Die Ganzpflanzen wurden anschließend in Kolben (ohne Lieschen) und Restpflanze (Ganzpflanze ohne Kolben) aufgetrennt und getrennt verwogen. Ein Teil der geernteten Restpflanzen und Kolben wurde direkt zur T-Bestimmung bei 60 °C im Umluft-trockenschrank getrocknet. Dabei wurde etwa 500 g des jeweiligen Materials auf ein vorgewärmtes Blech eingewogen und nach 24-stündiger Trocknung warm zurückgewogen. Die Trockensubstanz berechnete sich dann aus dem Verhältnis von Rückwaage (g) zur Einwaage (g), wobei das Restwasser pauschal durch einen Korrekturfaktor von 0,98 berücksichtigt wurde. Die Restpflanzen der Versuchsreihen V3 und V4 wurden mittels eines stationären Versuchshäckslers zerkleinert und anschließend bis zur weiteren Verwendung bei -18 °C eingefroren. Die Kolben (V1, V2, V5) wurden ebenfalls zunächst bei -18 °C tiefgefroren und bis zur weiteren Aufbereitung eingelagert. Das Kolbenmaterial der Versuchsreihen V1, V2 und V5 wurde zu

einem späteren Zeitpunkt an der Bayerischen Landesanstalt für Pflanzenzucht (BLP) in Freising noch in gefrorenem Zustand maschinell in Körner und Spindeln aufgetrennt, verwogen und erneut bei  $-18\text{ °C}$  tiefgefroren. Abschließend wurden die Körner der Versuchsreihen V2 und V5 an der VAT gefriergetrocknet (Christ Alpha I/20, WKF L10 und Virtis Freezmobile25SL+Unitop1000L), je eine Hälfte des getrockneten Materials mit einer Schlagkreuzmühle mit Segmentsieb (Nelles&Co., Braunschweig) auf 3 mm vermahlen und anschließend bis zur weiteren Verwendung gekühlt gelagert.

Für die Versuchsreihe V1 wurde ein Teil der Körner des Anbaujahres 2001 an der BLT Grub einsiliert. Um einen möglichst praxisnahen Silierprozess zu ermöglichen, wurden die Maiskörner, die sich noch in tiefgefrorenem Zustand befanden, aufgetaut und zunächst in einer Schlagkreuzmühle (Retsch) ohne Siebeinsatz angeschlagen. Dies sollte das Aufbereitungsbild eines Maishäckslers bzw. des Corncrackers nachahmen. Anschließend wurden die Proben nach Sorte und Erntezeitpunkt in Portionen von ca. 2 x 400 g Frischsubstanz ohne Zusatz von Silierhilfsmitteln in je zwei Weckgläser (ca. 500 ml Volumen) eingewogen. Die Lagerung der Weckgläser erfolgte im Klimaraum der BLT Grub bei konstant  $25\text{ °C}$ . Um den Gärverlauf beurteilen zu können, wurden die Behälter am Tag 1 und am Tag 75 (Ende des Silierprozesses) nach dem Einsilieren zur Bestimmung der Gärgasverluste gewogen. Zusätzlich wurde nach Abschluss der Silierung der pH-Wert jeder Probe bestimmt, um die Eignung des Materials für die spätere Verwendung sicherzustellen. Nach Entnahme aus den Weckgläsern wurden die Proben gefriergetrocknet und anschließend mit einer Schlagkreuzmühle mit Segmentsieb (3 mm; Nelles&Co., Braunschweig) vermahlen. Das gehäckselte Restpflanzenmaterial der Versuchsreihen V3 und V4 wurde zur Hälfte gefriergetrocknet und ebenfalls mit einer Schlagkreuzmühle mit Segmentsieb (Nelles&Co., Braunschweig) auf 3 mm vermahlen.

#### 2.4 Versuchsplan und Methodik der in sacco-Abbaubarkeitsmessung

Der Versuchsplan der Versuche V1 - V5 entsprach einem unvollständigen lateinischen Quadrat mit einem zweifaktoriellen Versuchsansatz (Sorte x Erntezeitpunkt). Jede Versuchsperiode bestand aus einer mindestens 14-tägigen Vorperiode zur Adaption an die jeweilige Ration. Neben den nachfolgend beschriebenen *in situ*-Messungen wurden vor Beginn und nach Ende der Hauptperiode des Versuchs Pro-

ben der Pansenflüssigkeit gezogen und der pH-Wert, der Ammoniak-Stickstoff ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) sowie die flüchtigen Fettsäuren (FFS) im Pansensaft der Versuchstiere gemessen. Die Probenahme des Pansensaftes erfolgte immer über die Pansenfistel aus dem ventralen Pansensack. Kleinere Probemengen (ca. 50 ml) wurden mittels einer speziellen, verschließbaren Metallsonde entnommen, für größere Mengen Pansensaft (500 - 1000 ml) wurde eine in der tierärztlichen Praxis übliche „Maul-Pansen-Sonde“ unter Zuhilfenahme des Melkvakuums verwendet. Die Probennahme begann jeweils mit der Fütterung um 07:00 Uhr und wurde mit halbstündlichem bzw. stündlichem Abstand mindestens sechs mal wiederholt. Der pH-Wert und der  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Gehalt wurde in allen Proben gemessen (je zwei Wiederholungen), die flüchtigen Fettsäuren wurden nur in den Proben bestimmt, die drei Stunden nach Beginn der Morgenfütterung entnommen wurden (je drei Wiederholungen).

Die Erfassung der pansenphysiologischen Parameter diente der Sicherstellung eines vergleichbaren Pansenmilieus aller Versuchstiere, um möglichst ähnliche Abbaucharakteristika gewährleisten zu können und somit den Einfluss des Tiereffektes zu minimieren. In Tabelle 7 sind die Entnahmezeitpunkte für Pansensaft zur Analyse aufgeführt.

Tab. 7: Pansensaftentnahmezeitpunkte zur Bestimmung der pansenphysiologischen Parameter (pH-Wert, flüchtige Fettsäuren (FFS) und  $\text{NH}_3\text{-Stickstoff}$ )

Versuchsbezeichnung (Versuchszeitraum)	pH-Wert		FFS / $\text{NH}_3\text{-N}$
	Versuchsbeginn	Versuchsende	
V1 (30.07.02-14.08.02)	27.07.02	-/-	-/-
V2 (25.11.02-13.01.03)	23.11.02	-/-	23.11.02
V3 (15.04.03-01.05.03)	14.04.03	03.05.03	03.05.03
V4 (03.07.03-17.07.03)	02.07.03	27.07.03	27.07.03
V5 (24.11.03-09.12.03)	19.11.03	12.12.03	12.12.03

Die *in sacco*-Abbaubarkeitsmessungen erfolgten in Anlehnung an FLACHOWSKY *et al.* (1988) sowie MADSEN und HVELPLUND (1994). Für die Durchführung der *in situ*-Messung der T-Abbaubarkeit von Maiskörnern bzw. Maisrestpflanzen im Pansen wurden Beutel aus weißem Polyester-Monofilament (N-frei) mit den Abmessungen von 10 x 20 cm nutzbarer Fläche und einer Porengröße von  $50\pm 15 \mu\text{m}$  (R1020,

Ankom Technology, Fairport, NY, USA) verwendet. Bei einer Einwaage von 4,0 g Probenmaterial pro Beutel entsprach dies nach dem Verschließen der Beutel einem Verhältnis von etwa 13 mg Probensubstanz pro cm<sup>2</sup> freier Beuteloberfläche.

Die leeren Beutel wurden vor der Einwaage und Inkubation bei 60 °C im Trockenschrank (Memmert) vorgetrocknet, im Exsikkator auf Raumtemperatur abgekühlt und anschließend gewogen (Leergewicht). In jeden Beutel wurden 4,0±0,1 g gefriergetrocknetes, vermahlene Probenmaterial eingewogen, die Beutel mit Kabelbindern verschlossen und jeweils zwischen 14 und 18 Stück - wiederum mit Kabelbindern - paarweise an elastischen Plastikstäben mit einer Länge von etwa 55 cm angebracht. Zur Inkubation wurde je ein Plastikstab pro Tier an einer 50 cm langen Nylonschnur an der Innenseite des Fistelverschlusses befestigt. Eine Beschwerung der inkubierten Beutel mittels Befestigung eines Gewichtes zur besseren Fixierung im ventralen Pansensack wurde nicht durchgeführt. Die Inkubation in den ventralen Pansensack begann stets mit der Morgenfütterung um 7:00 Uhr. Es erfolgte kein Einweichen der Beutel vor der Inkubation. Die Entnahme erfolgte entsprechend des inkubierten Materials für die Körner (V1, V2, V5) nach 2, 4, 8, 16, 24 und 48 Stunden, im Fall von Restpflanzenmaterial (V3, V4) nach 2, 4, 8, 16, 24, 48, 72 und 96 Stunden in der Form, dass alle Beutel gemeinsam nach dem Ende der vorgesehenen Inkubationsdauer zeitgleich aus dem Pansen entfernt wurden. Sofort nach der Entnahme aus dem Pansen wurden die Plastikstäbe mitsamt der Beutel in Eiswasser gelegt, um eine weitere Aktivität der Mikroorganismen in den Nylonbeuteln zu unterbinden. Danach wurden die Beutel von den Stäben entfernt, unter eiskaltem Wasser von anhaftenden Futterpartikeln befreit und anschließend in einer handelsüblichen Waschmaschine (QUELLE WVA BASIC 74) im Kaltwaschgang (Spülen, kein Schleudern) bei zweimaligem Wasserwechsel für 19 Minuten gewaschen. Die Beutel wurden nachfolgend bei 100 °C für 48 Stunden in einem Umlufttrockenschrank (Memmert) getrocknet. Die getrockneten Beutel wurden zur Abkühlung auf Raumtemperatur im Exsikkator aufbewahrt und anschließend mit Inhalt zurückgewogen. Zur Bestimmung der Auswaschverluste (Nullvariante, 0 h) wurden je Versuchsreihe und Variante vier befüllte Beutel ohne vorherige Inkubation der Waschprozedur unterworfen, getrocknet und gewogen.

Neben der Bestimmung der Gesamt-Auswaschverluste (0 h) im Rahmen des *in situ*-Verfahrens erfolgte ein zusätzlicher Analysenschritt zur Quantifizierung der Aus-

waschverluste in Bezug auf die Zusammensetzung in Form von wasserlöslichen Anteilen und kleinen Partikeln. Für die Bestimmung der wasserlöslichen Fraktion (WL) im Ausgangsmaterial wurden für die Versuchsreihen V1, V2 und V5 pro Variante 2 x 50 g (Doppelbestimmung), für die Versuchsreihen V3 und V4 je 2 x 30 g Probenmaterial in 800ml-Bechergläser eingewogen und mit 500 ml destilliertem Wasser aufgefüllt. Nach 12-stündiger Verweilzeit unter mehrmaligem Umrühren wurde die Suspension durch einen bei 105°C vorgetrockneten, gewogenen Faltenfilter (No. 595½; Ø 270 mm) abfiltriert. Die Filter wurden mitsamt Inhalt gefriergetrocknet und gewogen. Aus der Differenz zwischen Einwaage und Rückwaage, jeweils bezogen auf die Trockensubstanz, konnten die wasserlöslichen Verluste bestimmt werden. Aus der Differenz des Verlustes nach 0 h abzüglich der WL-Verluste wurde der Auswaschverlust in Form der kleinen Partikel (KLP) geschätzt. Eine Korrektur der Auswaschverluste (0 h) für kleine Partikel wurde nicht durchgeführt.

## 2.5 Analytische Methoden

### 2.5.1 Bestimmung des pH-Wertes der silierten Maiskörner (V1)

Der pH-Wert der Körnersilagen wurde an der BLT-Grub direkt im wässrigen Extrakt des Siliergutes bestimmt. Dazu wurden ca. 25 g der frischen Körnersilage mit 250ml destilliertem H<sub>2</sub>O mit einem Standmixer für 1 Minute homogenisiert und abfiltriert. Anschließend wurde der pH-Wert mittels pH-Meter gemessen.

### 2.5.2 Bestimmung des pH-Wertes im Pansensaft (V1 - V5)

Der pH-Wert des Pansensaftes wurde unmittelbar nach der Entnahme mit einem geeichten pH-Meter (Schott, CG 842) bestimmt.

### 2.5.3 Bestimmung des Ammoniak-Stickstoffs im Pansensaft (V2 - V5)

Zur Messung der Ammoniakkonzentration wurde die gewonnene Pansensaftprobe unmittelbar nach der Entnahme mittels Pansenfistel 15 Minuten bei 4458 g zentrifugiert, der Überstand abpipettiert und eingefroren. Die Analyse des Ammoniak-N-Gehalts (NH<sub>3</sub>-N) im Pansensaft wurde an der Hauptversuchsanstalt für Landwirtschaft in

Freising-Weihenstephan (HVA) nach einer modifizierten Methode nach Conway durchgeführt (Methodenbuch III der LUFA, VORSCHRIFT 4.8.1, 1976). Hierfür wurden je 10 g einer zentrifugierten Pansensaftprobe mit Wasser extrahiert, geklärt und filtriert. Die flüchtigen stickstoffhaltigen Basen wurden in Conway-Schalen nach Zusatz von Kaliumcarbonatlösung durch Mikrodifffusion abgetrennt, in einer Borsäurelösung aufgefangen und mit 0,02 N Schwefelsäure bis zum Farbumschlag des Indikators titriert. Nach demselben Verfahren wurde ein Blindversuch ohne die zu analysierende Probe durchgeführt. Bei der Berechnung der Ergebnisse wurde zugrundegelegt, dass 1 ml 0,02 N Schwefelsäure 0,34 mg Ammoniak in der Probe entsprechen. Die Ergebnisse wurden in Prozent der Ausgangsprobe als Mittelwert aus zwei Wiederholungen ausgedrückt.

#### 2.5.4 Bestimmung der flüchtigen Fettsäuren im Pansensaft (V2 - V5)

Die Bestimmung der flüchtigen Fettsäuren (FFS) erfolgte gaschromatographisch an der HVA in Freising-Weihenstephan jeweils bei den Pansensaftproben (n=3), die 210 Minuten nach der Morgenfütterung gewonnen wurden. Jede Pansensaftprobe wurde kurz nach der Entnahme über die Pansenfistel in Anlehnung an die von GEISLER et al. (1976) beschriebenen Methode 5 Minuten bei 4458 g zentrifugiert. Aus dem Überstand wurde ein Aliquot von 10 ml entnommen, mit 1,5 ml 25-prozentiger Meta-Phosphorsäure und 0,5 ml Ameisensäure versetzt und anschließend erneut für 20 Minuten bei 4912 g zentrifugiert. Die Probe wurde dann nach dem Zusatz eines Tropfens gesättigten Quecksilberchlorids ( $\text{HgCl}_2$ ) gefrierstabil bei  $-18^\circ\text{C}$  bis zur weiteren Analytik gelagert. Zur Bestimmung der FFS wurde der gewonnene Pansensaft nochmals zentrifugiert, mit zweiprozentiger Meta-Phosphorsäure-Lösung versetzt und eine Stunde geschüttelt. Danach wurde die überstehende Lösung geklärt, filtriert und die klare Probenlösung in einem Gaschromatographen mit FID (Dani) analysiert. Als Trägergas diente Stickstoff, die Säulentemperatur war  $180^\circ\text{C}$ , die Injektortemperatur betrug  $250^\circ\text{C}$ . Als Vergleich diente ein Gärsäuren-Flieg-Standard. Als Endwert diente der Mittelwert aus drei Einzelproben.

### 2.5.5 Rohnährstoffanalytik

Die Analytik der Rohnährstoffe (XA, XP, XL und XF) im Probenmaterial der Versuchsreihen V1 - V5 erfolgte an der BLT-Grub mittels Nahinfrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS) nach einer Standard-Kalibration der VDLUFA.

#### 2.5.5.1 Stärkeanalytik

Die Stärkeanalytik der frisch geernteten Körner der Anbaujahre 2001, 2002 und 2003 sowie im Probenmaterial der Versuchsreihen V1 nach der Silierung erfolgte nach der saccharimetrischen Methode.

Die Methode basiert auf einer doppelten Bestimmung. Bei der ersten Bestimmung, dem Probenwert, wird die Probe mit verdünnter Salzsäure in der Siedehitze behandelt. Nach Klärung und Filtration erfolgt die saccharimetrische Messung der optischen Drehung der Lösung (gesamte optische Drehung  $S$ ). Bei der zweiten Bestimmung wird die Probe mit Ethanol (40 %) extrahiert. Nach Behandlung des Filtrates mit Salzsäure wird geklärt, filtriert und die optische Drehung unter den gleichen Bedingungen wie bei der ersten Bestimmung gemessen (Blindwert,  $S'$ ). Der Unterschied zwischen den beiden Messungen ( $S - S'$ ), multipliziert mit einem bekannten Faktor, ergibt den Stärkegehalt der Probe.

Zur Bestimmung des Probenwertes ( $S$ ) wurden 2,5 g der auf 0,5 mm vermahlene Proben auf 1 mg genau in einen 100-ml-Messkolben eingewogen und 25 ml Salzsäure hinzugefügt. Der Kolben wurde geschüttelt, dann wurden weitere 25 ml Salzsäure hinzugegeben. Schließlich wurde der Kolben in ein Bad mit kochendem Wasser gestellt und während der ersten 3 Minuten kräftig geschüttelt. Nach genau 15 Minuten wurde der Kolben aus dem Wasserbad entfernt, 30 ml kaltes Wasser hinzugefügt und unverzüglich bis auf 20 °C abgekühlt. Anschließend wurden 5 ml Carrez-Lösung I hinzugefügt und 1 Minute geschüttelt. Danach wurde der Vorgang mit Carrez-Lösung II wiederholt. Der Kolben wurde dann bis zur Markierung mit Wasser aufgefüllt, geschüttelt und filtriert. Im Anschluss daran wurde im Filtrat die optische Drehung der Lösung in einem 200-mm-Rohr mittels Saccharimeter gemessen.

Zur Bestimmung des Blindwertes ( $S'$ ) wurden 5 g der Proben auf 1 mg genau in einen 100-ml-Messkolben eingewogen und etwa 80 ml Ethanol hinzugefügt. Anschließend wurde der Kolben 1 h bei Raumtemperatur stehen gelassen und währenddessen 6 mal kräftig geschüttelt. Danach wurde mit Ethanol bis zur Markierung aufgefüllt, geschüttelt und filtriert. 50 ml des Filtrates (= 2,5 g der Probe) wurden in einen 250-ml-Erlenmeyerkolben abpipettiert und 2,1 ml Salzsäure hinzugefügt; der Kolben wurde kräftig geschüttelt, an einen Rückflusskühler angeschlossen und in ein Bad mit siedendem Wasser gesetzt. Nach genau 15 Minuten wurde der Erlenmeyerkolben aus dem Wasserbad herausgenommen und der Inhalt in einen 100-ml-Messkolben überspült; anschließend wurde auf eine Temperatur von 20 °C abgekühlt. Darauf folgend wurde wie zuvor beim Probenwert mit der Carrez-Lösung I und II geklärt, mit Wasser bis zur Markierung aufgefüllt, geschüttelt und filtriert. Anschließend wurde im Filtrat entsprechend des Verfahrens beim Probenwert mittels Saccharimeter die optische Drehung ( $S'$ ) der in Ethanol (40 %) löslichen Substanzen gemessen. Die Eichung des Saccharimeters erfolgte durch 4,875 g Saccharose in 250 ml Wasser (Sollwert 13).

Saccharimetrische Messung:

$$\text{Stärke-Prozent} = \frac{2000}{(a)_D^{20^\circ}} * \frac{(2N * 0,655 * (S - S'))}{100}$$

S = gesamte optische Drehung in Saccharimeter-Graden

$S'$  = optische Drehung in Saccharimeter-Graden der in Ethanol (40 %) löslichen Substanzen

N = Gewicht an Saccharose in g, das in 100 ml Wasser bei einer Schichtdicke von 200 mm eine optische Drehung von 100 Saccharimeter-Graden ergibt (variiert je nach Typ des Saccharimeters)

$(a)_D^{20^\circ}$  = spezifisches Drehvermögen der reinen Stärke

### 2.5.6 Pflanzliche Gerüstsubstanzen I (NDF, ADF, ADL)

Im frischen Restpflanzenmaterial der Versuchsreihen V3 und V4 (gefriergetrocknet) erfolgte eine erweiterte Analytik der pflanzlichen Gerüstsubstanzen in Form der Gehaltsbestimmung an Neutraler Detergentienfaser (NDF), Saurer Detergentienfaser (ADF) sowie des Sauren Detergentienlignins (ADL). Die Analyse wurde nach dem Prinzip der von GOERING und VAN SOEST (1970) beschriebenen Detergentienmethode durchgeführt. Die technische Ausführung erfolgte in Anwendung der Filterbeutel-Technik (Link: [http://www.ankom.com/09\\_procedures/procedures.shtml](http://www.ankom.com/09_procedures/procedures.shtml)) mittels ANKOM<sup>220</sup>- Fiber Analyzer (Ankom Technology, Fairport, NY, USA). Dabei wurden 0,5 g des Probenmaterials in doppelter Wiederholung (NDF) bzw. in dreifacher Wiederholung (ADF) in tarierten, verschweißbaren Polyethylen-Filterbeuteln (ANKOM F57) eingewogen. In dem druckbeständigen Reaktionskessel mit Schwenkvorrichtung des ANKOM<sup>220</sup>- Fiber Analyzer konnten gleichzeitig 24 Filterbeutel den 98 °C heißen Detergentien ausgesetzt werden. Nach der Reaktionszeit, die für NDF 80 Minuten und für ADF 70 Minuten betrug, wurden die Proben fünf Mal jeweils fünf Minuten lang mit kochendem, destilliertem Wasser gespült. Anschließend wurde das überschüssige Wasser durch leichtes Ausdrücken aus den Filterbeuteln entfernt. Die Filterbeutel wurden in einem Becherglas mit Aceton überschichtet und fünf Minuten im Aceton geschwenkt. Überschüssiges Aceton wurde anschließend vorsichtig ausgepresst, die Beutel zunächst an der Luft vorgetrocknet, dann für 4 Stunden bei 105 °C in einem Umlufttrockenschrank fertiggetrocknet und anschließend zurückgewogen. Der Gehalt an NDF bzw. ADF errechnete sich aus Einwaage (E) und Rückwaage (R) nach folgender Formel:

$$\text{NDF bzw. ADF [\%]} = R \times 100 / E$$

Der ADL-Gehalt wurde aus den Beuteln bestimmt, mit denen zuvor die ADF-Analytik erfolgt war. Dazu wurden die entsprechenden Beutel in einem 3 l Becherglas drei Stunden - unter halbstündlichem Durchmischen - mit 72-prozentiger H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> überschichtet. Die Proben-Beutel wurden anschließend mit destilliertem Wasser bis zum Einstellen eines neutralen pH-Wertes gespült, das Wasser mittels Aceton entzogen und die Beutel nach dem Trocknen (Lufttrocknen + 4 h bei 105 °C) zurückgewogen. Die Kalkulation der ADL (% i.d. T) erfolgte – ohne Aschekorrektur – entsprechend der Berechnung der NDF bzw. ADF.

### 2.5.7 Pflanzliche Gerüstsubstanzen II (HEM, CEL, KL)

Neben der nasschemischen NDF-, ADF- und ADL-Analytik des frischen Restpflanzenmaterials der Versuchsreihen V3 und V4 (gefriergetrocknet) wurde das gesamte Material zusätzlich mit NIRS analysiert. Dabei kamen zwei unterschiedliche Kalibrationen zum Einsatz (Kalibration 1: BLT, München-Grub; Kalibration 2: Syngenta Seeds, Frankreich), die im Vergleich zur hauseigenen Nasschemie für NDF Korrelationen von 95 % bzw. 96 % für ADF aufwiesen. Die Werte für für Klason-Lignin (KL) der Versuchsreihen V3 und V4 wurden aus den Ergebnissen der NIRS-Analytik entnommen. Die Kalibration des NIR-Spektroskopes für Klason-Lignin erfolgte auf Basis der Rohligninanalytik nach THEANDER und WESTLUND (1986, unlöslicher Rückstand des Probenmaterials nach Behandlung mit 72-prozentiger H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Der Hemicellulosegehalt (HEM) des Materials wurde rechnerisch aus der Differenz von NDF zu ADF ermittelt, der Cellulosegehalt (CEL) aus der Differenz von ADF zu ADL.

#### Kalkulationen

Die Trockensubstanzverluste des Körner- bzw. Restpflanzenmaterials aus den Nylonbeuteln nach erfolgter Inkubation in den Pansen wurden aus der Differenz der eingewogenen Menge abzüglich der nach Inkubation in den Beuteln verbliebenen Menge berechnet und in Prozent der Einwaage angegeben.

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

Aus der Differenz des Verlustes nach 0 h abzüglich der WL-Verluste wurde der Auswaschverlust in Form der kleinen Partikel (KLP) geschätzt.

### 2.6 Kalkulation des ruminalen Abbaus und der effektiven Abbauraten

Die durch die Panseninkubation gemessenen Trockensubstanzverluste aus den Nylonbeuteln wurden je Variante (Sorte x Erntezeitpunkt) als Mittelwert der Wiederholungen zusammengefasst.

Die weitere Verrechnung erfolgte auf Basis eines exponentiellen Modells von ØRSKOV und McDONALD (1979). Die Kalkulation der ruminalen Abbaubarkeit ( $p$ , %) der Maisrestpflanzen-T erfolgte nach McDONALD (1981) und DHANOA (1988):

$$[1] \quad p = a + b(1 - e^{-c(t-t_0)}) \quad \text{für } t > t_0$$

wobei  $p$  die Verluste zum Zeitpunkt  $t$  repräsentiert, die Fraktion  $a$  (%) den Anteil der T darstellt, der zu Beginn der Inkubation in Lösung geht (lösliche oder schnell abbaubare Fraktion),  $b$  (%) die nicht lösliche aber im Pansen abbaubare Fraktion der T bezeichnet,  $c$  (%h<sup>-1</sup>) die konstante Abbaurrate der Fraktion  $b$  darstellt,  $t$  (h) stellvertretend für die Inkubationszeit und  $t_0$  (h) für die lag-time steht. Die lag-time ( $t_0$ ) stellt dabei die Zeitphase vom Zeitpunkt der Inkubation bis zum messbaren Beginn des Abbaus (Verzögerungszeit) dar. Die nicht-linearen Parameter  $a$ ,  $b$ ,  $c$  und  $t_0$  wurden mit der NLIN-Prozedur von SAS (SAS Institute Inc., Vers. 8.2; 1989) auf Basis des Standard-Algorithmus nach MARQUARDT (1963) geschätzt. Die Summe der löslichen Fraktion ( $a$ ) und der nicht-löslichen Fraktion ( $b$ ) repräsentiert dabei die potentielle Gasamtabbaubarkeit der untersuchten Nährstoffe für  $t = \infty$ . Über die Summe aus Fraktion  $a$  und  $b$  lässt sich die nicht-abbaubare Fraktion ( $A$ ) berechnen, die definiert ist als  $A = 100 - (a + b)$ .

Die effektive ruminale Abbaubarkeit ( $P$ , %) der Restpflanzen-T wurde mittels folgender Gleichung von McDONALD (1981) kalkuliert

$$[2] \quad P = a + \left( \frac{bc}{c+k} \right) e^{-(c+k)t_0}$$

wobei  $k$  (%h<sup>-1</sup>) den Schätzwert für die Passagerate aus dem Pansen bezeichnet. Die effektive ruminale Abbaubarkeit wurde für eine Passagerate von 2 %h<sup>-1</sup>, 4 %h<sup>-1</sup>, 6 %h<sup>-1</sup> und 8 %h<sup>-1</sup> berechnet. Dabei steht die Passagerate von  $k= 0,02$  repräsentativ für ein niedriges Futteraufnahmeniveau, die Passageraten von  $k= 0,04$  und  $k= 0,06$  für ein mittleres und die Passagerate von  $k= 0,08$  für ein hohes Futteraufnahmeniveau (Agricultural Research Council, 1984).

## 2.7 Mathematisch-Statistische Auswertung

Für die Ergebnisse der Roh Nährstoffanalytik, die Verluste an kleinen Partikeln (KLP), die wasserlösliche Fraktion (WL) sowie für die Parameter A, a, b, c,  $t_0$  und P wurde eine Varianzanalyse mit der GLM-Prozedur von SAS (SAS Institute Inc., Vers. 8.2; 1989) mittels DUNCAN-Test ( $P < 0.05$ ) durchgeführt. Zur Errechnung der Abbauparameter wurden die Ergebnisse der T-Verluste *in situ* als Mittelwerte der Wiederholungen zusammengefasst. Dabei wurde folgendes Modell für die Mittelwertvergleiche zugrunde gelegt:

$$Y_{ij} = \mu + \text{Sorte}_i + \text{Erntezeitpunkt}_j + e_{ij}$$

wobei

$Y_{ij}$  = Beobachtungswert

$\mu$  = Gesamtmittelwert

$\text{Sorte}_i$  = fixer Effekt der Sorte j,  $j = 1 - 12$

$\text{Erntezeitpunkt}_j$  = fixer Effekt des Erntezeitpunkts k,  $k = 1 - 4$

$e_{ij}$  = Restfehler

Für die Ergebnisse der prozentualen Trockensubstanzverluste in Abhängigkeit der Inkubationszeiten (0 h - 48 h bzw. 0 h - 96 h) wurde für die Einzelwerte ebenfalls eine Varianzanalyse mit der GLM-Prozedur von SAS (SAS Institute Inc., Vers. 8.2; 1989) mittels DUNCAN-Test ( $P < 0.05$ ) durchgeführt. Dafür wurde folgendes Modell verwendet:

$$Y_{ijklm} = \mu + \text{Tier}_i + \text{Sorte}_j + \text{Erntezeitpunkt}_k + \text{Inkubationszeit}_l + \text{Durchgang}_m + e_{ijklm}$$

wobei

$Y_{ijklm}$  = Beobachtungswert

$\mu$  = Gesamtmittelwert

$\text{Tier}_i$  = fixer Effekt des Tieres i,  $i = 3 - 5$

$\text{Sorte}_j$  = fixer Effekt der Sorte j,  $j = 1 - 12$

$\text{Erntezeitpunkt}_k$  = fixer Effekt des Erntezeitpunkts k,  $k = 1 - 4$

$\text{Inkubationszeit}_l$  = fixer Effekt der Inkubationszeit l,  $l = 1 - 9$

$\text{Durchgang}_m$  = fixer Effekt des Durchgang m,  $m = 1 - 6$

$e_{ijklm}$  = Restfehler

Die Berechnung der Mittelwerte, der Standardabweichung ( $\pm$ SD), der Standardfehler der Mittelwerte ( $\pm$ SEM) und der dargestellten Korrelationen (PROC CORR) erfolgte ebenfalls mittels Statistikpaket SAS. Dargestellte signifikante Unterschiede (<sup>a</sup>, <sup>b</sup>, <sup>c</sup>) beziehen sich - soweit nicht genauer definiert - generell auf ein Signifikanzniveau von  $P < 0,05$ .

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Pansenparameter der Versuchstiere

Zur Charakterisierung der Pansenverhältnisse der Tiere innerhalb der Versuche wurden, wie schon im vorangegangenen Kapitel beschrieben, verschiedene Pansen-Parameter (pH,  $\text{NH}_3\text{-N}$  und flüchtige Fettsäuren FFS) ermittelt.

Die aus der Messung des Pansen-pH-Wertes über alle Versuche resultierenden Werte zeigten durchgehend einen Pansen-pH-Wert im physiologischen Bereich. Die pH-Werte wiesen dabei keine signifikanten Unterschiede zwischen den Tieren bzw. zwischen den Versuchen auf, der Mittelwert aller Versuche lag bei einem pH-Wert von 6,72. Die Messung des Gehaltes an  $\text{NH}_3\text{-N}$  und FFS im Pansensaft zeigte ebenfalls keine signifikanten Unterschiede bezogen auf Tiere bzw. Versuchsperioden. Der mittlere Gehalt an  $\text{NH}_3\text{-N}$  betrug über alle Versuchsperioden 10,5 mg/100ml Pansensaft, der Gehalt an FFS lag im Mittel für Essigsäure (ES) bei 47,1 mmol/l, für Propionsäure (PS) bei 11,6 mmol/l und für Buttersäure (BS) bei 9,4 mmol pro Liter Pansenflüssigkeit. Damit war die für eine optimale mikrobielle Proteinsynthese erforderliche Menge von 5,0 mg  $\text{NH}_3\text{-N}$  pro 100 ml Pansensaft (SATTER und ROFFLER, 1975; SLYTER et al., 1979) in jedem Fall gesichert. Das Verhältnis von  $\text{C}_2\text{-}$  zu  $\text{C}_3\text{-}$  Fettsäuren (Acetat zu Propionat) lag im Mittel aller Versuchsperioden bei 4,1 : 1. Entscheidend und gleichzeitig Voraussetzung für die vergleichenden Untersuchungen der *in sacco*-Abbaubarkeiten von Maiskörnern bzw. Maisrestpflanzen war eine möglichst geringe Streuung des Pansenmilieus bezüglich pH-Wert, Ammoniakkonzentration und Verhältnis der flüchtigen Fettsäuren zwischen den Versuchstieren. Die Ergebnisse der pH- und  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Messungen der einzelnen Versuche sind nachfolgend in den Abbildungen 1 bis 12 graphisch dargestellt, die Einzelwerte der Messungen sind den Tabellen A1 bis A9 im Anhang zu entnehmen.

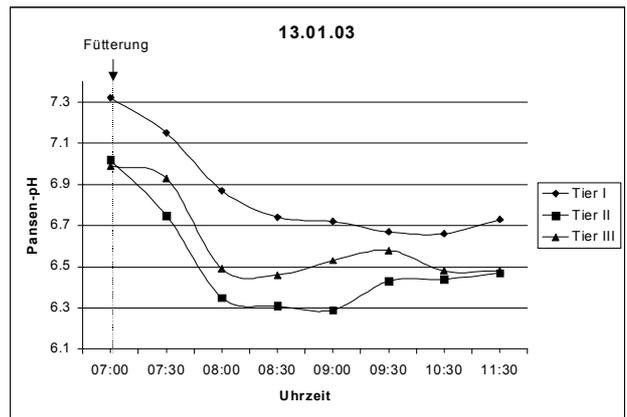
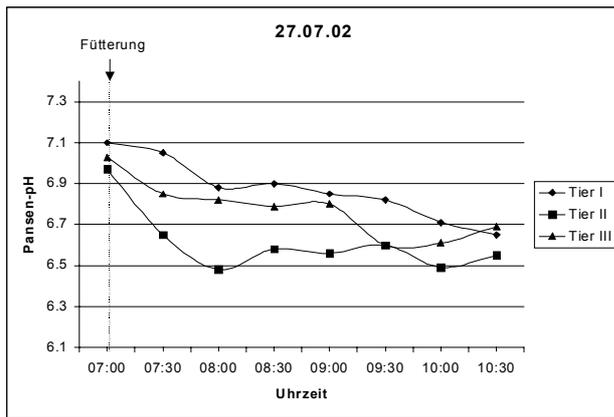


Abb. 1/2: Verlauf des pH-Wertes im Pansensaft der Tiere zu Versuchsbeginn von V1 (27.07.02) und V2 (13.01.03)

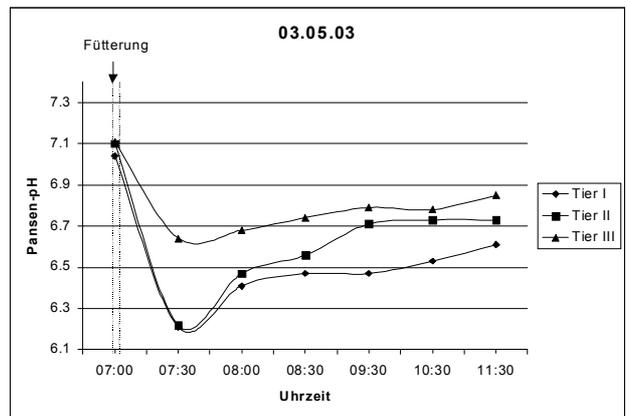
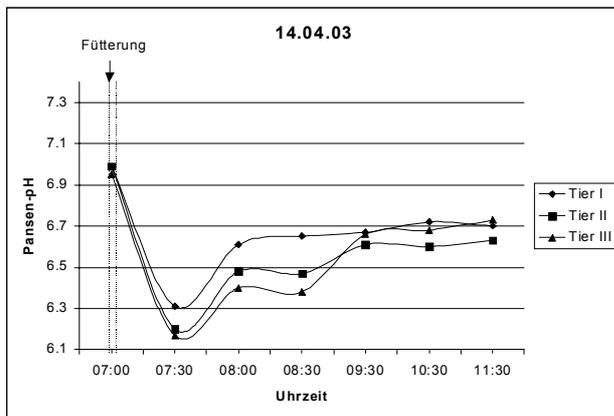


Abb.3/4: Verlauf des pH-Wertes im Pansensaft der Tiere zu Beginn und Ende von V3

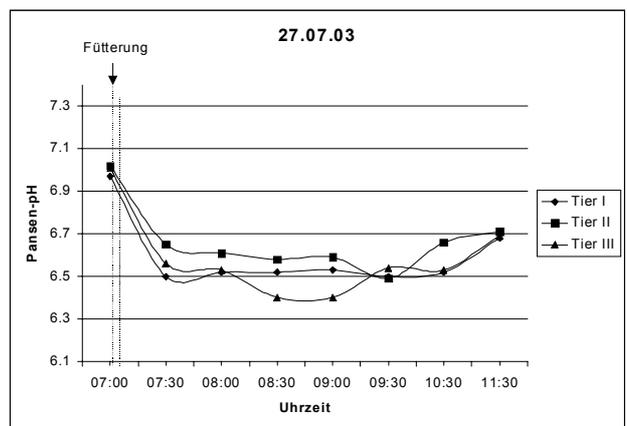
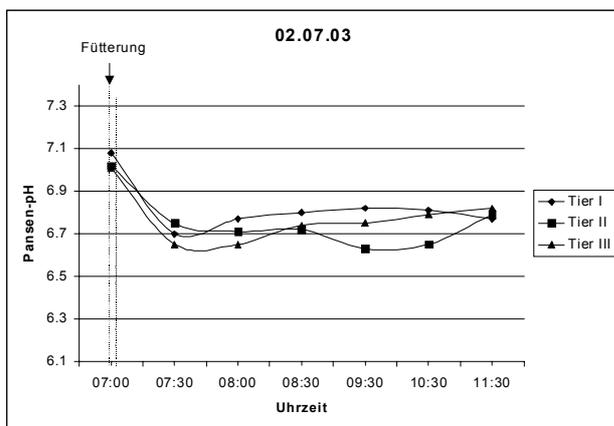


Abb. 5/6: Verlauf des pH-Wertes der Tiere zu Beginn und Ende von V4

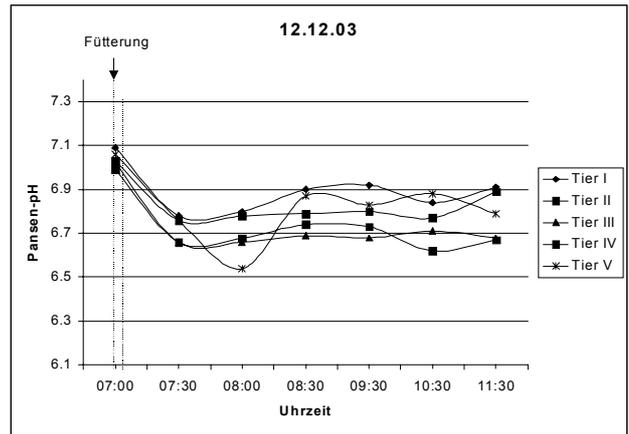
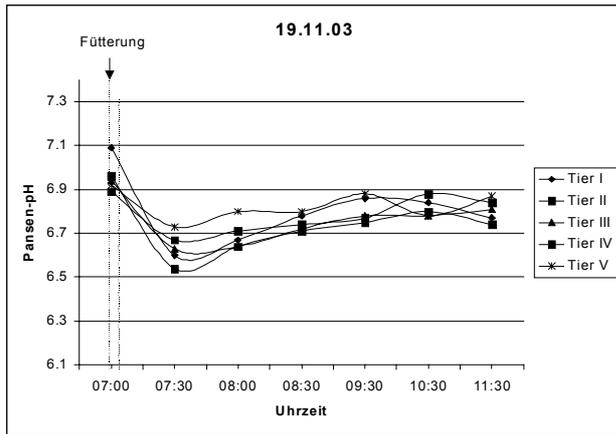


Abb. 7/8: Verlauf des pH-Wertes im Pansensaft der Tiere zu Beginn und Ende von V5

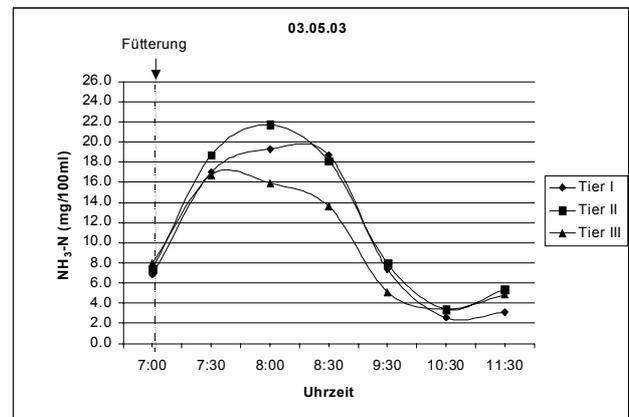
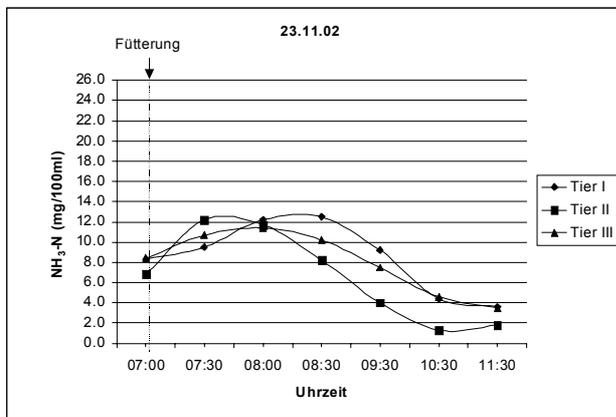


Abb. 9/10: Verlauf der  $NH_3$ -Konzentration im Pansensaft der Tiere zu Versuchsende von V2 (23.11.02) und V3 (03.05.03)

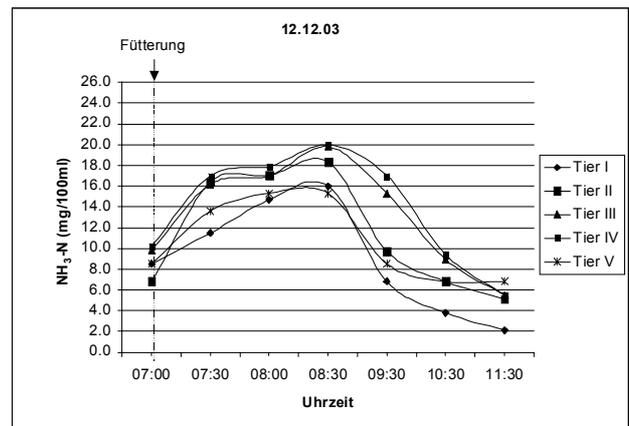
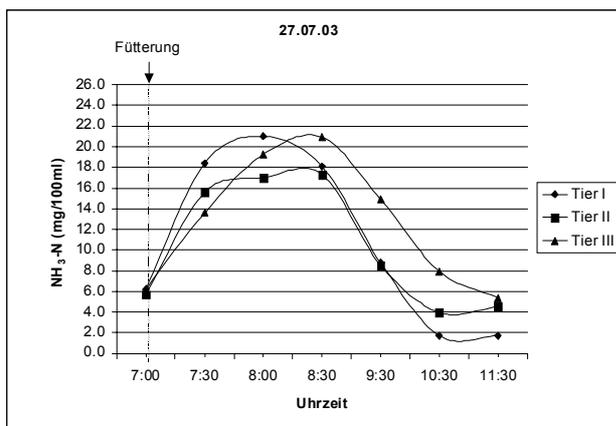


Abb. 11/12: Verlauf der  $NH_3$ -Konzentration im Pansensaft der Tiere zu Versuchsende von V4 (27.07.03) und V5 (12.12.03)

Bei den Verlaufskurven der pH-Werte zeigte sich über alle Versuchsperioden ein deutliches Absinken des pH-Wertes innerhalb der ersten 30 Minuten nach der Fütterung. In der Folge stieg der pH-Wert dann wieder kontinuierlich an, erreichte jedoch bis 210 Minuten nach Fütterungsbeginn mit etwa pH 6,7 noch nicht wieder das hohe Ausgangsniveau vor Fütterungsbeginn.

Die gemessene Ammoniakkonzentration im Pansensaft stieg – wie aus den Kurvenverläufen ersichtlich – über alle Versuchsperioden nach erfolgter Fütterung stark an und erreicht etwa 60-90 Minuten nach Fütterungsbeginn ein Maximum von durchschnittlich etwa 18 mg/100ml NH<sub>3</sub>-N. Danach sank die NH<sub>3</sub>-N-Konzentration im Pansensaft bis 210 Minuten nach Fütterung relativ schnell bis unterhalb der Ausgangswerte (vor Beginn der Fütterung) ab, um sich dann bis 270 Minuten nach Fütterungsbeginn wieder den Ausgangswerten anzunähern.

Die Ergebnisse der Analyse der flüchtigen Fettsäuren im Pansensaft in den jeweiligen Versuchszeiträumen sind in den folgenden Tabellen 8 bis 11 aufgeführt.

*Tab. 8: Konz. der FFS im Pansensaft 180 Minuten nach Beginn der Fütterung im Versuch V2*

	Flüchtige Fettsäuren (mmol/l)			C2 : C3 Verhältnis
	ES	PS	BS	
Tier I	50,0 ± 2,4	12,1 ± 0,0	10,2 ± 0,0	4,1 : 1
Tier II	50,8 ± 1,2	12,1 ± 0,0	10,2 ± 0,0	4,2 : 1
Tier III	55,8 ± 1,2	13,5 ± 0,0	14,8 ± 0,0	4,1 : 1

*Tab. 9: Konz. der FFS im Pansensaft 180 Minuten nach Beginn der Fütterung im Versuch V3*

	Flüchtige Fettsäuren (mmol/l)			C2 : C3 Verhältnis
	ES	PS	BS	
Tier I	33,3 ± 7,1	9,4 ± 1,9	5,1 ± 0,8	3,5 : 1
Tier II	47,5 ± 1,2	12,1 ± 0,0	8,5 ± 0,8	3,9 : 1
Tier III	40,0 ± 0,0	9,4 ± 0,0	7,4 ± 0,8	4,3 : 1

Tab. 10: Konz. der FFS im Pansensaft 180 Min. nach Beginn der Fütterung im Versuch V4

	Flüchtige Fettsäuren (mmol/l)			C2 : C3 Verhältnis
	ES	PS	BS	
Tier I	45,0 ± 0,0	12,8 ± 1,0	7,9 ± 0,0	3,5 : 1
Tier II	55,0 ± 0,0	13,0 ± 0,8	9,1 ± 0,0	4,2 : 1
Tier III	48,3 ± 0,0	12,1 ± 0,0	9,1 ± 0,0	4,0 : 1

Tab. 11: Konz. der FFS im Pansensaft 180 Min. nach Beginn der Fütterung im Versuch V5

	Flüchtige Fettsäuren (mmol/l)			C2 : C3 Verhältnis
	ES	PS	BS	
Tier I	40,8 ± 1,2	11,5 ± 1,0	6,8 ± 0,0	3,5 : 1
Tier II	45,8 ± 1,2	10,1 ± 1,0	10,8 ± 0,8	4,5 : 1
Tier III	48,3 ± 2,4	10,8 ± 0,0	11,3 ± 0,0	4,5 : 1
Tier IV	51,6 ± 2,4	11,5 ± 1,0	11,9 ± 0,8	4,5 : 1
Tier V	45,0 ± 0,0	10,8 ± 0,0	9,1 ± 0,0	4,2 : 1

Wie aus den Tabellen 8 bis 11 ersichtlich, zeigten die Tiere über alle Versuchsperioden sowie innerhalb der Versuchsperioden sowohl im Verhältnis der flüchtigen Fettsäuren zueinander, als auch in den absoluten Gehalten der jeweiligen FFS im Pansensaft, keine signifikanten Unterschiede.

Daher lässt sich im Vergleich der Pansenparameter feststellen, dass ein Einfluss seitens der Pansenphysiologie bzw. der Fütterung und Nährstoffversorgung auf die gemessene ruminale Abbaubarkeit der Trockensubstanz von Maisrestpflanzen und Maiskörnern eher unwahrscheinlich ist.

### 3.2 Versuch V1 zur ruminalen T-Abbaubarkeit siliierter Maiskörner

#### 3.2.1 Rohnährstoffe und Stärkegehalte

Die *in sacco*-Trockensubstanzverluste mit silierten Maiskörnern von sechs Maishybriden wurden jeweils mit Material von vier unterschiedlichen Ernteterminen ermittelt. Daher war es möglich, anhand der Untersuchungen an den silierten Maiskörnern Veränderungen der Abbaucharakteristika im zunehmenden Reifeverlauf der Sorten zu dokumentieren. Zur Darstellung des Reifestatus zu den vier gewählten Erntezeitpunkten sind die T-Gehalte der Restpflanzen und der Körner der sechs Maishybriden in der Tabelle 12 aufgeführt.

Tab. 12: Trockensubstanzgehalt der Restpflanzen und Körner der Maishybriden des Versuchs V1 zur Ernte

Sorte	Erntezeitpunkt	Restpflanzen-T (%)	Körner-T (%)
Achat	22.08.01	17,8	59,6
Achat	03.09.01	20,4	53,1
Achat	18.09.01	18,5	59,4
Achat	01.10.01	23,2	63,9
Antares	22.08.01	22,7	46,1
Antares	03.09.01	23,8	50,3
Antares	18.09.01	22,7	61,2
Antares	01.10.01	31,4	64,3
Byzance	22.08.01	18,5	58,9
Byzance	03.09.01	22,2	54,1
Byzance	18.09.01	20,5	57,4
Byzance	01.10.01	37,6	66,5
Helga	22.08.01	21,2	40,1
Helga	03.09.01	22,8	46,8
Helga	18.09.01	20,2	55,4
Helga	01.10.01	31,8	62,0
Mondeo	22.08.01	18,5	49,5
Mondeo	03.09.01	20,4	51,6
Mondeo	18.09.01	20,7	58,8
Mondeo	01.10.01	30,2	63,5
Oldham	22.08.01	20,1	50,4
Oldham	03.09.01	17,2	53,0
Oldham	18.09.01	17,4	60,0
Oldham	01.10.01	25,7	63,3
	$\bar{x} \pm s$	22,7 $\pm$ 5,2	56,2 $\pm$ 6,8

Aus den Darstellungen geht hervor, dass die T-Gehalte der beiden Pflanzenfraktionen bei allen Sorten vom ersten bis zum letzten Erntetermin kontinuierlich anstiegen. Der Restpflanzen-T-Gehalt der Maishybriden aus dem Anbaujahr 2001 lag im Mittel der Erntezeitpunkte bei 22,7 %, dabei variierte der T-Gehalt zwischen den Sorten zu den ersten drei Ernteterminen mit etwa 5 % nur gering, zum vierten Erntetermin lag die Spannweite zwischen den Extremwerten der Sorten (MIN - MAX) bei 14 %. Die T-Gehalte der Restpflanzen gemittelt nach Erntezeitpunkt und Sorte sind in den Tabellen 13 und 14 dargestellt.

Tab. 13: Trockensubstanzgehalt der Restpflanzen des Versuchs V1 nach Erntezeitpunkten

Erntezeitpunkt	Restpflanzen-Trockensubstanz			
	I	II	III	IV
T (%)	19,8 ± 1,9	21,1 ± 2,3	20,0 ± 1,8	30,0 ± 5,0

Tab. 14: Trockensubstanzgehalt der Restpflanzen des Versuchs V1 im Sortenmittel

Sorte	Restpflanzen-Trockensubstanz					
	Achat	Antares	Byzance	Helga	Mondeo	Oldham
T (%)	20,0 ± 2,4	25,1 ± 4,2	24,7 ± 8,7	24,0 ± 5,3	22,5 ± 5,3	20,1 ± 3,9

Im Sortenmittel wiesen die Sorten Achat und Oldham mit 20,0 % beziehungsweise 20,1 % den niedrigsten Restpflanzen-T auf. Der relativ höchste Restpflanzen-T war dabei mit 25,1 % bei der Sorte Antares zu verzeichnen.

Während sich der Restpflanzen-T-Gehalt im Reifeverlauf zunehmend differenzierte, zeigten die Körner eine gegenläufige Tendenz. Die Spannweite zwischen den Extremwerten der Sorten (MIN - MAX) lag zum ersten Erntezeitpunkt bei etwa 20 %, verringerte sich jedoch im Reifeverlauf bis zum letzten Erntetermin auf knapp 5 %. Im Sortenmittel wies dabei die Sorte Helga mit 51,1 % den signifikant niedrigsten Körner-T auf, während die Sorten Byzance und Achat (59,2 und 59,0 %) relativ die

höchsten Körner-Trockensubstanzgehalte zeigten. Im Mittel der Erntezeitpunkte lag der T-Gehalt der Körner der sechs Maishybriden bei 56,2 %. Die T-Gehalte der Körner gemittelt nach Erntezeitpunkt und Sorte sind den Tabellen 15 und 16 zu entnehmen.

Tab. 15: Trockensubstanzgehalt der frischen Körner des Versuchs V1 nach Erntezeitpunkten

Erntezeitpunkt	Körner-Trockensubstanz			
	I	II	III	IV
T (%)	50,8 ± 7,5	51,5 ± 2,7	58,7 ± 2,1	63,9 ± 1,5

Tab. 16: Trockensubstanzgehalt der frischen Körner des Versuchs V1 im Sortenmittel

Sorte	Körner-Trockensubstanz					
	Achat	Antares	Byzance	Helga	Mondeo	Oldham
T (%)	59,0 ± 4,4	55,5 ± 8,7	59,2 ± 5,3	51,1 ± 9,6	55,9 ± 6,5	56,7 ± 6,0

Die in Tabelle 17 zusammengestellten Rohnährstoffgehalte der Maiskörner der im Versuch V1 eingesetzten sechs Maishybriden zeigten im Vergleich der vier Erntezeitpunkte signifikant sinkende Gehalte an Rohprotein (XP), Rohfett (XL) und Rohfaser (XF) vom ersten zum letzten Erntezeitpunkt, während der Rohaschegehalt (XA) über die Erntezeitpunkte praktisch konstant blieb. Die Rohnährstoffe im Korn der Sorten der Versuchsreihe V1 aus dem Anbaujahr 2001 lagen im Mittel der vier Erntezeitpunkte bei 9,5 % Rohprotein (8,1 % - 10,4 %), 3,9 % Rohfett (3,7 % - 4,0 %), 2,3 % Rohfaser und 1,6 % Rohasche. Im Mittel der Sorten der Versuchsreihe V1 war die Hybride Oldham durch vergleichsweise niedrige Rohprotein- und Rohfettgehalte gekennzeichnet, während die Sorten Antares und Achat die jeweils signifikant höchsten Rohproteingehalte aufwiesen.

Tab. 17: Rohrnährstoff- und Stärkegehalte der frischen Körner des Versuchs V1

Sorte	Erntezeitpunkt	T (%)	% i.d.T				
			XA	XP	XL	XF	XS
Achat	22.08.01	59,6	1,54	11,3	4,24	2,50	61,1
Achat	03.09.01	53,1	1,49	10,5	4,05	2,17	65,8
Achat	18.09.01	59,4	1,57	10,3	4,03	2,19	66,4
Achat	01.10.01	63,9	1,60	9,61	3,76	2,16	67,9
Antares	22.08.01	46,1	1,62	10,5	3,84	2,48	60,7
Antares	03.09.01	50,3	1,56	10,5	3,74	2,19	65,4
Antares	18.09.01	61,2	1,50	10,4	3,98	2,24	66,7
Antares	01.10.01	64,3	1,53	9,70	3,78	2,18	70,5
Byzance	22.08.01	58,9	1,63	9,30	3,86	2,35	65,8
Byzance	03.09.01	54,1	1,57	9,01	3,66	1,96	66,0
Byzance	18.09.01	57,4	1,58	10,1	3,85	2,29	65,8
Byzance	01.10.01	66,5	1,60	8,05	3,82	2,29	70,8
Helga	22.08.01	40,1	1,52	10,9	4,33	2,76	60,6
Helga	03.09.01	46,8	1,53	9,29	4,05	2,52	66,1
Helga	18.09.01	55,4	1,53	8,88	3,89	2,12	67,7
Helga	01.10.01	62,0	1,51	8,75	3,85	2,36	69,8
Mondeo	22.08.01	49,5	1,49	10,4	4,10	2,73	62,7
Mondeo	03.09.01	51,6	1,51	9,94	3,75	2,11	66,2
Mondeo	18.09.01	58,8	1,49	9,17	3,86	2,33	68,0
Mondeo	01.10.01	63,5	1,50	9,46	3,73	2,35	69,4
Oldham	22.08.01	50,4	1,59	9,34	4,07	2,72	62,1
Oldham	03.09.01	53,0	1,63	8,13	3,55	2,18	67,9
Oldham	18.09.01	60,0	1,65	7,57	3,64	2,02	70,6
Oldham	01.10.01	63,3	1,65	7,50	3,54	1,89	71,9
$\bar{x} \pm s$		56,2 ± 6,8	1,56 ± 0,1	9,53 ± 1,0	3,87 ± 0,2	2,30 ± 0,2	66,5 ± 3,2

Die Stärkegehalte der frischen Körner der Versuchsreihe V1 stiegen vom ersten zum letzten Erntezeitpunkt signifikant an und lagen im Mittel bei 66,5 % (62,2 % - 70,1 %). Der Stärkegehalt streute dabei im Mittel alle Erntezeitpunkte zwischen den Sorten um 3,2 %. Bei der Versuchsreihe V1 fielen die Sorten Achat und Antares mit einem vergleichsweise niedrigen Stärkegehalt von 65,3 % bzw. 65,8 % auf, während die Sorte Oldham mit einem mittleren Stärkegehalt von 68,1 % relativ am höchsten lag. Die Rohrnährstoff- und Stärkegehalte der Körner gemittelt nach Erntezeitpunkt und Sorte sind den Tabellen A10 und A11 im Anhang zu entnehmen.

Für die *in sacco*-Abbaubarkeitsmessungen der Körnertrockensubstanz der Versuchsreihe V1 wurde das Material in silierter Form inkubiert. Die im Rahmen der Silierung durch den Silierungsprozeß und den damit verbundenen Verlusten verän-

derden Trockensubstanz- und Stärkegehalte sind in Tabelle 18 dargestellt. Die Silierung verlief optimal und wie anhand der gemessenen pH-Werte ersichtlich ohne signifikante Unterschiede zwischen den Sorten. Der pH-Wert stieg dabei in Abhängigkeit des Erntezeitpunktes mit zunehmender Reife der Körner signifikant von pH 3,9 auf pH 4,8 an (siehe auch Tabellen A14 und A15 im Anhang).

*Tab. 18: Trockensubstanz- und Stärkegehalte sowie pH-Werte der Körner des Versuchs V1 nach der Silierung*

Sorte	Erntezeitpunkt	Trockensubstanz (%)	Stärke (% i.d.T)	pH-Wert
Achat	22.08.01	47,2	60,4	3,8
Achat	03.09.01	52,9	63,2	4,3
Achat	18.09.01	60,4	64,3	4,1
Achat	01.10.01	62,3	64,1	4,5
Antares	22.08.01	47,7	60,4	3,7
Antares	03.09.01	54,9	61,7	3,9
Antares	18.09.01	60,3	62,1	4,0
Antares	01.10.01	62,7	65,0	4,9
Byzance	22.08.01	45,2	61,9	3,8
Byzance	03.09.01	54,2	62,5	3,9
Byzance	18.09.01	57,8	62,3	4,4
Byzance	01.10.01	64,1	63,8	4,9
Helga	22.08.01	38,9	60,3	3,9
Helga	03.09.01	49,3	64,9	3,9
Helga	18.09.01	56,0	65,7	4,1
Helga	01.10.01	59,8	67,0	4,8
Mondeo	22.08.01	43,0	59,7	3,8
Mondeo	03.09.01	52,5	61,4	4,0
Mondeo	18.09.01	57,7	62,9	4,0
Mondeo	01.10.01	61,2	63,9	4,8
Oldham	22.08.01	44,9	60,0	3,8
Oldham	03.09.01	52,5	65,0	3,8
Oldham	18.09.01	59,5	67,3	4,1
Oldham	01.10.01	62,0	67,3	4,7
	$\bar{x} \pm s$	54,5 ± 7,1	63,2 ± 2,3	4,2 ± 0,4

Insgesamt sank der T-Gehalt des Körnermaterials durch die Silierung im Mittel nur geringfügig um 1,7 % auf 54,5 %, wobei die größten Verluste bei dem Material des ersten Erntezeitpunktes auftraten. Der T-Gehalt lag hier mit durchschnittlich 44,5 %

etwa 6 % niedriger als im unsilierten, frischen Material, während sich bei den späteren Erntezeitpunkten kaum Verluste ergaben. Deutlicher wirkten sich die Verluste durch die Silierung in Bezug auf den Stärkegehalt aus, der im Mittel um etwa 3,3 % auf 63,2 % absank.

Der Zusammenhang zwischen Trockenmassegehalt und Stärkegehalt in den silierten Körnern der sechs Maishybriden der Versuchsreihe V1 erschien im Mittel über Sorten und Erntezeitpunkte mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,69$  zunächst nicht sehr ausgeprägt, innerhalb der Sorten zeigten sich über die Erntezeitpunkte jedoch deutliche Beziehungen. Der Korrelationskoeffizient zwischen T-Gehalt und XS im silierten Körnermaterial lag bei den Sorten Helga, Mondeo und Oldham statistisch signifikant bei  $r > 0,97$ .

### 3.2.2 T-Verluste *in sacco*

Der im folgenden benutzte Begriff des „Trockensubstanzverlustes“ bezeichnet den Teil der Trockensubstanz, der im *in sacco*-Versuch als Differenz zwischen eingewogener und rückgewogener Menge nach der Inkubation auftritt. Diese Differenzmenge beinhaltet sowohl den tatsächlichen Abbau der Trockensubstanz als auch die unvermeidbaren Auswaschverluste, ausgenommen die Nullvariante. Die Auswaschverluste setzen sich wiederum aus dem wasserlöslichen Anteil und dem Anteil zusammen, der aufgrund seiner durch die Aufbereitung bedingten geringen Partikelgröße das Porengewebe des Polyesterbeutels passieren kann.

In Tabelle 19 sind die *in sacco*-Trockensubstanzverluste der silierten Körner der sechs Maishybriden der Versuchsreihe V1 im Reifeverlauf in Abhängigkeit der Inkubationszeit in den Pansen dargestellt. Ergänzend ist die Zusammensetzung der Auswaschverluste (0 h-Inkubation) in Wasserlösliche Fraktion (WL) und Anteil kleiner Partikel (KLP) aufgeführt.

Tab. 19: T-Verluste (%) der silierten Maiskörner des Versuchs V1 in sacco in Abhängigkeit der Inkubationszeit im Pansen

Sorte	Erntezeitpunkt	WL	KLP	Inkubationsdauer (h)						
				0	2	4	8	16	24	48
Achat	22.08.01	9,7	74,2	83,9	86,2	78,8	89,7	95,5	96,5	99,2
Achat	03.09.01	8,2	76,0	84,2	83,5	81,9	89,2	93,9	96,2	98,6
Achat	18.09.01	5,7	75,6	81,3	82,5	77,2	90,8	94,5	96,4	97,8
Achat	01.10.01	5,2	72,9	78,1	79,8	71,9	80,2	88,5	93,4	97,0
Antares	22.08.01	11,3	71,6	82,9	76,3	80,3	91,9	95,0	96,7	98,9
Antares	03.09.01	9,2	69,7	78,9	73,8	78,1	89,2	92,1	94,9	98,6
Antares	18.09.01	7,0	68,4	75,4	63,0	73,7	85,7	91,0	93,0	97,9
Antares	01.10.01	6,0	65,5	71,5	60,6	70,4	76,6	86,3	90,7	96,6
Byzance	22.08.01	11,0	75,8	86,8	87,0	82,8	86,7	93,1	95,4	98,4
Byzance	03.09.01	8,3	75,6	83,9	85,6	79,9	84,3	90,7	94,6	98,2
Byzance	18.09.01	6,7	71,3	77,9	78,7	71,0	80,1	88,0	93,3	97,3
Byzance	01.10.01	6,3	66,0	72,3	75,2	67,2	76,0	82,6	88,9	93,6
Helga	22.08.01	12,0	71,3	83,3	83,9	85,2	83,1	92,8	96,3	98,9
Helga	03.09.01	8,0	80,7	88,8	87,8	88,2	85,6	93,1	95,0	98,0
Helga	18.09.01	4,0	81,7	85,7	84,1	82,9	81,0	90,8	94,7	97,6
Helga	01.10.01	3,8	82,2	86,0	84,4	83,7	78,5	90,4	92,2	95,6
Mondeo	22.08.01	11,3	71,4	82,7	84,7	80,0	88,9	95,4	96,9	99,0
Mondeo	03.09.01	9,6	76,7	85,8	86,4	76,4	87,0	95,2	96,9	98,8
Mondeo	18.09.01	6,6	75,6	82,2	84,0	73,5	81,9	92,4	96,0	98,3
Mondeo	01.10.01	6,1	70,7	76,8	79,5	69,0	78,1	88,7	94,1	97,2
Oldham	22.08.01	10,4	73,1	83,5	88,5	77,3	76,2	97,3	98,3	98,7
Oldham	03.09.01	8,8	78,2	87,0	88,0	76,4	75,9	95,3	96,6	98,2
Oldham	18.09.01	5,6	80,5	86,1	85,6	76,0	77,2	94,5	96,3	97,1
Oldham	01.10.01	5,1	78,7	83,8	84,0	71,4	71,6	94,2	96,1	96,8
	– × ± s	7,7 ±2,4	74,3 ±4,7	82,0 ±4,6	81,4 ±7,3	77,2 ±5,5	82,7 ±5,7	92,1 ±3,4	95,0 ±2,2	97,8 ±1,3

WL: wasserlösliche Fraktion der 0 h; KLP: kleine, wasserunlösliche Partikel der 0 h

In den Tabellen 20 bzw. 21 sind die *in sacco*-Trockensubstanzverluste der silierten Körner der Versuchsreihe V1 in Abhängigkeit der Inkubationszeit in den Pansen und die Zusammensetzung der 0 h-Verluste im Mittel der Erntezeitpunkte bzw. im Sortenmittel dargestellt.

Tab. 20: T-Verluste (%) der silierten Maiskörner des Versuchs V1 in sacco in Abhängigkeit der Inkubationszeit im Pansen im Mittel der Erntezeitpunkte

Erntezeitpunkt	WL	KLP	Inkubationsdauer (h)						
			0	2	4	8	16	24	48
I	11,0 <sup>a</sup> ±0,8	72,9 <sup>a</sup> ±1,8	83,9 <sup>a</sup> ±0,3	84,4 <sup>a</sup> ±0,8	80,7 <sup>a</sup> ±0,6	86,1 <sup>a</sup> ±1,2	94,9 <sup>a</sup> ±0,4	96,7 <sup>a</sup> ±0,4	98,9 <sup>a</sup> ±0,1
II	8,7 <sup>b</sup> ±0,6	76,2 <sup>a</sup> ±3,7	84,8 <sup>a</sup> ±0,6	84,2 <sup>a</sup> ±1,0	80,2 <sup>a</sup> ±0,9	85,2 <sup>ba</sup> ±1,1	93,4 <sup>ba</sup> ±0,5	95,7 <sup>ba</sup> ±0,4	98,4 <sup>ba</sup> ±0,1
III	5,9 <sup>c</sup> ±1,1	75,5 <sup>a</sup> ±5,1	81,4 <sup>ba</sup> ±0,8	79,7 <sup>b</sup> ±1,6	75,7 <sup>b</sup> ±0,9	82,8 <sup>b</sup> ±1,1	91,9 <sup>b</sup> ±0,5	95,0 <sup>b</sup> ±0,4	97,7 <sup>b</sup> ±0,2
IV	5,4 <sup>c</sup> ±0,9	72,7 <sup>a</sup> ±6,7	78,1 <sup>b</sup> ±1,1	77,3 <sup>b</sup> ±1,7	72,3 <sup>c</sup> ±1,2	76,8 <sup>c</sup> ±0,6	88,5 <sup>c</sup> ±0,9	92,6 <sup>c</sup> ±0,6	96,1 <sup>c</sup> ±0,3

WL: wasserlösliche Fraktion der 0 h; KLP: kleine, wasserunlösliche Partikel der 0 h  
T-Verluste ±SEM (n=24); WL und KLP ±SD (n=6); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. 21: T-Verluste (%) der silierten Maiskörner des Versuchs V1 in sacco in Abhängigkeit der Inkubationszeit im Pansen im Sortenmittel

Sorte	WL	KLP	Inkubationsdauer (h)						
			0	2	4	8	16	24	48
Achat	7,2 <sup>bc</sup> ±2,1	74,7 <sup>ba</sup> ±1,4	81,9 <sup>ba</sup> ±0,6	83,0 <sup>ba</sup> ±0,8	77,4 <sup>b</sup> ±1,1	87,5 <sup>a</sup> ±1,3	93,1 <sup>ba</sup> ±0,9	95,6 <sup>ba</sup> ±0,6	98,1 <sup>a</sup> ±0,2
Antares	8,4 <sup>ba</sup> ±2,4	68,8 <sup>c</sup> ±2,6	77,2 <sup>b</sup> ±1,1	68,4 <sup>c</sup> ±1,8	75,6 <sup>b</sup> ±1,1	85,8 <sup>a</sup> ±1,6	91,1 <sup>b</sup> ±1,0	93,8 <sup>dc</sup> ±0,8	98,0 <sup>a</sup> ±0,2
Byzance	8,1 <sup>bac</sup> ±2,1	72,2 <sup>bc</sup> ±4,6	80,2 <sup>b</sup> ±1,4	81,6 <sup>b</sup> ±1,3	75,2 <sup>b</sup> ±1,7	81,8 <sup>b</sup> ±1,1	88,6 <sup>c</sup> ±1,1	93,0 <sup>d</sup> ±0,7	96,9 <sup>b</sup> ±0,6
Helga	6,9 <sup>c</sup> ±3,9	79,0 <sup>a</sup> ±5,2	85,9 <sup>a</sup> ±0,5	85,0 <sup>ba</sup> ±0,6	85,0 <sup>a</sup> ±0,7	82,0 <sup>b</sup> ±1,2	91,8 <sup>b</sup> ±0,6	94,5 <sup>bc</sup> ±0,5	97,5 <sup>ba</sup> ±0,3
Mondeo	8,4 <sup>a</sup> ±2,5	73,6 <sup>bac</sup> ±3,0	81,9 <sup>ba</sup> ±0,8	83,7 <sup>ba</sup> ±0,7	74,7 <sup>b</sup> ±1,0	84,0 <sup>ba</sup> ±1,3	92,9 <sup>ba</sup> ±0,7	96,0 <sup>ba</sup> ±0,6	98,3 <sup>a</sup> ±0,2
Oldham	7,4 <sup>bac</sup> ±2,5	77,6 <sup>ba</sup> ±3,2	85,1 <sup>a</sup> ±0,4	86,5 <sup>a</sup> ±0,5	75,3 <sup>b</sup> ±0,7	75,2 <sup>c</sup> ±0,7	95,3 <sup>a</sup> ±0,4	96,8 <sup>a</sup> ±0,3	97,7 <sup>ba</sup> ±0,3

WL: wasserlösliche Fraktion der 0 h; KLP: kleine, wasserunlösliche Partikel der 0 h  
T-Verluste ±SEM (n=16); WL und KLP ±SD (n=4); Signifikanzschwelle P<0,05

Die T-Verluste an siliertem Körnermaterial *in sacco* lagen im Gesamtmittel der Sorten für die Auswaschverluste (0 h) bei 82 %, stiegen nach 8-stündiger Inkubation auf

83 % und lagen bei 16 und 24 h bei durchschnittlich 92 bzw. 95 %. Nach 48 h Inkubation im Pansen wurde ein Verlust von rund 98 % der Körnertrockenmasse gemessen. Die mittleren Auswaschverluste von 82 % der eingewogenen Körner-T setzten sich dabei zu durchschnittlich 9,4 % aus wasserlöslichen Bestandteilen und zu 90,6 % aus kleinen Partikeln zusammen. Der Anteil der wasserlöslichen Fraktion lag zum ersten Erntezeitpunkt bei 13 % der Auswaschverluste und nahm in der Folge mit zunehmender Reife kontinuierlich ab. Zum zweiten Erntezeitpunkt konnten noch 10 % der Verluste auf wasserlösliche Bestandteile zurückgeführt werden, zum dritten und vierten Erntezeitpunkt noch etwa 7 %.

Im Verlauf der Inkubationszeiten ließ sich im Sortenvergleich keine eindeutige Reihung der Hybriden in der absoluten Höhe der T-Verluste feststellen. Verantwortlich dafür war die Tatsache, dass die T-Verluste der meisten Sorten zu den Inkubationszeitpunkten 2 h, 4 h und zum Teil auch bei 8 h (Helga und Oldham) im Vergleich zu den Auswaschverlusten abnahmen und damit erst nach 8-stündiger (Achat, Byzance und Mondeo) bzw. 16-stündiger Inkubation das Niveau der Auswaschverluste erreicht bzw. überschritten wurde. Ein Einfluss eines möglichen Tier- oder Durchgangseffektes auf den Verlauf der T-Verluste *in sacco* konnte jedoch ausgeschlossen werden (siehe auch Tabelle A25).

### 3.2.3 Parameter der potentiellen Abbaubarkeit

Diese Problematik spiegelte sich auch in den Werten der lag-time ( $t_0$ ) wieder, die zusammen mit den Parametern der potentiellen Abbaubarkeit ( $a$ ,  $b$  und  $c$ ) in den Tabellen 22 und 23 im Mittel der Erntezeitpunkte bzw. im Sortenmittel dargestellt sind. In der Tabelle A21 im Anhang sind die Parameter der potentiellen Abbaubarkeit nach Einzelwerten aufgeführt. Die Fraktion  $A$  bezeichnet dabei den nicht-abbaubaren Anteil des inkubierten Materials ( $100-(a+b)$ ), der Parameter  $a$  bezeichnet den Anteil der schnell abbaubaren oder löslichen Fraktion,  $b$  repräsentiert die nicht lösliche, aber (potentiell) abbaubare Fraktion und  $c$  die Abbaurrate von  $b$ .

Tab. 22: Parameter der potentiellen Abbaubarkeit der silierten Maiskörner des Versuchs V1 im Mittel der Erntezeitpunkte

Erntezeitpunkt	A (%)	a (%)	b (%)	c (%h <sup>-1</sup> )	t <sub>0</sub> (h)
I	0,7 <sup>a</sup> ±1,1	82,6 <sup>a</sup> ±2,4	16,8 <sup>b</sup> ±2,0	10,7 <sup>a</sup> ±7,8	3,9 <sup>a</sup> ±2,9
II	0,9 <sup>a</sup> ±1,2	82,8 <sup>a</sup> ±3,9	16,2 <sup>b</sup> ±3,0	7,9 <sup>a</sup> ±4,0	5,1 <sup>a</sup> ±3,5
III	1,7 <sup>a</sup> ±1,5	78,5 <sup>b</sup> ±5,4	19,9 <sup>ba</sup> ±4,7	9,7 <sup>a</sup> ±4,7	4,6 <sup>a</sup> ±3,2
IV	1,1 <sup>a</sup> ±1,2	76,0 <sup>b</sup> ±6,5	22,9 <sup>a</sup> ±6,0	6,0 <sup>a</sup> ±3,1	5,2 <sup>a</sup> ±1,8

Parameter A, a, b, c und t<sub>0</sub> ±SD (n=6); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. 23: Parameter der potentiellen Abbaubarkeit der silierten Maiskörner des Versuchs V1 im Sortenmittel

Sorte	A (%)	a (%)	b (%)	c (%h <sup>-1</sup> )	t <sub>0</sub> (h)
Achat	1,6 <sup>b</sup> ±1,1	80,9 <sup>ba</sup> ±3,1	17,6 <sup>bc</sup> ±2,5	10,7 <sup>ba</sup> ±3,9	4,2 <sup>b</sup> ±1,2
Antares	2,9 <sup>a</sup> ±0,7	72,8 <sup>c</sup> ±6,2	24,3 <sup>a</sup> ±6,3	15,2 <sup>a</sup> ±7,6	2,8 <sup>b</sup> ±0,8
Byzance	0,7 <sup>cb</sup> ±0,8	79,4 <sup>b</sup> ±6,2	20,0 <sup>ba</sup> ±6,2	5,6 <sup>b</sup> ±2,1	5,2 <sup>ba</sup> ±1,3
Helga	0,6 <sup>cb</sup> ±1,1	85,2 <sup>a</sup> ±2,1	14,3 <sup>c</sup> ±1,7	6,5 <sup>b</sup> ±4,2	8,2 <sup>a</sup> ±2,3
Mondeo	0,9 <sup>cb</sup> ±1,1	79,4 <sup>b</sup> ±3,4	19,8 <sup>ba</sup> ±2,9	8,2 <sup>b</sup> ±3,5	2,7 <sup>b</sup> ±3,2
Oldham	0,0 <sup>c</sup> ±0,0	82,0 <sup>ba</sup> ±2,0	18,0 <sup>bc</sup> ±2,0	5,2 <sup>b</sup> ±0,1	5,1 <sup>ba</sup> ±3,4

Parameter A, a, b, c und t<sub>0</sub> ±SD (n=4); Signifikanzschwelle P<0,05

Im Durchschnitt der Erntezeitpunkte und Sorten erreichten die Parameter für die potentielle Abbaubarkeit der silierten Körnertrockensubstanz Werte von 1,1 % für die nicht-abbaubare Fraktion (A), 80,0 % für die schnell abbaubare oder lösliche Fraktion (a), und 19,0 % für die nicht lösliche, aber (potentiell) abbaubare Fraktion (b). Die

mittlere Abbaurrate der unlöslichen Fraktion (c) lag bei 8,6 %/h und die Verzögerungszeit bis zu einem messbaren Abbau ( $t_0$ ) betrug im Durchschnitt 4,7 Stunden (siehe auch Tabelle A21 im Anhang).

Im Sortenvergleich zeigte die Hybride Helga die signifikant höchsten Anteile an der Fraktion a, während die Sorte Antares den relativ größten Anteil der b-Fraktion aufwies, die zudem auch noch am schnellsten abgebaut wurde. Im Vergleich der Erntezeitpunkte kam es mit zunehmender Reife zu einer signifikanten Abnahme der a-Fraktion und einer entsprechenden Zunahme der b-Fraktion. Die Abbauraten der b-Fraktion nahmen im Reifeverlauf in der Tendenz ab.

### 3.2.4 Effektive ruminale Abbaubarkeit

Aus den Abbauparametern a, b, c und  $t_0$  wurde unter Einbeziehung theoretischer Passageraten von 2 %/h, 4 %/h, 6 %/h und 8 %/h ( $k= 0,02$ ,  $k= 0,04$ ,  $k= 0,06$ ,  $k= 0,08$ ) die effektive Abbaubarkeit (P) der silierten Maiskörner des Versuchs V1 berechnet.

Nach AFRC (1993) entspricht eine Passagerate von 8 %/h ( $k= 0,08$ ) dem Fütterungsniveau einer Milchkuh mit einer Leistung von  $\geq 30$  kg Milch/Tag bzw. einer mittleren T-Aufnahme von etwa 19-20 kg/Tag. Bei einer Passagerate von 2 %/h, 4 %/h und 6 %/h können theoretische Futteraufnahmen von 8-9 kg, 12-14 kg und 16-17 kg Trockensubstanz pro Tier und Tag unterstellt werden. Mit zunehmender Futteraufnahme steigt die Passagerate, dadurch wird die Verweildauer des Futters im Pansen reduziert, was wiederum einen geringeren ruminale Abbau der einzelnen Futterpartikel zur Folge hat. Die mittlere Verweildauer des aufgenommenen Futters im Pansen wird bei einer Passagerate von 8 %/h auf etwa 4 Stunden geschätzt.

Die effektiven Abbaubarkeiten der Körnertrockenmasse der sechs Hybriden der Versuchsreihe V1 sind nachfolgend als Einzelwerte in der Tabelle 24 und zusammengefasst nach Erntezeitpunkten bzw. Sorten in den Tabellen 25 bzw. 26 dargestellt.

Tab. 24: Effektive Abbaubarkeit (%) der silierten Maiskörner des Versuchs V1 in Abhängigkeit der Passageraten

Sorte	Erntezeitpunkt	Passagerate (k, %/h)			
		2	4	6	8
Achat	22.08.01	93,1	90,9	89,3	88,2
Achat	03.09.01	91,2	89,5	88,4	87,5
Achat	18.09.01	88,1	86,9	86,0	85,2
Achat	01.10.01	85,8	83,5	81,9	80,7
Antares	22.08.01	85,4	84,6	84,0	83,4
Antares	03.09.01	87,2	85,4	84,1	83,0
Antares	18.09.01	85,3	82,8	80,9	79,3
Antares	01.10.01	86,7	82,3	79,3	77,0
Byzance	22.08.01	93,5	91,2	89,9	89,0
Byzance	03.09.01	89,7	87,8	86,6	85,8
Byzance	18.09.01	86,5	83,8	81,9	80,6
Byzance	01.10.01	85,8	81,4	78,8	77,3
Helga	22.08.01	88,7	87,4	86,5	85,9
Helga	03.09.01	92,6	90,9	90,0	89,5
Helga	18.09.01	87,4	86,3	85,5	85,0
Helga	01.10.01	90,9	88,5	87,4	86,8
Mondeo	22.08.01	90,5	88,9	87,8	86,9
Mondeo	03.09.01	95,1	92,3	90,5	89,2
Mondeo	18.09.01	93,7	90,2	88,0	86,5
Mondeo	01.10.01	83,5	81,4	80,0	78,9
Oldham	22.08.01	94,5	91,5	89,5	88,1
Oldham	03.09.01	91,1	88,9	87,5	86,7
Oldham	18.09.01	90,8	88,4	87,0	86,0
Oldham	01.10.01	89,1	86,3	84,6	83,5
$\bar{x} \pm s$		89,4 $\pm$ 3,3	87,1 $\pm$ 3,4	85,6 $\pm$ 3,6	84,6 $\pm$ 3,8

Die effektive Abbaubarkeit der silierten Körner im Versuch V1 lag gemittelt über Sorten und Erntezeitpunkte für Passageraten von 2 %/h, 4 %/h, 6 %/h und 8 %/h bei 89 %, 87 %, 86 % und 85 %. Beim Vergleich der Erntezeitpunkte (Tabelle 25) nahmen die effektiven Abbaubarkeiten bei allen Passageraten mit zunehmender Reife signifikant ab. Die Spannweite der Extremwerte lag bei der niedrigsten Passagerate bei 4,2 % gegenüber 6,3 % bei der höchsten angenommenen Passagerate.

Tab. 25: Effektive Abbaubarkeit (%) der silierten Maiskörner des Versuchs V1 im Mittel der Erntezeitpunkte

Erntezeitpunkt	Passagerate (k, %/h)			
	2	4	6	8
I	91,0 <sup>a</sup> ± 3,5	89,1 <sup>a</sup> ± 2,7	87,8 <sup>a</sup> ± 2,3	86,9 <sup>a</sup> ± 2,0
II	91,2 <sup>a</sup> ± 2,7	89,1 <sup>a</sup> ± 2,4	87,9 <sup>a</sup> ± 2,4	87,0 <sup>a</sup> ± 2,4
III	88,6 <sup>ba</sup> ± 3,1	86,4 <sup>ba</sup> ± 2,8	84,9 <sup>b</sup> ± 2,8	83,8 <sup>b</sup> ± 3,0
IV	87,0 <sup>b</sup> ± 2,6	83,9 <sup>b</sup> ± 2,9	82,0 <sup>c</sup> ± 3,4	80,7 <sup>c</sup> ± 3,8

±SEM (n=6); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. 26: Effektive Abbaubarkeit (%) der silierten Maiskörner des Versuchs V1 im Sortenmittel

Sorte	Passagerate (k, %/h)			
	2	4	6	8
Achat	89,6 <sup>ba</sup> ± 3,2	87,7 <sup>a</sup> ± 3,3	86,4 <sup>a</sup> ± 3,3	85,4 <sup>ba</sup> ± 3,4
Antares	86,2 <sup>b</sup> ± 0,9	83,8 <sup>b</sup> ± 1,5	82,0 <sup>b</sup> ± 2,4	80,7 <sup>c</sup> ± 3,0
Byzance	88,9 <sup>ba</sup> ± 3,5	86,0 <sup>ba</sup> ± 4,4	84,3 <sup>ba</sup> ± 4,9	83,2 <sup>bc</sup> ± 5,2
Helga	89,9 <sup>ba</sup> ± 2,3	88,3 <sup>a</sup> ± 2,0	87,3 <sup>a</sup> ± 1,9	86,8 <sup>a</sup> ± 1,9
Mondeo	90,7 <sup>a</sup> ± 5,2	88,2 <sup>a</sup> ± 4,7	86,6 <sup>a</sup> ± 4,6	85,4 <sup>ba</sup> ± 4,5
Oldham	91,4 <sup>a</sup> ± 2,3	88,8 <sup>a</sup> ± 2,1	87,1 <sup>a</sup> ± 2,0	86,1 <sup>ba</sup> ± 1,9

±SEM (n=4); Signifikanzschwelle P<0,05

Nach Tabelle 26 konnte eine ungefähre Reihung der Sorten gemäß der Höhe der effektiven Abbaubarkeiten vorgenommen werden. Dabei zeigte die Hybride Oldham über die Passageraten die relativ höchsten effektiven Abbaubarkeiten, gefolgt von Helga, Mondeo, Achat und Byzance. Die Sorte Antares lag mit den effektiven Abbaubarkeiten über die Passageraten im Sortenvergleich relativ am niedrigsten.

### 3.3 Versuch V2 zur ruminalen T-Abbaubarkeit frischer Maiskörner

In der Versuchsreihe V2 wurde das Körnermaterial von 12 verschiedenen Maishybriden aus dem Anbaujahr 2002 nicht wie im vorangegangenen Versuch (V1) nach der Ernte siliert, sondern lediglich einer schonenden Gefriertrocknung unterzogen. Da eine T-Bestimmung des Restpflanzenmaterials der Versuchsreihe V2 nicht erfolgte, konnten zur Charakterisierung der Reifesituation der jeweiligen Ernte nur die T-Gehalte von Kolben bzw. Spindeln und Körnern herangezogen werden. Die entsprechenden T-Gehalte sind der Tabelle A27.1/2 im Anhang zu entnehmen.

#### 3.3.1 Rohnährstoffe und Stärkegehalte

Der Trockensubstanzgehalt der Körner und die Rohnährstoffgehalte in der Körnertrockensubstanz ist nachfolgend zusammengefasst nach Erntezeitpunkten und Sorten in den Tabellen 27 und 28 dargestellt. Die Einzelwerte sind in der Tabelle A30.1/2 im Anhang aufgeführt.

Der Körnertrockenmassegehalt der Sorten der Versuchsreihe V2 stieg im Reifeverlauf vom ersten zum vierten Erntezeitpunkt signifikant an und lag im Mittel über Sorten und Erntezeitpunkte bei 60,9 %. Während im Sortenmittel zwischen dem ersten und dem zweiten Erntezeitpunkt noch ein mittlerer Anstieg der T-Gehalte der Körner von 10,2 % stattfand, verringerte sich dieser zwischen den folgenden Erntezeitpunkten auf 4,0 % bzw. 2,1 %. Innerhalb der Sorten lag die Spannweite der T-Gehalte des Körnermaterials zwischen dem frühesten und dem spätesten Erntezeitpunkt bei etwa 16,3 %, die Sorten Oldham und Byzance zeigten dabei mit 13,5 % die geringsten Veränderungen im T-Gehalt innerhalb der Ernteperiode, während die Sorte Helga eine Veränderung des T-Gehaltes der Körner von 22,1 % zwischen dem ersten und dem vierten Erntezeitpunkt aufwies. Im Mittel der Erntezeitpunkte lag der Körnertrockenmassegehalt der Hybride Helga dabei mit durchschnittlich 55,7 % relativ am niedrigsten, die Hybride Avenir mit 65,6 % Körnertrockenmasse relativ am höchsten. Die Rohnährstoffgehalte der Hybriden lagen im Mittel der 5-wöchigen Ernteperiode für Rohasche (XA), Rohprotein (XP), Rohfett (XL) und Rohfaser (XF) bei 1,51 %, 9,71 %, 5,53 % und 2,56 %. Im Vergleich der Erntezeitpunkte zeigte sich, bezogen auf die Rohnährstoffgehalte, für XA ein signifikant kontinuierlicher Anstieg der Gehalte im Reifeverlauf.

Tab. 27: Rohnährstoff- und Stärkegehalte der frischen Körner des Versuchs V2 im Mittel der Erntezeitpunkte

Erntezeitpunkt	T (%)	% i.d.T				
		XA	XP	XL	XF	XS
I	50,7 <sup>d</sup>	1,62 <sup>a</sup>	10,1 <sup>a</sup>	5,61 <sup>a</sup>	2,56 <sup>a</sup>	63,2 <sup>d</sup>
II	60,9 <sup>c</sup>	1,52 <sup>b</sup>	9,66 <sup>b</sup>	5,67 <sup>a</sup>	2,59 <sup>a</sup>	66,3 <sup>c</sup>
III	64,9 <sup>b</sup>	1,47 <sup>c</sup>	9,54 <sup>b</sup>	5,44 <sup>b</sup>	2,57 <sup>a</sup>	67,1 <sup>b</sup>
IV	67,0 <sup>a</sup>	1,43 <sup>d</sup>	9,58 <sup>b</sup>	5,40 <sup>b</sup>	2,55 <sup>a</sup>	68,7 <sup>a</sup>

(n=12) Signifikanzschwelle  $P < 0,05$

Tab. 28: Rohnährstoff- und Stärkegehalte der frischen Körner des Versuchs V2 im Sortenmittel

Sorte	T (%)	% i.d.T				
		XA	XP	XL	XF	XS
Abundance	61,8 <sup>cb</sup>	1,56 <sup>ba</sup>	10,3 <sup>bc</sup>	5,32 <sup>dc</sup>	2,53 <sup>c</sup>	65,0 <sup>ed</sup>
Achat	60,9 <sup>cbd</sup>	1,58 <sup>a</sup>	9,85 <sup>dc</sup>	6,03 <sup>b</sup>	2,61 <sup>c</sup>	66,1 <sup>cd</sup>
Avenir	65,6 <sup>a</sup>	1,38 <sup>g</sup>	8,06 <sup>f</sup>	4,91 <sup>e</sup>	2,35 <sup>d</sup>	70,8 <sup>a</sup>
Byzance	60,3 <sup>cbd</sup>	1,51 <sup>dc</sup>	9,73 <sup>dc</sup>	5,48 <sup>c</sup>	2,58 <sup>c</sup>	66,9 <sup>cb</sup>
Antares	62,2 <sup>cb</sup>	1,48 <sup>de</sup>	9,94 <sup>dc</sup>	5,47 <sup>c</sup>	2,59 <sup>c</sup>	67,1 <sup>cb</sup>
Fjord	58,5 <sup>d</sup>	1,59 <sup>a</sup>	10,6 <sup>ba</sup>	6,08 <sup>b</sup>	2,75 <sup>b</sup>	61,8 <sup>f</sup>
Helga	55,7 <sup>e</sup>	1,53 <sup>bc</sup>	9,55 <sup>d</sup>	4,89 <sup>e</sup>	2,42 <sup>d</sup>	67,5 <sup>cb</sup>
Mondeo	59,8 <sup>cd</sup>	1,51 <sup>dc</sup>	10,0 <sup>dc</sup>	5,09 <sup>de</sup>	2,52 <sup>c</sup>	66,9 <sup>cb</sup>
Helix	61,7 <sup>cb</sup>	1,59 <sup>a</sup>	11,0 <sup>a</sup>	6,41 <sup>a</sup>	2,85 <sup>a</sup>	64,3 <sup>e</sup>
Helix-BM <sub>3</sub>	62,8 <sup>b</sup>	1,57 <sup>a</sup>	10,9 <sup>a</sup>	6,50 <sup>a</sup>	2,88 <sup>a</sup>	65,0 <sup>ed</sup>
NX0451	59,6 <sup>cd</sup>	1,45 <sup>fe</sup>	8,68 <sup>e</sup>	5,05 <sup>de</sup>	2,38 <sup>d</sup>	66,1 <sup>cd</sup>
Oldham	62,0 <sup>cb</sup>	1,42 <sup>f</sup>	8,04 <sup>f</sup>	5,14 <sup>de</sup>	2,36 <sup>d</sup>	68,4 <sup>b</sup>

(n=4) Signifikanzschwelle  $P < 0,05$

Der XP-Gehalt der Hybriden war zum ersten Erntezeitpunkt mit 10,1 % relativ am höchsten, sank zum zweiten Erntetermin auf etwa 9,6 % ab und erfuhr im weiteren Reifeverlauf keine signifikante Änderung mehr. Der Rohfettgehalt lag zu den ersten zwei Erntezeitpunkten etwa bei 5,6 %, sank zum dritten Erntetermin im Mittel auf ca. 5,4 % ab und blieb im weiteren Reifeverlauf stabil auf diesem Niveau. Es ließen sich keine signifikanten Einflüsse der Pflanzenentwicklung im Mittel der Erntezeitpunkte beim Rohfasergehalt feststellen, der XF-Gehalt blieb über den gesamten Beprobungszeitraum unverändert. Die im Vergleich der Sorten niedrigsten Gehalte an Rohasche, Rohprotein, Rohfett und Rohfaser zeigte die Hybride Avenir, während die

Sorten Helix und Helix-BM<sub>3</sub> die relativ höchsten Gehalte an XA, XP, XL und XF aufwiesen. Der Stärkegehalt (XS) der 12 Maishybriden lag im Mittel der Sorten und Erntezeitpunkte bei 66,3 %. Zum ersten Erntezeitpunkt lag der Stärkegehalt der Sorten bei 63,2 % und stieg im weiteren Reifeverlauf bis 68,7 % zum vierten Erntezeitpunkt kontinuierlich an. Während die Stärkegehalte vergleichbar der T-Gehalte im Reifeverlauf signifikant zunahmen, verringerten sich gleichzeitig die Spannweiten der Extremwerte gegenüber denen der Trockenmassegehalte kaum - zum ersten Erntezeitpunkt differierten die MIN-MAX-Werte zwischen den Sorten um 9,6 % (MAX-MIN T-Gehalt: 15,1 %), zum letzten Erntetermin lag die Spannweite bei 8,3 % (MAX-MIN T-Gehalt: 8,1 %). Die Maishybride der Versuchsreihe V2 mit dem relativ niedrigsten Stärkegehalt im Mittel der Erntezeitpunkte war Fjord mit 61,8 % in der Trockenmasse, die Sorte Avenir wies im Erntejahr 2002 mit 70,7 % relativ die höchsten Stärkegehalte auf.

Mittels NIRS konnte für die 12 in der Versuchsreihe V2 eingesetzten Maishybriden die Stärkezusammensetzung im Korn, Amylose und Amylopectin, bestimmt werden. Die Gehalte an Amylose und Amylopectin im Verhältnis zum Stärkegehalt sind in Form von Einzelwerten der Tabelle A31.1/2 im Anhang zu entnehmen, in den Tabellen 29 und 30 sind die Amylose- und Amylopectingehalte als Mittel der Erntezeitpunkte bzw. als Sortenmittel zusammengefasst dargestellt. Der mittlere Gehalt von Amylose und Amylopectin in der Stärke lag bei 28,4 % bzw. 71,6 %, das heißt, 18,9 % der Korntrockenmasse bestand aus Amylose und 47,4 % aus Amylopectin. Im Vergleich der Sorten zeigten die Maishybriden Achat und Helix-BM<sub>3</sub> mit 25,6 % bzw. 25,8 % Amyloseanteil in der Maisstärke (16,9 % und 16,8 % i.d.T) die relativ geringsten Gehalte an Amylose, die Hybriden Oldham und NX0451 mit 31,5 % bzw. 32,0 % Amylose in der Maisstärke (27,6 % und 21,1 % i.d.T) wiesen im Vergleich der 12 Sorten den signifikant höchsten Amylosegehalt im Korn auf. Damit gehörten die Hybriden der Versuchsreihe V2 bezüglich der Stärkezusammensetzung zu den "normalen" Typen (nonwaxy), die nach ROONEY und PFLUGFELDER (1986) mit 20 - 30 % Amylose und 70 - 80 % Amylopectin in der Maisstärke charakterisiert sind.

Tab. 29: Stärkegehalt und Zusammensetzung der Stärke des Körnermaterials der Hybriden der Versuchsreihe V2 im Mittel der Erntezeitpunkte

Erntezeitpunkt	% der T (% der Stärke)		
	Stärke	Amylose	Amylopectin
I	63,2 <sup>d</sup> ± 2,6	17,0 <sup>c</sup> ± 2,1 (26,9)	46,2 <sup>b</sup> ± 2,4 (73,1)
II	66,3 <sup>c</sup> ± 2,4	18,8 <sup>b</sup> ± 2,6 (28,3)	47,5 <sup>a</sup> ± 2,4 (71,7)
III	67,1 <sup>b</sup> ± 2,6	19,5 <sup>ba</sup> ± 1,8 (29,0)	47,7 <sup>a</sup> ± 1,5 (71,1)
IV	68,7 <sup>a</sup> ± 1,9	20,2 <sup>a</sup> ± 2,1 (29,4)	48,4 <sup>a</sup> ± 1,8 (70,6)

±SD (n=12); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. 30: Stärkegehalt und Zusammensetzung der Stärke des Körnermaterials der Hybriden der Versuchsreihe V2 im Sortenmittel

Sorte	% der T (% der Stärke)		
	Stärke	Amylose	Amylopectin
Abundance	64,9 <sup>ed</sup> ± 3,5	17,4 <sup>bdc</sup> ± 3,1 (26,6)	47,5 <sup>ba</sup> ± 0,5 (73,4)
Achat	66,1 <sup>cd</sup> ± 3,0	16,9 <sup>d</sup> ± 2,3 (25,6)	49,2 <sup>ba</sup> ± 1,4 (74,4)
Avenir	70,8 <sup>a</sup> ± 1,7	20,7 <sup>a</sup> ± 2,0 (29,2)	50,1 <sup>a</sup> ± 0,8 (70,8)
Byzance	66,9 <sup>cb</sup> ± 1,8	18,2 <sup>bdc</sup> ± 1,1 (27,1)	48,7 <sup>ba</sup> ± 0,9 (72,9)
Antares	67,1 <sup>cb</sup> ± 2,0	19,9 <sup>ba</sup> ± 1,0 (29,7)	47,2 <sup>bc</sup> ± 1,7 (70,3)
Fjord	61,8 <sup>f</sup> ± 2,3	17,2 <sup>dc</sup> ± 0,6 (27,9)	44,6 <sup>d</sup> ± 1,8 (72,1)
Helga	67,5 <sup>cb</sup> ± 2,4	19,8 <sup>bac</sup> ± 2,4 (29,2)	47,7 <sup>ba</sup> ± 0,6 (70,8)
Mondeo	66,9 <sup>cb</sup> ± 2,6	19,5 <sup>bac</sup> ± 3,9 (29,0)	47,5 <sup>b</sup> ± 2,1 (71,0)
Helix	64,3 <sup>e</sup> ± 3,2	17,5 <sup>bdc</sup> ± 0,1 (27,2)	46,8 <sup>bcd</sup> ± 3,1 (72,8)
Helix-BM <sub>3</sub>	65,0 <sup>ed</sup> ± 2,7	16,8 <sup>d</sup> ± 1,4 (25,8)	48,2 <sup>ba</sup> ± 1,5 (74,2)
NX0451	66,1 <sup>cd</sup> ± 2,2	21,1 <sup>a</sup> ± 1,8 (32,0)	44,9 <sup>cd</sup> ± 2,6 (68,0)
Oldham	68,4 <sup>b</sup> ± 1,9	21,6 <sup>a</sup> ± 1,3 (31,5)	46,8 <sup>bcd</sup> ± 2,3 (68,5)

±SD (n=4); Signifikanzschwelle P<0,05

### 3.3.2 T-Verluste *in sacco*

An den frischen (gefriergetrockneten) Körnern der Versuchsreihe V2 wurde die ruminale Abbaubarkeit bzw. die ruminalen T-Verluste der Trockensubstanz *in sacco* untersucht. Die T-Verluste der Körnertrockensubstanz *in sacco* sind im Verlauf der Inkubationszeiten gemittelt nach Erntezeitpunkten bzw. Sorten in den Tabellen 31 und 32 aufgeführt. Die Einzelwerte sind der Tabelle A32.1/2 im Anhang zu entnehmen.

Die T-Verluste des frischen Körnermaterials lagen im Gesamtmittel der 12 Maishybriden im Fall der Auswaschverluste (0 h) bei durchschnittlich 35,7 % der in die Nylonbeutel eingewogen Körnertrockensubstanz. Die mittleren Auswaschverluste (0 h) von 35,7 % setzten sich in der Versuchsreihe V2 zu durchschnittlich 6,9 % aus wasserlöslichen Bestandteilen (WL) und zu 28,8 % aus kleinen Partikel (KLP) zusammen. Die T-Verluste aus den Nylonbeuteln nahmen, ausgehend von einem Verlustniveau von 46,0 % nach 2-stündiger Inkubation, mit fortschreitender Inkubationsdauer kontinuierlich zu, und lagen nach 4 h, 8 h, 16 h, 24 h und 48 h bei 50,9 %, 59,2 %, 73,3 %, 83,8 % und 96,4 % der Körnertrockenmasse.

Tab. 31: T-Verluste (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V2 in sacco in Abhängigkeit der Inkubationszeit im Pansen im Mittel der Erntezeitpunkte

Erntezeitpunkt	WL	KLP	Inkubationsdauer (h)						
			0	2	4	8	16	24	48
I	8,8 <sup>a</sup> ±0,9	40,9 <sup>a</sup> ±5,6	49,7 <sup>a</sup> ±0,9	60,1 <sup>a</sup> ±0,9	65,8 <sup>a</sup> ±0,9	73,7 <sup>a</sup> ±1,0	86,3 <sup>a</sup> ±0,7	93,1 <sup>a</sup> ±0,8	98,6 <sup>a</sup> ±0,2
II	7,3 <sup>b</sup> ±0,6	27,7 <sup>b</sup> ±5,6	35,0 <sup>b</sup> ±0,9	45,7 <sup>b</sup> ±0,8	50,4 <sup>b</sup> ±0,8	59,0 <sup>b</sup> ±1,0	73,7 <sup>b</sup> ±0,9	85,0 <sup>b</sup> ±1,1	96,9 <sup>b</sup> ±0,5
III	6,3 <sup>c</sup> ±0,6	24,1 <sup>c</sup> ±5,0	30,4 <sup>c</sup> ±0,8	41,3 <sup>c</sup> ±0,7	45,6 <sup>c</sup> ±0,7	54,1 <sup>c</sup> ±0,8	69,0 <sup>c</sup> ±0,8	80,8 <sup>c</sup> ±1,2	95,9 <sup>c</sup> ±0,5
IV	5,2 <sup>d</sup> ±0,5	22,5 <sup>c</sup> ±5,2	27,7 <sup>c</sup> ±0,8	36,9 <sup>d</sup> ±0,7	41,7 <sup>d</sup> ±0,7	50,2 <sup>d</sup> ±0,8	64,3 <sup>d</sup> ±0,8	76,4 <sup>d</sup> ±1,3	94,2 <sup>d</sup> ±0,7

WL: wasserlösliche Fraktion der 0 h; KLP: kleine, wasserunlösliche Partikel der 0 h  
T-Verluste ±SEM (n=72 für 2, 4, 8, 16 h; n=36 für 0, 24, 48 h); WL und KLP ±SD (n=12); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. 32: T-Verluste (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V2 *in sacco* in Abhängigkeit der Inkubationszeit im Pansen im Sortenmittel

Sorte	WL	KLP	Inkubationsdauer (h)						
			0	2	4	8	16	24	48
Abundance	6,9 <sup>cb</sup> ±1,4	32,5 <sup>bac</sup> ±7,4	39,3 <sup>bac</sup> ±2,3	46,7 <sup>bcd</sup> ±1,8	51,4 <sup>bdc</sup> ±2,1	57,8 <sup>de</sup> ±1,8	72,2 <sup>dc</sup> ±2,0	80,6 <sup>e</sup> ±2,5	95,8 <sup>b</sup> ±0,8
Achat	6,8 <sup>cb</sup> ±1,6	28,9 <sup>bedc</sup> ±3,8	35,7 <sup>bdc</sup> ±1,4	46,2 <sup>bcd</sup> ±1,5	50,6 <sup>bdec</sup> ±1,6	56,9 <sup>def</sup> ±1,7	74,1 <sup>bc</sup> ±2,1	81,1 <sup>e</sup> ±2,6	95,1 <sup>b</sup> ±0,9
Avenir	5,9 <sup>d</sup> ±0,9	26,4 <sup>fed</sup> ±6,6	32,3 <sup>ed</sup> ±2,0	41,6 <sup>ed</sup> ±2,0	45,5 <sup>e</sup> ±2,1	52,3 <sup>f</sup> ±2,0	66,7 <sup>e</sup> ±1,9	76,2 <sup>f</sup> ±2,7	92,7 <sup>c</sup> ±1,3
Byzance	6,9 <sup>cb</sup> ±1,5	33,8 <sup>ba</sup> ±6,7	40,7 <sup>ba</sup> ±2,1	50,9 <sup>ba</sup> ±1,4	54,0 <sup>bdac</sup> ±1,5	60,4 <sup>dc</sup> ±1,8	75,6 <sup>bc</sup> ±1,7	81,9 <sup>ed</sup> ±2,4	95,5 <sup>b</sup> ±0,7
Antares	6,5 <sup>c</sup> ±1,4	28,0 <sup>edc</sup> ±5,3	34,5 <sup>dc</sup> ±1,8	45,8 <sup>bcd</sup> ±1,5	50,3 <sup>bdec</sup> ±1,8	55,6 <sup>def</sup> ±1,6	68,7 <sup>e</sup> ±1,8	82,7 <sup>ced</sup> ±2,4	96,0 <sup>b</sup> ±1,0
Fjord	8,2 <sup>a</sup> ±1,9	24,5 <sup>fe</sup> ±9,8	32,7 <sup>ed</sup> ±3,0	46,7 <sup>bcd</sup> ±2,6	49,3 <sup>bdec</sup> ±2,6	53,6 <sup>ef</sup> ±2,3	69,4 <sup>de</sup> ±2,4	82,3 <sup>ed</sup> ±2,7	94,4 <sup>b</sup> ±1,3
Helga	6,8 <sup>c</sup> ±1,7	37,5 <sup>a</sup> ±10,3	44,2 <sup>a</sup> ±3,1	54,7 <sup>a</sup> ±2,6	57,9 <sup>a</sup> ±2,8	65,9 <sup>ba</sup> ±2,6	77,0 <sup>ba</sup> ±2,2	85,6 <sup>cb</sup> ±2,6	95,9 <sup>b</sup> ±0,9
Mondeo	7,1 <sup>cb</sup> ±1,6	26,7 <sup>fed</sup> ±12,1	33,8 <sup>edc</sup> ±3,6	45,0 <sup>cd</sup> ±2,6	48,3 <sup>de</sup> ±3,0	55,2 <sup>ef</sup> ±2,9	68,6 <sup>e</sup> ±2,5	81,9 <sup>ed</sup> ±3,3	96,0 <sup>b</sup> ±1,1
Helix	7,4 <sup>b</sup> ±1,0	23,8 <sup>fe</sup> ±12,2	31,1 <sup>ed</sup> ±3,4	41,9 <sup>ed</sup> ±2,4	48,7 <sup>dec</sup> ±2,6	62,7 <sup>bc</sup> ±2,5	74,9 <sup>bc</sup> ±1,9	87,5 <sup>b</sup> ±2,1	98,5 <sup>a</sup> ±0,3
Helix-BM <sub>3</sub>	6,9 <sup>cb</sup> ±2,1	21,9 <sup>f</sup> ±10,0	28,7 <sup>e</sup> ±3,1	37,3 <sup>e</sup> ±2,2	45,3 <sup>e</sup> ±2,3	56,2 <sup>def</sup> ±2,3	72,8 <sup>c</sup> ±2,3	84,7 <sup>cbd</sup> ±2,3	98,7 <sup>a</sup> ±0,3
NX0451	6,7 <sup>c</sup> ±1,6	31,6 <sup>bdc</sup> ±11,8	38,3 <sup>bc</sup> ±3,5	47,6 <sup>bc</sup> ±2,4	54,4 <sup>bac</sup> ±2,5	65,6 <sup>ba</sup> ±2,6	79,7 <sup>a</sup> ±2,0	90,9 <sup>a</sup> ±1,6	99,1 <sup>a</sup> ±0,2
Oldham	6,6 <sup>c</sup> ±1,4	30,3 <sup>bdc</sup> ±6,6	36,8 <sup>bdc</sup> ±2,1	47,7 <sup>bc</sup> ±1,6	54,7 <sup>ba</sup> ±1,5	68,7 <sup>a</sup> ±1,8	80,1 <sup>a</sup> ±1,5	90,4 <sup>a</sup> ±1,4	98,8 <sup>a</sup> ±0,1

WL: wasserlösliche Fraktion der 0 h; KLP: kleine, wasserunlösliche Partikel der 0 h  
T-Verluste ±SEM (n=24 für 2, 4, 8, 16 h; n=12 für 0, 24, 48 h); WL und KLP ±SD (n=4); Signifikanzschwelle P<0,05

Mit zunehmender Inkubationszeit nahmen nicht nur die mittleren T-Verluste *in sacco* zu, sondern auch die Unterschiede zwischen den Sorten ab. Während die Spannweite der Extremwerte im Gesamtmittel der Maishybriden nach zweistündiger Inkubation noch bei 46,4 % lag, sank die Differenz mit zunehmender Verweildauer im Pansen auf 36,1 % nach 16 h auf letztendlich 11,4 % nach 48 h ab. Im Erntezeitpunktvergleich konnte mit zunehmender Reife der Hybriden über alle Inkubationszeiten ein signifikantes Absinken der Körner-T-Verluste aus den Nylonbeuteln beobachtet werden.

bachtet werden. Wie in Tabelle Tab. A41 im Anhang dargestellt, lag der mittlere T-Verlust der Maissorten zum ersten Erntezeitpunkt bei durchschnittlich 73,9 %, zum zweiten Erntezeitpunkt bei 61,3 %, zum dritten Erntezeitpunkt bei 57,0 % und zum letzten Erntezeitpunkt noch bei 53,1 %. Die 12 Maishybriden unterschieden sich bezüglich der T-Verluste in sacco zu allen Inkubationszeiten signifikant. Dabei zeigten die Hybriden Avenir und Helix-BM<sub>3</sub> im Sorten-Gesamtmittel mit 55,8 % bzw. 57,8 % den im Vergleich niedrigsten Verlustwert. Die Sorten mit den relativ höchsten T-Verlusten in sacco waren NX0451, Oldham und Helga mit durchschnittlich 65,7 %, 66,2 % und 67,0 %.

### 3.3.3 Parameter der potentiellen Abbaubarkeit

Die nach der Verrechnung der T-Verluste *in sacco* resultierenden Parameter a, b, c und  $t_0$  der potenziellen Abbaubarkeit (p) nach ØRSKOV und McDONALD (1979) sind in der Tabelle A36.1/2 im Anhang als Einzelwerte dargestellt und in den Tabellen 33 und 34 als Mittel der Erntezeitpunkte bzw. als Sortenmittel zusammengefasst.

Tab. 33: Parameter der potentiellen Abbaubarkeit der frischen Maiskörner des Versuchs V2 im Mittel der Erntezeitpunkte

Erntezeitpunkt	A (%)	a (%)	b (%)	c (%h <sup>-1</sup> )	$t_0$ (h)
I	0,8 <sup>a</sup> ±0,8	51,0 <sup>a</sup> ±5,8	48,3 <sup>d</sup> ±6,2	8,9 <sup>a</sup> ±2,1	0,1 <sup>a</sup> ±0,1
II	0,1 <sup>b</sup> ±0,4	36,4 <sup>b</sup> ±5,4	63,5 <sup>c</sup> ±5,6	6,0 <sup>b</sup> ±1,3	0,0 <sup>a</sup> ±0,0
III	0,0 <sup>b</sup> ±0,0	32,0 <sup>c</sup> ±5,3	68,0 <sup>b</sup> ±5,3	5,3 <sup>c</sup> ±1,0	0,0 <sup>a</sup> ±0,0
IV	0,0 <sup>b</sup> ±0,0	28,9 <sup>d</sup> ±5,6	71,1 <sup>a</sup> ±5,6	4,7 <sup>d</sup> ±1,0	0,1 <sup>a</sup> ±0,1

±SD (n=12); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. 34: Parameter der potentiellen Abbaubarkeit der frischen Maiskörner des Versuchs V2 im Sortenmittel

Sorte	A (%)	a (%)	b (%)	c (%h <sup>-1</sup> )	t <sub>0</sub> (h)
Abundance	0,0 <sup>b</sup> ±0,0	40,0 <sup>bc</sup> ±9,0	60,1 <sup>cd</sup> ±9,0	5,1 <sup>c</sup> ±1,0	0,0 <sup>b</sup> ±0,0
Achat	0,4 <sup>ba</sup> ±0,7	37,4 <sup>bcd</sup> ±5,4	62,3 <sup>bcd</sup> ±6,0	5,6 <sup>c</sup> ±1,7	0,0 <sup>b</sup> ±0,0
Avenir	0,4 <sup>ba</sup> ±0,8	33,7 <sup>efd</sup> ±8,8	65,9 <sup>bc</sup> ±9,6	4,7 <sup>c</sup> ±1,6	0,0 <sup>b</sup> ±0,0
Byzance	0,2 <sup>b</sup> ±0,4	42,7 <sup>ba</sup> ±6,7	57,2 <sup>ed</sup> ±7,1	5,5 <sup>c</sup> ±1,7	0,1 <sup>ba</sup> ±0,2
Antares	0,0 <sup>b</sup> ±0,0	36,7 <sup>ecd</sup> ±5,8	63,3 <sup>bc</sup> ±5,8	5,1 <sup>c</sup> ±1,0	0,0 <sup>b</sup> ±0,0
Fjord	0,1 <sup>b</sup> ±0,2	35,8 <sup>ecd</sup> ±12,1	64,1 <sup>bc</sup> ±12,3	5,3 <sup>c</sup> ±1,5	0,0 <sup>b</sup> ±0,0
Helga	0,9 <sup>a</sup> ±1,1	46,1 <sup>a</sup> ±12,3	53,0 <sup>e</sup> ±13,3	6,7 <sup>b</sup> ±3,0	0,0 <sup>b</sup> ±0,0
Mondeo	0,2 <sup>b</sup> ±0,5	35,4 <sup>ecd</sup> ±14,0	64,4 <sup>bc</sup> ±14,5	5,6 <sup>c</sup> ±2,0	0,0 <sup>b</sup> ±0,0
Helix	0,1 <sup>b</sup> ±0,1	32,0 <sup>ef</sup> ±12,9	67,9 <sup>ba</sup> ±13,1	7,4 <sup>b</sup> ±2,0	0,0 <sup>b</sup> ±0,0
Helix-BM <sub>3</sub>	0,0 <sup>b</sup> ±0,0	28,7 <sup>f</sup> ±11,3	71,3 <sup>a</sup> ±11,3	6,7 <sup>b</sup> ±1,8	0,1 <sup>ba</sup> ±0,2
NX0451	0,1 <sup>b</sup> ±0,3	38,6 <sup>bcd</sup> ±13,1	61,3 <sup>cd</sup> ±13,3	8,4 <sup>a</sup> ±2,9	0,2 <sup>a</sup> ±0,2
Oldham	0,5 <sup>ba</sup> ±0,7	37,6 <sup>bcd</sup> ±7,3	62,0 <sup>cd</sup> ±7,9	8,5 <sup>a</sup> ±2,4	0,0 <sup>b</sup> ±0,0

±SD (n=4); Signifikanzschwelle P<0,05

Im Durchschnitt über Erntezeitpunkte und Sorten lagen die Werte der Parameter der potenziellen Abbaubarkeit des frischen Körnermaterials der Versuchsreihe V2 bei 0,2 % für die nicht-abbaubare Fraktion A (100-(a+b)), 37,1 % für die schnell-abbaubare oder lösliche Fraktion a, und 62,7 % für die nicht-lösliche, aber (potenziell) abbaubare Fraktion b. Die mittlere Abbaurrate der unlöslichen Fraktion, c, lag bei 6,2 %/h, während eine Verzögerungszeit bis zu einem messbaren Abbau (t<sub>0</sub>) bei frischem Material praktisch nicht vorhanden war. Im Vergleich der Sorten zeigte die Hybride Helga signifikant die durchschnittlich höchsten Anteile an der a-Fraktion

(46,1 %) und einen entsprechend geringen Anteil an der b-Fraktion (53,0 %). Die Sorte Helix-BM<sub>3</sub> zeichnete sich im Mittel der Erntezeitpunkte durch die relativ niedrigsten Anteile an der Fraktion a (28,7 %) und den entsprechend höchsten Anteilen an der Fraktion b (71,3 %) aus. Die Hybriden mit den signifikant höchsten Abbauraten (c) der nicht-löslichen, aber (potenziell) abbaubaren Fraktion b waren im Vergleich der Sorten NX0451 und Oldham mit 8,4 %/h bzw. 8,5 %/h - die Hybride Avenir wies mit 4,7 %/h im Vergleich die niedrigste Abbauraten von b auf. Im Vergleich der Erntezeitpunkte kam es mit zunehmender Reife zu einer signifikant kontinuierlichen Abnahme der a-Fraktion und einer entsprechenden Zunahme der b-Fraktion. Die Abbauraten der b-Fraktion (c) nahmen im Reifeverlauf ebenfalls kontinuierlich und signifikant ab. Die lag-time ( $t_0$ ) zeigte im Vergleich der Erntezeitpunkte, bezogen auf den Reifegrad der Pflanzen, keine signifikanten Unterschiede.

#### 3.3.4 Effektive ruminale Abbaubarkeit

Aus den Abbau-Parametern a, b, c und  $t_0$  wurden unter Einbeziehung theoretischer Passageraten von 2 %/h, 4 %/h, 6 %/h und 8 %/h ( $k=0,02$ ,  $k=0,04$ ,  $k=0,06$ ,  $k=0,08$ ) die effektive Abbaubarkeit (P) der frischen Maiskörner des Versuchs V2 berechnet. Die effektive Abbaubarkeit der Körnertrockenmasse der 12 Hybriden ist nachfolgend zusammengefasst nach Erntezeitpunkten bzw. Sorten in den Tabellen 35 und 36 dargestellt. Die Einzelwerte sind der Tabelle 37.1/2 im Anhang zu entnehmen.

Die effektive Abbaubarkeit der frischen Körner lag gemittelt über Erntezeitpunkte und Sorten bei angenommenen Passageraten von 2 %/h, 4 %/h, 6 %/h und 8 %/h bei 83,1 %, 73,7 %, 67,5 % und 63,1 %. Im Vergleich der Erntezeitpunkte unterschieden sich die effektiven Abbaubarkeiten innerhalb jeder angenommenen Passagerate im Reifeverlauf signifikant. Die Unterschiede in der effektiven Abbaubarkeit zwischen dem ersten und dem vierten Erntezeitpunkt vergrößerten sich dabei mit zunehmender Passagerate. Lag die Differenz zwischen dem frühesten und dem letzten Erntezeitpunkt bei der Annahme einer zweiprozentigen Passagerate noch bei 11,5 %, so vergrößerte sich die Differenz bei  $k=0,04$ ,  $k=0,06$  und  $k=0,08$  auf 16,8 %, 19,5 % und 20,9 %.

Tab. 35: Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V2 in Abhängigkeit der Passageraten im Mittel der Erntezeitpunkte

Erntezeitpunkt	Passagerate (k, %/h)			
	2	4	6	8
I	89,7 <sup>a</sup> ± 0,5	83,5 <sup>a</sup> ± 0,9	79,1 <sup>a</sup> ± 1,1	75,7 <sup>a</sup> ± 1,2
II	83,6 <sup>b</sup> ± 0,8	74,1 <sup>b</sup> ± 1,1	67,7 <sup>b</sup> ± 1,3	63,3 <sup>b</sup> ± 1,3
III	81,0 <sup>c</sup> ± 0,7	70,4 <sup>c</sup> ± 0,9	63,6 <sup>c</sup> ± 1,0	58,8 <sup>c</sup> ± 1,1
IV	78,2 <sup>d</sup> ± 0,8	66,7 <sup>d</sup> ± 1,0	59,6 <sup>d</sup> ± 1,1	54,8 <sup>d</sup> ± 1,2

±SEM (n=12); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. 36: Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V2 in Abhängigkeit der Passageraten im Sortenmittel

Sorte	Passagerate (k, %/h)			
	2	4	6	8
Abondance	82,4 <sup>d</sup> ± 2,4	72,8 <sup>dce</sup> ± 3,3	66,8 <sup>dc</sup> ± 3,8	62,7 <sup>bc</sup> ± 4,0
Achat	82,5 <sup>d</sup> ± 2,1	72,8 <sup>dce</sup> ± 3,0	66,7 <sup>dc</sup> ± 3,4	62,3 <sup>bc</sup> ± 3,5
Avenir	79,0 <sup>e</sup> ± 2,8	68,3 <sup>f</sup> ± 3,9	61,8 <sup>e</sup> ± 4,4	57,3 <sup>d</sup> ± 4,6
Byzance	83,4 <sup>bc</sup> ± 1,9	74,5 <sup>dc</sup> ± 2,8	68,8 <sup>bc</sup> ± 3,2	64,9 <sup>ba</sup> ± 3,4
Antares	81,9 <sup>d</sup> ± 1,9	71,9 <sup>de</sup> ± 2,6	65,6 <sup>dc</sup> ± 2,9	61,2 <sup>bc</sup> ± 3,1
Fjord	81,5 <sup>d</sup> ± 3,0	71,4 <sup>e</sup> ± 4,2	65,0 <sup>de</sup> ± 4,9	60,5 <sup>dc</sup> ± 5,3
Helga	85,3 <sup>bac</sup> ± 2,7	77,4 <sup>ba</sup> ± 4,1	72,2 <sup>a</sup> ± 4,9	68,5 <sup>a</sup> ± 5,4
Mondeo	81,4 <sup>d</sup> ± 3,5	71,4 <sup>e</sup> ± 5,0	65,0 <sup>de</sup> ± 5,8	60,5 <sup>dc</sup> ± 6,2
Helix	84,7 <sup>bc</sup> ± 2,6	75,1 <sup>bc</sup> ± 3,9	68,5 <sup>dc</sup> ± 4,7	63,7 <sup>bc</sup> ± 5,2
Helix-BM <sub>3</sub>	82,5 <sup>d</sup> ± 3,0	72,1 <sup>de</sup> ± 4,6	65,0 <sup>de</sup> ± 5,0	60,0 <sup>dc</sup> ± 5,4
NX0451	86,0 <sup>ba</sup> ± 2,5	77,7 <sup>ba</sup> ± 3,9	71,9 <sup>ba</sup> ± 4,7	67,6 <sup>a</sup> ± 5,2
Oldham	87,1 <sup>a</sup> ± 1,5	78,9 <sup>a</sup> ± 2,5	73,0 <sup>a</sup> ± 3,0	68,6 <sup>a</sup> ± 3,4

±SEM (n=4); Signifikanzschwelle P<0,05

Im Sortenvergleich der effektiven Abbaubarkeit der frischen Körnertrockensubstanz der Versuchsreihe V2 waren die Unterschiede zwischen den Sorten bei jeder der angenommenen Passageraten signifikant. Nach den Ergebnissen wie in Tabelle 36 dargestellt, konnte eine grobe Reihung der Sorten gemäß der Höhe der effektiven Abbaubarkeiten vorgenommen werden. Dabei zeigten die Hybriden Oldham, Helga und NX0451 über die Passageraten die relativ höchsten effektiven Abbaubarkeiten. Die Sorten Avenir, Fjord und Mondeo lagen mit den effektiven Abbaubarkeiten über die Passageraten im Sortenvergleich relativ am niedrigsten.

Bei den Sorten der Versuchsreihe V2 war ein deutlicher Zusammenhang zwischen Trockenmassegehalt der Körner und der Höhe der effektiven ruminalen Abbaubarkeit gegeben. Die Trockenmassegehalte und die effektiven ruminalen Abbaubarkeiten ( $k = 0,08$ ) zeigten über die Erntezeitpunkte und Sorten mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = -0,91$  ( $B = 0,83$ ) eine signifikant negative Wechselbeziehung.

### 3.4 Versuch V5 zur ruminale T-Abbaubarkeit frischer Maiskörner

In der Versuchsreihe V5 wurde wie in den vorangegangenen Versuchsreihen V1 und V2 Körnermaterial verschiedener Maissorten auf die ruminale Abbaubarkeit der Körnertrockensubstanz untersucht. Die Körner der 11 Maissorten aus dem Anbaujahr 2003 wurden entsprechend dem Material der Versuchsreihe V2 nach der Ernte zur Konservierung gefriergetrocknet.

Zur näheren Charakterisierung der Reifesituation sind die T-Gehalte von Kolben, Spindeln und Körnern zum jeweiligen Erntezeitpunkt als Einzelwerte in der Tabelle A43.1/2 im Anhang dargestellt. Eine T-Bestimmung des Restpflanzenmaterials der Versuchsreihe V5 wurde nicht durchgeführt.

#### 3.4.1 Rohnährstoffe und Stärkegehalte

Die Trockensubstanz- und Rohnährstoffgehalte der Körner der Sorten aus Versuchsreihe V5 sind zusammengefasst nach Erntezeitpunkten und Sorten in den Tabellen 37 und 38 dargestellt. Die Einzelwerte können der Tabelle 46.1/2 im Anhang entnommen werden.

Bei dem Körnermaterial der Maissorten aus dem Anbaujahr 2003 kam es mit zunehmender Reife zu einem signifikanten Anstieg der Körnertrockenmasse-Gehalte. Der mittlere T-Gehalt der Körner über Erntezeitpunkte und Sorten lag bei der Versuchsreihe V5 bei 65,8 %. Mit zunehmendem Reifeverlauf verringerte sich der Unterschied im T-Gehalt der Körner zwischen den Erntezeitpunkten. Lag zwischen dem ersten und dem zweiten Erntezeitpunkt noch ein mittlerer Anstieg der T-Gehalte von 14,9 %, so verringerte sich diese Differenz zwischen dem zweiten und dritten bzw. dritten und vierten Erntezeitpunkt auf 7,0 % bzw. 8,4 %. Innerhalb der Sorten lag die Spannweite der T-Gehalte des Körnermaterials zwischen dem frühesten und dem spätesten Erntezeitpunkt bei etwa 29,1 %. Die Sorten Batawax und Gelber Badischer Landmais (GBL) zeigten dabei mit 14,5 % bzw. 17,9 % die geringsten Veränderungen im T-Gehalt innerhalb der Ernteperiode, während die Sorten Oldham und Helga eine Veränderung des T-Gehaltes der Körner von 32,9 % bzw. 39,4 % zwischen dem ersten und dem vierten Erntezeitpunkt aufwiesen. Im Mittel der Erntezeitpunkte lag der Körnertrockenmassegehalt der Hybriden N23-C1 und Batawax dabei mit durchschnittlich

56,3 % und 52,9 % relativ am niedrigsten, die Hybride Oldham und die Sorte GBL mit 72,8 % und 72,9 % Körnertrockenmasse relativ am höchsten. Die Roh Nährstoffgehalte der Hybriden lagen im Mittel der 5-wöchigen Ernteperiode für Rohasche (XA), Rohprotein (XP), Rohfett (XL) und Rohfaser (XF) bei 1,42 %, 8,97 %, 4,36 % und 2,73 %.

Tab. 37: Roh Nährstoff- und Stärkegehalte der frischen Körner des Versuchs V5 im Mittel der Erntezeitpunkte

Erntezeitpunkt	T (%)	% i.d.T				
		XA	XP	XL	XF	XS
I*	48,2 <sup>d</sup>	1,68 <sup>a</sup>	9,53 <sup>a</sup>	4,32 <sup>a</sup>	2,44 <sup>d</sup>	63,0 <sup>c</sup>
II	63,1 <sup>c</sup>	1,45 <sup>b</sup>	9,19 <sup>a</sup>	4,46 <sup>a</sup>	2,70 <sup>c</sup>	67,3 <sup>b</sup>
III	70,1 <sup>b</sup>	1,31 <sup>c</sup>	8,60 <sup>b</sup>	4,27 <sup>a</sup>	2,82 <sup>b</sup>	69,6 <sup>a</sup>
IV	78,5 <sup>a</sup>	1,29 <sup>c</sup>	8,65 <sup>b</sup>	4,40 <sup>a</sup>	2,91 <sup>a</sup>	70,9 <sup>a</sup>

(n=11 bzw. n=9\*); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. 38: Roh Nährstoff- und Stärkegehalte der frischen Körner des Versuchs V5 im Sortenmittel

Sorte	T (%)	% i.d.T				
		XA	XP	XL	XF	XS
Banguy	70,1 <sup>ba</sup>	1,36 <sup>c</sup>	9,08 <sup>cbd</sup>	4,31 <sup>cb</sup>	2,99 <sup>b</sup>	69,5 <sup>a</sup>
Batawax*	52,9 <sup>e</sup>	1,57 <sup>a</sup>	9,23 <sup>cb</sup>	4,52 <sup>b</sup>	2,52 <sup>f</sup>	66,1 <sup>c</sup>
Byzance	59,2 <sup>d</sup>	1,53 <sup>ba</sup>	9,71 <sup>b</sup>	4,32 <sup>cb</sup>	2,72 <sup>dc</sup>	65,0 <sup>c</sup>
Delitop	67,9 <sup>b</sup>	1,35 <sup>c</sup>	8,71 <sup>cd</sup>	4,56 <sup>b</sup>	2,80 <sup>c</sup>	69,0 <sup>ba</sup>
Gavott	66,4 <sup>bc</sup>	1,35 <sup>c</sup>	8,55 <sup>cd</sup>	4,36 <sup>cb</sup>	2,82 <sup>c</sup>	68,0 <sup>ba</sup>
GBL*	72,9 <sup>a</sup>	1,38 <sup>c</sup>	10,4 <sup>a</sup>	4,92 <sup>a</sup>	3,11 <sup>a</sup>	68,9 <sup>ba</sup>
Helga	63,6 <sup>c</sup>	1,45 <sup>bc</sup>	8,36 <sup>d</sup>	4,21 <sup>cb</sup>	2,52 <sup>e</sup>	68,3 <sup>ba</sup>
NX0451	69,9 <sup>ba</sup>	1,38 <sup>c</sup>	8,57 <sup>cd</sup>	4,19 <sup>cb</sup>	2,72 <sup>dc</sup>	67,7 <sup>ba</sup>
NX0761	70,0 <sup>ba</sup>	1,34 <sup>c</sup>	8,32 <sup>d</sup>	4,23 <sup>cb</sup>	2,79 <sup>c</sup>	69,6 <sup>a</sup>
N23-C1	56,3 <sup>ed</sup>	1,55 <sup>ba</sup>	9,16 <sup>cbd</sup>	4,01 <sup>c</sup>	2,44 <sup>fe</sup>	66,8 <sup>bc</sup>
Oldham	72,8 <sup>a</sup>	1,37 <sup>c</sup>	8,48 <sup>cd</sup>	4,36 <sup>cb</sup>	2,67 <sup>d</sup>	68,7 <sup>ba</sup>

(n=4 bzw. n=3\*); Signifikanzschwelle P<0,05

Im Vergleich der Erntezeitpunkte zeigte sich, bezogen auf die Roh Nährstoffgehalte, für XA ein Absinken der Gehalte bis zum dritten Erntetermin. Zwischen dem dritten und dem vierten Erntezeitpunkt kam es zu keiner weiteren signifikanten Änderung

des Rohaschegehaltes. Der Rohproteingehalt lag zu den ersten zwei Erntezeitpunkten etwa bei etwa 9,4 %, sank zum dritten Erntetermin im Mittel auf 8,6 % ab und blieb im weiteren Reifeverlauf stabil. Beim Rohfettgehalt ließen sich in Bezug auf die Erntetermine keine signifikanten Einflüsse feststellen. Der XF-Gehalt zeigte im Vergleich der Erntezeitpunkte einen signifikant kontinuierlichen Anstieg der Gehalte mit zunehmender Reife von 2,44 % zum ersten Erntetermin auf 2,91 % zum vierten Erntezeitpunkt. Im Vergleich der Sorten zeigte lediglich die Landsorte GBL mit den relativ höchsten Gehalten an Rohprotein, Rohfett und Rohfaser deutliche Abweichungen im Rohnährstoffgehalt gegenüber dem Sortenpool des Anbaujahres 2003. Der Stärkegehalt (XS) der 11 Maissorten lag im Mittel über Sorten und Erntezeitpunkte bei 67,9 %. Zum ersten Erntezeitpunkt lag der Stärkegehalt der Sorten bei 63,0 % und stieg bis zum dritten Erntetermin auf 67,3 % bzw. 69,6 % an. Im weiteren Reifeverlauf kam es zu keinem weiteren signifikanten Anstieg des Stärkegehaltes in der Körnertrockenmasse. Die Maishybriden der Versuchsreihe V5 mit den relativ niedrigsten Stärkegehalten im Mittel der Erntezeitpunkte waren Batawax und Byzance mit 66,1 % und 65,0 % in der Trockenmasse, die Sorten Banguy und NX0761 wiesen im Erntejahr 2003 mit 69,5 % und 69,6 % relativ die höchsten Stärkegehalte auf.

Bei den Sorten der Versuchsreihe V5 war wie schon zuvor bei der Versuchsreihe V2 ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Trockenmassegehalt der Körner und dem Stärkegehalt gegeben. Die Trockenmasse- und Stärkegehalte wiesen über die Erntezeitpunkte und Sorten mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,91$  ( $B = 0,86$ ) einen relativ hohen Grad der Korrelation auf.

Für die 11 in der Versuchsreihe V5 eingesetzten Maishybriden wurde die Zusammensetzung der Stärke mittels NIRS bestimmt. Die Gehalte an Amylose und Amylopectin im Verhältnis zum Stärkegehalt sind in den Tabellen 39 und 40 als Mittel der Erntezeitpunkte bzw. als Sortenmittel zusammengefasst dargestellt. Die Einzelwerte der Amylose- und Amylopectingehalte sind der Tabelle A47.1/2 im Anhang zu entnehmen.

Tab. 39: Stärkegehalt und Zusammensetzung der Stärke des Körnermaterials der Hybriden der Versuchsreihe V5 im Mittel der Erntezeitpunkte

Erntezeitpunkt	% der T (% der Stärke)				
	Stärke	Amylose		Amylopectin	
I*	63,0 <sup>c</sup> ± 3,3	19,3 <sup>ba</sup> ± 2,4	(30,8)	43,6 <sup>b</sup> ± 3,8	(69,2)
II	67,3 <sup>b</sup> ± 2,0	17,6 <sup>b</sup> ± 4,1	(26,0)	49,8 <sup>a</sup> ± 2,9	(74,0)
III	69,6 <sup>a</sup> ± 1,9	18,8 <sup>ba</sup> ± 1,7	(26,9)	50,9 <sup>a</sup> ± 1,5	(73,1)
IV	70,9 <sup>a</sup> ± 1,9	19,8 <sup>a</sup> ± 4,6	(27,8)	51,1 <sup>a</sup> ± 3,7	(72,2)

±SD (n=11 bzw. n=9\*); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. 40: Stärkegehalt und Zusammensetzung der Stärke des Körnermaterials der Hybriden der Versuchsreihe V5 im Sortenmittel

Sorte	% der T (% der Stärke)				
	Stärke	Amylose		Amylopectin	
Banguy	69,5 <sup>a</sup> ± 2,8	21,0 <sup>a</sup> ± 2,0	(30,2)	48,5 <sup>b</sup> ± 3,6	(69,8)
Batawax*	66,1 <sup>c</sup> ± 1,6	9,38 <sup>c</sup> ± 4,7	(18,4)	55,6 <sup>a</sup> ± 4,9	(81,6)
Byzance	65,0 <sup>c</sup> ± 5,4	18,7 <sup>ba</sup> ± 1,7	(29,1)	46,3 <sup>b</sup> ± 6,9	(70,9)
Delitop	69,0 <sup>ba</sup> ± 4,7	19,9 <sup>ba</sup> ± 1,4	(29,0)	49,1 <sup>b</sup> ± 5,8	(71,0)
Gavott	68,0 <sup>ba</sup> ± 4,6	17,3 <sup>b</sup> ± 0,5	(25,5)	50,8 <sup>b</sup> ± 5,0	(74,5)
GBL*	68,9 <sup>ba</sup> ± 2,3	20,5 <sup>ba</sup> ± 1,5	(28,5)	48,7 <sup>b</sup> ± 2,0	(71,5)
Helga	68,3 <sup>ba</sup> ± 3,0	19,9 <sup>ba</sup> ± 1,8	(29,2)	48,3 <sup>b</sup> ± 2,4	(70,8)
NX0451	67,7 <sup>ba</sup> ± 2,7	19,1 <sup>ba</sup> ± 2,7	(28,1)	48,6 <sup>b</sup> ± 1,5	(71,9)
NX0761	69,6 <sup>a</sup> ± 2,7	20,8 <sup>ba</sup> ± 0,9	(30,0)	48,7 <sup>b</sup> ± 2,5	(70,0)
N23-C1	66,8 <sup>bc</sup> ± 6,2	18,4 <sup>ba</sup> ± 2,6	(27,6)	48,4 <sup>b</sup> ± 4,9	(72,4)
Oldham	68,7 <sup>ba</sup> ± 1,8	20,3 <sup>ba</sup> ± 2,8	(29,5)	48,4 <sup>b</sup> ± 2,1	(70,5)

±SD (n=4 bzw. n=3); Signifikanzschwelle P<0,05

Der mittlere Gehalt von Amylose und Amylopectin in der Stärke der Körner aus 2003 lag bei 27,9 % respektive 72,1 %, das heißt, 18,8 % der Korntrockenmasse bestand aus Amylose und 49,1 % aus Amylopectin. Im Vergleich der Sorten zeigte die Maishybride Batawax mit 18,4 % Amyloseanteil in der Maisstärke (9,4 % i.d.T) den relativ geringsten Gehalt an Amylose, die Hybride Banguy mit 30,2 % Amylose in der Maisstärke (21,0 % i.d.T) wies im Vergleich der 11 Sorten den signifikant höchsten Amylosegehalt im Korn auf.

Damit gehörten die Hybriden der Versuchsreihe V5 bezüglich der Stärkezusammensetzung überwiegend zu den "normalen" Typen (nonwaxy), die nach ROONEY und PFLUGFELDER (1986) mit 20 - 30 % Amylose und 70 - 80 % Amylopectin in der Maisstärke charakterisiert sind. Lediglich die Hybride Batawax (der „waxy“-Typ der Sorte NK Baxter), die zum frühesten und zum spätesten Erntetermin etwa 10 % Amylose und etwa 90 % Amylopectin in der Stärkefraktion aufweist, ist eher dem „waxy“-Typ zuzuordnen, der nach KOTARSKI et al. (1992) bis zu 99 % Amylopectin und 1 % Amylose in der Stärke enthält.

### 3.4.2 T-Verluste *in sacco*

An den frischen Körnern der Versuchsreihe V5 wurde die ruminale Abbaubarkeit bzw. die ruminale T-Verluste der Trockensubstanz *in sacco* untersucht. Die T-Verluste der Körnertrockensubstanz *in sacco* sind im Verlauf der Inkubationszeiten und gemittelt nach Erntezeitpunkten bzw. Sorten in den Tabellen 41 und 42 aufgeführt. Die T-Verluste in Form von Einzelwerten sind der Tabelle A48.1/2 im Anhang zu entnehmen.

Tab. 41: T-Verluste (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V5 *in sacco* in Abhängigkeit der Inkubationszeit im Pansen im Mittel der Erntezeitpunkte

Erntezeitpunkt	WL	KLP	Inkubationsdauer (h)						
			0	2	4	8	16	24	48
I*	11,4 <sup>a</sup> ±2,2	46,8 <sup>a</sup> ±8,5	58,1 <sup>a</sup> ±1,6	69,1 <sup>a</sup> ±1,5	74,7 <sup>a</sup> ±1,4	83,7 <sup>a</sup> ±1,2	91,5 <sup>a</sup> ±0,7	97,2 <sup>a</sup> ±0,4	99,0 <sup>a</sup> ±0,0
II	8,6 <sup>b</sup> ±1,6	31,6 <sup>b</sup> ±10,3	40,2 <sup>b</sup> ±1,7	51,3 <sup>b</sup> ±1,8	57,4 <sup>b</sup> ±1,8	66,6 <sup>b</sup> ±1,7	80,4 <sup>b</sup> ±1,3	91,4 <sup>b</sup> ±0,9	98,8 <sup>a</sup> ±0,1
III	7,1 <sup>c</sup> ±1,4	24,5 <sup>c</sup> ±7,9	31,6 <sup>c</sup> ±1,3	41,0 <sup>c</sup> ±1,6	46,4 <sup>c</sup> ±1,8	56,6 <sup>c</sup> ±1,7	71,8 <sup>c</sup> ±1,4	86,0 <sup>c</sup> ±1,2	98,2 <sup>b</sup> ±0,1
IV	7,0 <sup>c</sup> ±1,1	18,8 <sup>d</sup> ±5,9	25,8 <sup>d</sup> ±1,0	34,0 <sup>d</sup> ±1,1	39,2 <sup>d</sup> ±1,4	48,6 <sup>d</sup> ±1,4	64,6 <sup>d</sup> ±1,4	80,6 <sup>d</sup> ±1,3	97,5 <sup>c</sup> ±0,2

WL: wasserlösliche Fraktion der 0 h; KLP: kleine, wasserunlösliche Partikel der 0 h  
T-Verluste ±SEM (n=36 bzw. n=44\*); WL und KLP ±SD (n=11 bzw. n=9\*); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. 42: T-Verluste (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V5 in sacco in Abhängigkeit der Inkubationszeit im Pansen im Sortenmittel

Sorte	WL	KLP	Inkubationsdauer (h)						
			0	2	4	8	16	24	48
Banguy	7,6 <sup>d</sup> ±1,7	21,9 <sup>d</sup> ±9,0	29,5 <sup>d</sup> ±2,3	39,5 <sup>cd</sup> ±3,2	44,4 <sup>d</sup> ±3,1	52,0 <sup>d</sup> ±3,3	68,6 <sup>de</sup> ±2,9	82,7 <sup>cd</sup> ±2,2	98,2 <sup>dce</sup> ±0,3
Batawax*	11,2 <sup>a</sup> ±1,5	42,8 <sup>a</sup> ±11,1	53,9 <sup>a</sup> ±3,1	62,4 <sup>a</sup> ±3,2	71,0 <sup>a</sup> ±2,9	79,0 <sup>a</sup> ±2,6	88,8 <sup>a</sup> ±1,7	96,3 <sup>a</sup> ±0,7	99,0 <sup>ba</sup> ±0,1
Byzance	9,5 <sup>bc</sup> ±3,1	36,1 <sup>b</sup> ±12,4	45,6 <sup>b</sup> ±3,5	58,0 <sup>a</sup> ±3,6	62,0 <sup>b</sup> ±3,6	69,9 <sup>b</sup> ±3,6	83,0 <sup>b</sup> ±2,4	93,9 <sup>a</sup> ±1,3	98,9 <sup>ba</sup> ±0,1
Delitop	7,5 <sup>d</sup> ±2,0	25,1 <sup>dc</sup> ±12,7	32,6 <sup>dc</sup> ±3,3	41,2 <sup>cb</sup> ±3,9	46,1 <sup>dc</sup> ±4,0	57,5 <sup>c</sup> ±3,9	71,1 <sup>dc</sup> ±3,3	82,9 <sup>cd</sup> ±2,6	97,9 <sup>dce</sup> ±0,3
Gavott	7,7 <sup>cd</sup> ±2,6	29,1 <sup>c</sup> ±13,8	36,9 <sup>c</sup> ±3,7	45,4 <sup>b</sup> ±4,0	50,9 <sup>c</sup> ±4,2	61,4 <sup>c</sup> ±4,2	73,8 <sup>c</sup> ±3,6	86,0 <sup>cb</sup> ±2,5	98,5 <sup>bc</sup> ±0,2
GBL*	6,9 <sup>d</sup> ±0,4	19,6 <sup>d</sup> ±10,8	26,5 <sup>d</sup> ±2,7	34,3 <sup>d</sup> ±2,9	39,1 <sup>e</sup> ±3,3	47,5 <sup>e</sup> ±3,1	65,3 <sup>e</sup> ±3,0	79,4 <sup>d</sup> ±2,4	97,6 <sup>e</sup> ±0,4
Helga	8,3 <sup>bcd</sup> ±2,6	37,2 <sup>b</sup> ±15,8	45,6 <sup>b</sup> ±4,1	57,1 <sup>a</sup> ±4,2	62,8 <sup>b</sup> ±3,9	71,4 <sup>b</sup> ±3,7	82,8 <sup>b</sup> ±2,5	94,4 <sup>a</sup> ±1,0	98,2 <sup>dce</sup> ±0,2
NX0451	8,0 <sup>cd</sup> ±1,2	28,3 <sup>c</sup> ±13,1	36,3 <sup>c</sup> ±3,2	45,0 <sup>cb</sup> ±3,4	50,7 <sup>c</sup> ±3,5	61,8 <sup>c</sup> ±4,0	74,9 <sup>c</sup> ±3,0	87,1 <sup>cb</sup> ±2,0	98,3 <sup>dc</sup> ±0,2
NX0761	8,1 <sup>bcd</sup> ±1,5	24,6 <sup>dc</sup> ±9,5	32,7 <sup>dc</sup> ±2,5	42,2 <sup>cb</sup> ±2,9	48,6 <sup>dc</sup> ±3,5	59,2 <sup>c</sup> ±3,1	73,9 <sup>c</sup> ±2,9	88,2 <sup>b</sup> ±2,0	98,2 <sup>dce</sup> ±0,2
N23-C1	9,8 <sup>ba</sup> ±4,1	37,4 <sup>b</sup> ±16,1	47,2 <sup>b</sup> ±4,5	59,2 <sup>a</sup> ±4,2	64,5 <sup>b</sup> ±4,3	73,1 <sup>b</sup> ±3,6	84,4 <sup>b</sup> ±2,7	94,4 <sup>a</sup> ±1,3	99,1 <sup>a</sup> ±0,1
Oldham	8,0 <sup>cd</sup> ±1,1	24,5 <sup>dc</sup> ±10,4	32,5 <sup>dc</sup> ±2,6	42,7 <sup>cb</sup> ±2,9	48,9 <sup>dc</sup> ±3,3	59,6 <sup>c</sup> ±3,3	73,3 <sup>c</sup> ±2,7	87,0 <sup>cb</sup> ±2,0	97,8 <sup>de</sup> ±0,2

WL: wasserlösliche Fraktion der 0 h; KLP: kleine, wasserunlösliche Partikel der 0 h

T-Verluste ±SEM (n=16 bzw. n=12\*); WL und KLP ±SD (n=4 bzw. n=3\*); Signifikanzschwelle P<0,05

Die T-Verluste des frischen Körnermaterials der Versuchsreihe V5 lagen im Gesamtmittel der 11 Maissorten für die Auswaschverluste (0 h) bei durchschnittlich 38,0 % der in die Nylonbeutel eingewogen Körnertrockensubstanz. Die mittleren Auswaschverluste setzten sich zu durchschnittlich 8,4 % aus wasserlöslichen Bestandteilen (WL) und zu 29,6 % aus kleinen Partikel (KLP) zusammen. Die T-Verluste aus den Nylonbeuteln nahmen mit fortschreitender Inkubationsdauer kontinuierlich zu und lagen nach 2 h, 4 h, 8 h, 16 h, 24 h und 48 h bei 47,9 %, 53,5 %, 62,9 %, 76,4 %, 88,4 % und 98,3 % der Körnertrockensubstanz. Mit zunehmender Inkubationszeit nahmen dabei die Unterschiede im Verlustniveau der Trockensubstanz zwischen

den Sorten ab. Während die Differenz der Extremwerte im Gesamtmittel der Maishybriden nach zweistündiger Inkubation noch bei 56,3 % lag, sank diese mit zunehmender Verweildauer im Pansen auf 40,0 % und 27,5 % nach 16 h bzw. 24 h auf letztendlich 3,0 % nach 48 h ab. Im Vergleich der Erntezeitpunkte konnte mit zunehmender Reife der Hybriden über alle Inkubationszeiten ein signifikantes Absinken der Körner-T-Verluste aus den Nylonbeuteln beobachtet werden. Der T-Verlust der Maisorten lag dabei im Gesamtmittel zum ersten Erntezeitpunkt bei durchschnittlich 81,9 %, zum zweiten Erntezeitpunkt bei 69,4 %, zum dritten Erntezeitpunkt bei 61,7 % und zum letzten Erntezeitpunkt bei 55,8 % (Tabelle A57 im Anhang). Alle Sorten der Versuchsreihe V5 unterschieden sich bezüglich ihrer T-Verluste *in sacco* zu allen Inkubationszeiten signifikant. Die Sorte GBL und die Hybride Banguy zeigten im Sorten-Gesamtmittel mit 55,7 % und 59,3 % den im Vergleich niedrigsten Verlustwert, während N23-C1 und Batawax mit durchschnittlich 74,6 % und 78,6 % die Sorten mit den relativ höchsten T-Verlusten *in sacco* waren (Tabelle A57).

### 3.4.3 Parameter der potentiellen Abbaubarkeit

Die Parameter  $a$ ,  $b$ ,  $c$  und  $t_0$  der potenziellen Abbaubarkeit ( $p$ ) nach ØRSKOV und McDONALD (1979), die aus der Verrechnung der T-Verluste *in sacco* resultieren, sind in den Tabellen 43 und 44 als Mittel der Erntezeitpunkte bzw. als Sortenmittel zusammengefasst. In der Tabelle A52.1/2 im Anhang sind die Parameter als Einzelwerte dargestellt.

Die Werte der Parameter der potenziellen Abbaubarkeit des frischen Körnermaterials der Versuchsreihe V5 lagen im Durchschnitt über Erntezeitpunkte und Sorten bei 0,4 % für die nicht-abbaubare Fraktion  $A$  ( $100-(a+b)$ ), 38,6 % für die schnell-abbaubare oder lösliche Fraktion  $a$  und 61,1 % für die nicht-lösliche aber (potenziell) abbaubare Fraktion  $b$ . Die mittlere Abbaurate der unlöslichen Fraktion,  $c$ , lag bei 8,1 %/h, die Verzögerungszeit bis zu einem messbaren Abbau ( $t_0$ ) war bei frischem Material mit 0,2 h äußerst gering. Im Vergleich der Erntezeitpunkte kam es mit zunehmender Reife zu einer signifikanten, kontinuierlichen Abnahme der  $a$ -Fraktion ausgehend von 59,1 % zum EZP 1 auf 25,8 % zum EZP 4 und einer entsprechenden Zunahme der  $b$ -Fraktion. Die Abbauraten der  $b$ -Fraktion ( $c$ ) nahmen im Reifeverlauf ebenfalls kontinuierlich ab. Eine lag-time ( $t_0$ ) war im Vergleich der Erntezeitpunkte

bezogen auf den Reifegrad der Pflanzen zu den ersten beiden Ernteterminen nicht nachweisbar. Zum dritten und vierten Erntezeitpunkt lag die lag-time bei 0,2 und 0,4 Stunden. Im Vergleich der Sorten zeigte die Hybriden Batawax und N23-C1 signifikant die durchschnittlich höchsten Anteile an der a-Fraktion (54,4 % und 48,5 %) und einen entsprechend geringen Anteil an der b-Fraktion (45,2 % und 50,9 %). Die b-Fraktion der Sorten Batawax und N23-C1 wurden zudem mit 10,8 % bzw. 10,5 % pro Stunde im Sortenvergleich signifikant am schnellsten abgebaut. Die Sorte GBL zeichnete sich im Sortenvergleich durch die relativ niedrigsten Anteile an der Fraktion a (26,6 %) und den entsprechend höchsten Anteilen an der Fraktion b (73,4 %) aus. Die Fraktion b der Sorte GBL wurde zudem mit 5,4 %/h im Vergleich am langsamsten abgebaut.

*Tab. 43: Parameter der potentiellen Abbaubarkeit der frischen Maiskörner des Versuchs V5 im Mittel der Erntezeitpunkte*

Erntezeitpunkt	A (%)	a (%)	b (%)	c (%h <sup>-1</sup> )	t <sub>0</sub> (h)
I	1,1 <sup>a</sup> ±0,7	59,1 <sup>a</sup> ±10,1	39,8 <sup>d</sup> ±10,5	13,0 <sup>a</sup> ±2,8	0,0 <sup>b</sup> ±0,0
II	0,3 <sup>b</sup> ±0,5	41,3 <sup>b</sup> ±11,6	58,4 <sup>c</sup> ±12,1	8,3 <sup>b</sup> ±2,7	0,0 <sup>b</sup> ±0,1
III	0,1 <sup>b</sup> ±0,2	32,1 <sup>c</sup> ±9,8	67,9 <sup>b</sup> ±9,9	6,5 <sup>c</sup> ±1,7	0,2 <sup>ba</sup> ±0,4
IV	0,0 <sup>b</sup> ±0,0	25,8 <sup>d</sup> ±6,7	74,2 <sup>a</sup> ±6,6	5,5 <sup>d</sup> ±1,2	0,4 <sup>a</sup> ±0,4

±SD (n=11 bzw. n=9\*); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. 44: Parameter der potentiellen Abbaubarkeit der frischen Maiskörner des Versuchs V5 im Sortenmittel

Sorte	A (%)	a (%)	b (%)	c (%h <sup>-1</sup> )	t <sub>0</sub> (h)
Banguy	0,0 <sup>b</sup> ±0,0	30,7 <sup>dc</sup> ±11,5	69,3 <sup>ba</sup> ±11,5	6,0 <sup>cb</sup> ±1,7	0,5 <sup>a</sup> ±0,7
Batawax*	0,5 <sup>ba</sup> ±0,4	54,4 <sup>a</sup> ±12,6	45,2 <sup>d</sup> ±13,0	10,8 <sup>a</sup> ±2,7	0,0 <sup>b</sup> ±0,0
Byzance	0,5 <sup>ba</sup> ±0,9	46,8 <sup>b</sup> ±15,9	52,8 <sup>c</sup> ±16,7	9,8 <sup>a</sup> ±5,0	0,0 <sup>b</sup> ±0,0
Delitop	0,4 <sup>ba</sup> ±0,9	32,7 <sup>c</sup> ±15,3	66,9 <sup>ba</sup> ±16,2	7,0 <sup>cb</sup> ±3,4	0,3 <sup>ba</sup> ±0,4
Gavott	0,4 <sup>ba</sup> ±0,7	37,1 <sup>c</sup> ±16,6	62,5 <sup>b</sup> ±17,3	7,7 <sup>b</sup> ±4,0	0,3 <sup>ba</sup> ±0,3
GBL*	0,0 <sup>b</sup> ±0,0	26,6 <sup>d</sup> ±11,2	73,4 <sup>a</sup> ±11,2	5,4 <sup>c</sup> ±0,9	0,5 <sup>a</sup> ±0,5
Helga	0,7 <sup>a</sup> ±0,8	46,7 <sup>b</sup> ±18,7	52,7 <sup>c</sup> ±19,4	10,2 <sup>a</sup> ±4,4	0,0 <sup>b</sup> ±0,1
NX0451	0,3 <sup>ba</sup> ±0,6	36,3 <sup>c</sup> ±14,3	63,4 <sup>b</sup> ±14,9	7,6 <sup>b</sup> ±3,5	0,2 <sup>ba</sup> ±0,2
NX0761	0,0 <sup>b</sup> ±0,0	33,1 <sup>c</sup> ±11,4	67,0 <sup>ba</sup> ±11,4	7,2 <sup>b</sup> ±2,5	0,3 <sup>ba</sup> 0,3
N23-C1	0,7 <sup>ba</sup> ±0,8	48,5 <sup>b</sup> ±20,0	50,9 <sup>dc</sup> ±20,7	10,5 <sup>a</sup> ±4,0	0,0 <sup>b</sup> ±0,0
Oldham	0,3 <sup>ba</sup> ±0,7	32,9 <sup>c</sup> ±11,9	66,8 <sup>ba</sup> ±12,6	7,3 <sup>b</sup> ±3,0	0,0 <sup>b</sup> ±0,0

±SD (n=4 bzw. n=3\*); Signifikanzschwelle P<0,05

#### 3.4.4 Effektive ruminale Abbaubarkeit

Unter Einbeziehung theoretischer Passageraten von 2 %/h, 4 %/h, 6 %/h und 8 %/h (k= 0,02, k= 0,04, k= 0,06, k= 0,08) wurde aus den Abbauparametern a, b, c und t<sub>0</sub> die effektive Abbaubarkeit (P) der frischen Maiskörner des Versuch V5 berechnet. Die effektive Abbaubarkeit der Körnertrockenmasse der 11 Maissorten aus dem Anbaujahr 2003 ist in den Tabellen 45 und 46 zusammengefasst nach Erntezeitpunkten bzw. Sorten dargestellt. In der Tabelle A53.1/2 im Anhang sind die effektiven Abbaubarkeiten der Sorten als Einzelwerte aufgeführt.

Tab. 45: Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V5 in Abhängigkeit der Passageraten im Mittel der Erntezeitpunkte

Erntezeitpunkt	Passagerate (k, %/h)			
	2	4	6	8
I	93,2 <sup>a</sup> ± 0,7	88,9 <sup>a</sup> ± 1,2	85,7 <sup>a</sup> ± 1,6	83,0 <sup>a</sup> ± 1,9
II	87,2 <sup>b</sup> ± 1,3	79,2 <sup>b</sup> ± 2,0	73,6 <sup>b</sup> ± 2,5	69,5 <sup>b</sup> ± 2,8
III	82,2 <sup>c</sup> ± 1,7	72,2 <sup>c</sup> ± 2,3	65,5 <sup>c</sup> ± 2,7	60,7 <sup>c</sup> ± 2,9
IV	78,3 <sup>d</sup> ± 1,6	66,7 <sup>d</sup> ± 2,1	59,3 <sup>d</sup> ± 2,3	54,1 <sup>d</sup> ± 2,4

±SEM (n=11 bzw. n=9\*); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. 46: Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V5 in Abhängigkeit der Passageraten im Sortenmittel

Sorte	Passagerate (k, %/h)			
	2	4	6	8
Banguy	79,9 <sup>de</sup> ± 3,8	69,4 <sup>e</sup> ± 5,1	62,5 <sup>e</sup> ± 5,7	57,7 <sup>e</sup> ± 6,1
Batawax*	91,9 <sup>a</sup> ± 1,8	86,6 <sup>a</sup> ± 3,1	82,6 <sup>a</sup> ± 4,0	79,5 <sup>a</sup> ± 4,6
Byzance	88,9 <sup>b</sup> ± 2,5	82,0 <sup>b</sup> ± 4,1	77,1 <sup>b</sup> ± 5,1	73,4 <sup>b</sup> ± 5,8
Delitop	81,5 <sup>dc</sup> ± 3,9	71,6 <sup>de</sup> ± 5,8	65,1 <sup>de</sup> ± 6,7	60,4 <sup>de</sup> ± 7,3
Gavott	83,4 <sup>c</sup> ± 4,1	74,3 <sup>dc</sup> ± 6,0	68,3 <sup>dc</sup> ± 7,1	63,9 <sup>dc</sup> ± 7,7
GBL*	77,7 <sup>e</sup> ± 4,1	66,2 <sup>f</sup> ± 5,3	58,9 <sup>f</sup> ± 6,0	53,8 <sup>f</sup> ± 6,4
Helga	89,0 <sup>b</sup> ± 2,7	82,2 <sup>b</sup> ± 4,5	77,3 <sup>b</sup> ± 5,6	73,6 <sup>b</sup> ± 6,4
NX0451	84,0 <sup>c</sup> ± 3,6	74,9 <sup>c</sup> ± 5,2	68,8 <sup>c</sup> ± 6,1	64,3 <sup>c</sup> ± 6,7
NX0761	83,4 <sup>c</sup> ± 3,4	73,8 <sup>de</sup> ± 4,8	67,3 <sup>dc</sup> ± 5,5	62,6 <sup>dc</sup> ± 5,9
N23-C1	89,7 <sup>ba</sup> ± 2,8	83,3 <sup>b</sup> ± 4,7	78,6 <sup>b</sup> ± 5,9	75,1 <sup>b</sup> ± 6,7
Oldham	83,7 <sup>c</sup> ± 2,9	74,1 <sup>dc</sup> ± 4,4	67,6 <sup>dc</sup> ± 5,2	62,9 <sup>dc</sup> ± 5,7

±SEM (n=4 bzw. n=3\*); Signifikanzschwelle P<0,05

Im Mittel der Erntezeitpunkte und Sorten lag die effektive Abbaubarkeit der frischen Körner bei angenommenen Passageraten von 2 %/h, 4 %/h, 6 %/h und 8 %/h durch-

schnittlich bei 84,8 %, 76,2 %, 70,3 % und 66,1 %. Im Vergleich der Erntezeitpunkte waren die effektiven Abbaubarkeiten innerhalb jeder angenommenen Passagerate im Reifeverlauf signifikant unterschiedlich. Die Spannweite der effektiven Abbaubarkeit zwischen dem ersten und dem vierten Erntezeitpunkt vergrößerte sich dabei mit zunehmender Passagerate. Die Differenz zwischen dem frühesten und dem letzten Erntezeitpunkt lag bei der Annahme einer zweiprozentigen Passagerate bei 14,9 % und vergrößerte sich bei  $k=0,04$ ,  $k=0,06$  und  $k=0,08$  auf 22,2 %, 26,4 % und 28,9 %. Im Vergleich der Sorten unterschieden sich die effektiven Abbaubarkeiten der Körnertrockensubstanz der Hybriden ebenfalls zu jeder der angenommenen Passageraten signifikant. Ausgehend vom Sortenmittel, wie in Tabelle 46 dargestellt, konnte eine Reihung der Sorten gemäß der Höhe der effektiven Abbaubarkeiten erfolgen. Die Sorten Banguy und GBL wiesen dabei die im Vergleich geringsten effektiven Abbaubarkeiten auf, während die Hybriden Batawax, Byzance, Helga und N23-C1 die relativ höchsten effektiven Abbaubarkeiten der Körnertrockensubstanz im Sortenmittel zeigten.

Der Zusammenhang zwischen Trockenmassegehalt der Körner und der Höhe der effektiven ruminalen Abbaubarkeit war bei den Sorten der Versuchsreihe V5 mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r=-0,95$  ( $B=0,90$ ) deutlich gegeben. Die Trockenmassegehalte und die effektiven ruminalen Abbaubarkeiten ( $k=0,08$ ) über die Erntezeitpunkte und Sorten zeigten bei 10 der 11 Hybriden signifikante Korrelationen von  $r=-0,96$  im Mittel der Erntezeitpunkte. Lediglich die Sorte GBL wies keine signifikante Beziehung zwischen Trockenmassegehalt der Körner und der Höhe der effektiven ruminalen Abbaubarkeit ( $k=0,08$ ) im Mittel der Erntezeitpunkte auf.

### 3.5 Versuch V3 zur ruminalen T-Abbaubarkeit von Maisrestpflanzen

Die *in sacco*-Trockensubstanzverluste von Mais-Restpflanzen wurden in der Versuchsreihe V3 mit Material von sechs verschiedenen Maishybriden gemessen. Das Restpflanzenmaterial der Hybriden Antares, Antares-BM<sub>3</sub>, Byzance und Byzance-½BM<sub>3</sub> stammte aus dem Anbaujahr 2001, während die Sorten Helix und Helix-BM<sub>3</sub> ein Jahr später angebaut und geerntet wurden. Alle Sorten wurden zu jeweils drei im Reifeverlauf unterschiedlichen Terminen geerntet, um Probenmaterial mit unterschieden im physiologischen Reifegrad zu erhalten. Ziel war es, die Veränderung der Abbaucharakteristika des Restpflanzenmaterials von Mais im Pansen in Abhängigkeit der Pflanzenentwicklung zu bestimmen.

Da versucht wurde, vergleichbare Trockensubstanzgehalte der Restpflanzen der sechs Hybriden zu je einem frühen, mittleren und späten Zeitpunkt im Reifeverlauf zu erhalten, unterschieden sich die Erntetermine zwischen den Sorten. Der erste und der dritte Erntetermin der Hybriden Antares und Byzance lag daher nur ca. vier Wochen auseinander, während die Ernteperiode der Hybriden Antares-BM<sub>3</sub> und Byzance-½BM<sub>3</sub> etwa sechs Wochen betrug. Die Sorten Helix und Helix-BM<sub>3</sub> wurden im Jahr 2002 innerhalb einer 5-wöchigen Zeitspanne geerntet.

#### 3.5.1 Rohnährstoffe und pflanzliche Gerüstsubstanzen

Für die Messung der ruminalen Trockensubstanzverluste der Restpflanzen *in sacco* wurde das Pflanzenmaterial der Maishybriden einer schonenden Gefriertrocknung unterzogen. Der durch die Gefriergetrocknung erfasste Trockensubstanzgehalt der Maisrestpflanzen der Versuchsreihe V3, sowie die Rohnährstoffgehalte im gefriergetrockneten Material sind in der Tabelle 47 dargestellt. In den Tabellen 48 und 49 sind die Rohnährstoffgehalte in Abhängigkeit der Trockenmasse nach Erntezeitpunkten bzw. Sorten zusammengefasst.

Der T-Gehalt der Restpflanzen der Maishybriden der Versuchsreihe V3 lag bei 25,2 % im Mittel von Sorten und Erntezeitpunkten. Die Sorten Antares, Byzance und Helix zeigten im Vergleich der Erntetermine zum zweiten Erntezeitpunkt etwas niedrigere T-Gehalte des Restpflanzenmaterials als zum ersten Erntezeitpunkt, während

sich der T-Gehalt der Hybride Helix-BM<sub>3</sub> über die gesamte 5-wöchige Ernteperiode praktisch nicht veränderte.

Tab. 47: Trockensubstanz- und Roh Nährstoffgehalte des frischen Restpflanzenmaterials der Versuchsreihe V3

Sorte	Erntezeitpunkt	T (%)	% i.d.T			
			XA	XP	XL	XF
AN	03.09.01	24,1	6,15	5,90	1,26	32,4
AN	18.09.01	22,8	6,60	6,00	1,05	35,3
AN	01.10.01	33,0	5,92	6,08	0,91	37,6
AN-B	28.08.01	21,8	6,32	6,13	1,04	31,2
AN-B	19.09.01	23,4	6,36	6,55	1,24	32,9
AN-B	08.10.01	43,9	6,85	6,11	0,84	37,3
BY	03.09.01	22,6	5,54	5,27	1,22	32,1
BY	18.09.01	21,2	6,25	6,49	1,28	32,2
BY	01.10.01	38,2	4,89	3,46	0,71	39,3
BY-½B	28.08.01	21,5	6,29	6,49	1,08	32,0
BY-½B	19.09.01	24,1	6,02	5,68	1,31	33,8
BY-½B	08.10.01	32,0	6,00	5,51	0,71	36,0
HX	27.08.02	21,2	5,97	6,47	1,13	32,8
HX	25.09.02	20,9	7,48	6,36	0,77	38,5
HX	01.10.02	26,1	7,19	6,51	0,89	38,9
HX-B	27.08.02	20,0	5,26	5,78	1,06	31,8
HX-B	25.09.02	19,1	5,98	5,84	0,70	35,7
HX-B	01.10.02	20,0	5,90	5,14	0,50	39,1
	–	25,3	6,17	5,88	0,98	34,9
	× ± s	±6,9	±0,6	±0,7	±0,2	±2,9

AN: Antares; BY: Byzance; HX: Helix

Tab. 48: Trockensubstanz- und Roh Nährstoffgehalte des frischen Restpflanzenmaterials der Versuchsreihe V3 im Mittel der Erntezeitpunkte

Erntezeitpunkt	T (%)	% i.d.T			
		XA	XP	XL	XF
I	21,9 <sup>b</sup> ±1,4	5,92 <sup>a</sup> ±0,4	6,01 <sup>a</sup> ±0,5	1,13 <sup>a</sup> ±0,1	32,1 <sup>c</sup> ±0,5
II	21,9 <sup>b</sup> ±1,9	6,45 <sup>a</sup> ±0,6	6,15 <sup>a</sup> ±0,4	1,06 <sup>a</sup> ±0,3	34,7 <sup>b</sup> ±2,3
III	32,2 <sup>a</sup> ±8,5	6,13 <sup>a</sup> ±0,8	5,47 <sup>a</sup> ±1,1	0,76 <sup>b</sup> ±1,2	38,0 <sup>a</sup> ±1,3

±SD (n=6); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. 49: Trockensubstanz- und Rohnährstoffgehalte des frischen Restpflanzenmaterials der Versuchsreihe V3 im Sortenmittel

Sorte	T (%)	% i.d.T			
		XA	XP	XL	XF
AN	26,6 <sup>ba</sup> ±5,6	6,22 <sup>bac</sup> ±0,3	5,99 <sup>ba</sup> ±0,1	1,07 <sup>a</sup> ±0,2	35,1 <sup>ba</sup> ±2,6
AN-B	29,7 <sup>a</sup> ±12,3	6,51 <sup>ba</sup> ±0,3	6,26 <sup>ba</sup> ±0,2	1,04 <sup>a</sup> ±0,2	33,8 <sup>b</sup> ±3,1
BY	27,3 <sup>ba</sup> ±9,4	5,56 <sup>c</sup> ±0,7	5,07 <sup>b</sup> ±1,5	1,07 <sup>a</sup> ±0,3	34,5 <sup>ba</sup> ±4,1
BY-½B	25,9 <sup>ba</sup> ±5,5	6,10 <sup>ac</sup> ±0,2	5,89 <sup>ba</sup> ±0,5	1,03 <sup>a</sup> ±0,3	33,9 <sup>b</sup> ±2,0
HX	22,7 <sup>ba</sup> ±2,9	6,88 <sup>a</sup> ±0,8	6,45 <sup>a</sup> ±0,1	0,93 <sup>a</sup> ±0,2	36,7 <sup>a</sup> ±3,4
HX-B	19,7 <sup>b</sup> ±0,5	5,71 <sup>bc</sup> ±0,4	5,59 <sup>ba</sup> ±0,4	0,75 <sup>a</sup> ±0,3	35,5 <sup>ba</sup> ±3,6

AN: Antares; BY: Byzance; HX: Helix; ±SD (n=3); Signifikanzschwelle P<0,05

Bei der Betrachtung der Restpflanzen-T-Gehalte im Vergleich der Erntezeitpunkte zu den ersten beiden Ernteterminen zeigte sich kein signifikanter Unterschied im T-Gehalt – erst zum dritten Erntezeitpunkt war ein signifikanter Anstieg der Trockenmasse der Restpflanzen um 10,3 % zu verzeichnen. Im Sortenvergleich wies Helix-BM<sub>3</sub> mit 19,7 % den geringsten und Antares-BM<sub>3</sub> mit 29,7 % den im Vergleich höchsten Restpflanzen-T-Gehalt der Sorten der Versuchsreihe V3 auf. Während die Hybride Helix-BM<sub>3</sub> keine Veränderung im Restpflanzen-T-Gehalt zwischen dem ersten Erntezeitpunkt und dem dritten Erntezeitpunkt zeigte, lag die Differenz bei der Sorte Antares-BM<sub>3</sub> im vergleichbaren Zeitraum bei 22,1 %.

Der Rohnährstoffgehalt der Restpflanzen-Trockenmasse lag im Mittel von Sorten und Erntezeitpunkten für Rohasche, Rohprotein, Rohfett und Rohfaser bei 6,17 % (XA), 5,88 % (XP), 0,98 % (XL) und 34,9 % (XF). Im Vergleich der nach Erntezeitpunkten gemittelten Rohnährstoffgehalte der Restpflanzen der sechs Hybriden ergaben sich für die Gehalte an XA und XP keine signifikanten Unterschiede im Reifeverlauf. Der XL-Gehalt nahm vom zweiten Erntetermin an signifikant ab, während der XF-Gehalt kontinuierlich anstieg. Im Vergleich der Sortenmittel der Maishybriden wies die Hybride Helix bezüglich der Nährstoffe XA, XP und XF die signifikant höchsten Gehalte auf.

Die Gehalte der Restpflanzentrockensubstanz an pflanzlichen Gerüstsubstanzen, repräsentiert durch NDF (in neutralen Detergentien unlösliche Faserbestandteile), ADF (in acider Detergentienlösung unlösliche Faserbestandteile), ADL (saures Detergentien-Lignin), Hemicellulose (HEM=NDF-ADF), Cellulose (CEL=ADF-ADL) und Klau-

son-Lignin (KL) sind gemittelt nach Erntezeitpunkten und Sorten in den Tabellen 50 und 51 aufgeführt. Die Einzelwerte sind der Tabelle A59 im Anhang zu entnehmen.

Tab. 50: Gehalte an pflanzlichen Gerüstsubstanzen im frischen Restpflanzenmaterial der Versuchsreihe V3 im Mittel der Erntezeitpunkte

Erntezeitpunkt	% i.d.T					
	NDF	ADF	ADL	HEM	CEL	KL
I	58,2 <sup>c</sup> ±1,1	35,7 <sup>c</sup> ±1,1	4,07 <sup>c</sup> ±1,0	22,5 <sup>b</sup> ±1,1	31,7 <sup>c</sup> ±0,7	7,45 <sup>b</sup> ±1,2
II	62,5 <sup>b</sup> ±2,3	39,3 <sup>b</sup> ±2,2	4,58 <sup>b</sup> ±1,2	23,2 <sup>b</sup> ±1,5	34,7 <sup>b</sup> ±1,8	8,27 <sup>a</sup> ±1,3
III	69,4 <sup>a</sup> ±1,8	43,2 <sup>a</sup> ±1,2	5,09 <sup>a</sup> ±1,2	26,3 <sup>a</sup> ±1,1	38,1 <sup>a</sup> ±1,1	7,99 <sup>ba</sup> ±1,8

AN: Antares; BY: Byzance; HX: Helix; ±SD (n=6); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. 51: Gehalte an pflanzlichen Gerüstsubstanzen im frischen Restpflanzenmaterial der Versuchsreihe V3 im Sortenmittel

Sorte	% i.d.T					
	NDF	ADF	ADL	HEM	CEL	KL
AN	64,0 <sup>a</sup> ±4,8	40,6 <sup>a</sup> ±3,5	5,64 <sup>a</sup> ±0,6	23,3 <sup>a</sup> ±1,5	35,0 <sup>a</sup> ±2,9	9,38 <sup>a</sup> ±0,6
AN-B	62,8 <sup>a</sup> ±6,2	38,0 <sup>b</sup> ±4,1	3,35 <sup>c</sup> ±0,4	24,8 <sup>a</sup> ±2,2	34,7 <sup>a</sup> ±3,7	6,13 <sup>b</sup> ±0,8
BY	63,3 <sup>a</sup> ±8,0	38,8 <sup>ba</sup> ±4,9	5,03 <sup>ba</sup> ±0,4	24,5 <sup>a</sup> ±3,2	33,8 <sup>a</sup> ±4,6	8,80 <sup>a</sup> ±0,4
BY-½B	62,2 <sup>a</sup> ±4,8	38,9 <sup>ba</sup> ±2,6	4,93 <sup>b</sup> ±0,5	23,3 <sup>a</sup> ±2,3	33,9 <sup>a</sup> ±2,0	8,39 <sup>a</sup> ±1,0
HX	64,0 <sup>a</sup> ±5,9	41,0 <sup>a</sup> ±4,2	5,47 <sup>ba</sup> ±1,0	23,0 <sup>a</sup> ±2,1	35,6 <sup>a</sup> ±3,2	8,56 <sup>a</sup> ±0,6
HX-B	64,0 <sup>a</sup> ±5,4	39,0 <sup>ba</sup> ±3,8	3,08 <sup>c</sup> ±0,4	25,0 <sup>a</sup> ±1,6	35,9 <sup>a</sup> ±3,4	6,18 <sup>b</sup> ±0,1

AN: Antares; BY: Byzance; HX: Helix; ±SD (n=3); Signifikanzschwelle P<0,05

Der Gehalt an NDF, ADF und ADL betrug im Gesamtmittel 63,4 %, 39,4 % und 4,6 % der Trockenmasse der Restpflanzen. Der Gehalt der Restpflanzentrockensubstanz der Hybriden an HEM, CEL und KL lag im Mittel der Sorten und Erntezeitpunkte bei 24,0 %, 34,8 % und 7,9 %. Im Vergleich der Erntezeitpunkte zeigte sich ein signifikanter Einfluß der Pflanzenreife auf den Gehalt an pflanzlichen Gerüstsubstanzen in der Trockenmasse der Maisrestpflanzen. Die Gehalte an NDF, ADF, ADL und CEL nahmen im Reifeverlauf kontinuierlich zu. Der HEM-Anteil der Maisrestpflanzen veränderte sich vom ersten zum zweiten Erntezeitpunkt nicht, stieg jedoch zum dritten Erntetermin signifikant an. Der Anteil an Klason-Lignin wies dagegen in Bezug auf den Erntetermin keinen gerichteten Effekt auf – die relativ höchsten Gehalte an KL

wurden in der Trockenmasse der Maisrestpflanzen zum zweiten Erntezeitpunkt gemessen. Im Vergleich der Sortenmittelwerte der Anteile an pflanzlichen Gerüstsubstanzen zeigte die BM<sub>3</sub>-Mutante von Antares die signifikant geringsten ADF-, ADL- bzw. KL-Gehalte.

### 3.5.2 T-Verluste *in sacco*

Mit dem frischen Restpflanzenmaterial der Versuchsreihe V3 wurde die ruminale Abbaubarkeit bzw. die ruminalen T-Verluste der Trockensubstanz *in sacco* untersucht. Die T-Verluste des Restpflanzenmaterials *in sacco* im Verlauf der Inkubationszeiten sind gemittelt nach Erntezeitpunkten bzw. Sorten in den Tabellen 52 und 53 aufgeführt. In Tabelle A60 im Anhang sind die T-Verluste *in sacco* als Einzelwerte dargestellt.

Die T-Verluste des frischen Restpflanzenmaterials im Gesamtmittel der 6 Maishybriden lagen für die Auswaschverluste (0 h) bei durchschnittlich 28,5 % der in die Nylonbeutel eingewogenen Restpflanzen-Trockensubstanz. Die mittleren Auswaschverluste (0 h) setzten sich in der Versuchsreihe V3 zu durchschnittlich 18,4 % aus wasserlöslichen Bestandteilen (WL) und zu 10,1 % aus kleinen Partikel (KLP) zusammen. Die T-Verluste aus den Nylonbeuteln nahmen, ausgehend von einem Verlustniveau von 30,1 % nach zweistündiger Inkubation, mit fortschreitender Inkubationsdauer kontinuierlich zu und lagen nach 4 h, 8 h, 16 h, 24 h, 48 h, 72 h und 96 h bei 31,5 %, 36,2 %, 45,8 %, 55,2 %, 65,5 %, 69,3 % und 74,5 % der Restpflanzen-Trockensubstanz. Mit zunehmender Inkubationszeit nahmen die mittleren T-Verluste *in sacco* generell zu. Im Erntezeitpunktvergleich konnte mit zunehmender Reife der Hybriden über alle Inkubationszeiten ein signifikantes Absinken der Restpflanzen-T-Verluste aus den Nylonbeuteln beobachtet werden.

Tab. 52: T-Verluste (%) des frischen Restpflanzenmaterials des Versuchs V3 *in sacco* in Abhängigkeit der Inkubationszeit im Pansen im Mittel der Erntezeitpunkte

EZP	WL	KLP	Inkubationsdauer (h)								
			0	2	4	8	16	24	48	72	96
I	22,5 <sup>a</sup> ±1,8	11,9 <sup>a</sup> ±2,0	34,4 <sup>a</sup> ±0,5	36,3 <sup>a</sup> ±0,3	37,9 <sup>a</sup> ±0,3	43,2 <sup>a</sup> ±0,5	52,4 <sup>a</sup> ±0,7	60,8 <sup>a</sup> ±1,0	69,5 <sup>a</sup> ±1,0	73,0 <sup>a</sup> ±1,1	77,0 <sup>a</sup> ±1,1
II	19,0 <sup>b</sup> ±2,5	10,5 <sup>a</sup> ±1,5	29,5 <sup>b</sup> ±0,8	31,0 <sup>b</sup> ±0,5	32,3 <sup>b</sup> ±0,6	36,7 <sup>b</sup> ±0,7	46,3 <sup>b</sup> ±0,9	55,4 <sup>b</sup> ±1,2	66,0 <sup>b</sup> ±1,4	69,3 <sup>b</sup> ±1,6	74,8 <sup>a</sup> ±1,4
III	13,7 <sup>c</sup> ±1,8	7,9 <sup>b</sup> ±1,2	21,6 <sup>c</sup> ±0,6	23,0 <sup>c</sup> ±0,4	24,3 <sup>c</sup> ±0,4	28,5 <sup>c</sup> ±0,5	38,8 <sup>c</sup> ±0,9	49,2 <sup>c</sup> ±1,0	61,0 <sup>c</sup> ±1,4	65,6 <sup>c</sup> ±1,8	71,7 <sup>b</sup> ±1,5

WL: wasserlösliche Fraktion der 0 h; KLP: kleine, wasserunlösliche Partikel der 0 h  
T-Verluste ±SEM (n=36 für 2, 4, 8, 16 h; n=18 für 0, 24, 48, 72, 96 h); WL und KLP ±SD (n=6); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. 53: T-Verluste (%) des frischen Restpflanzenmaterials des Versuchs V3 *in sacco* in Abhängigkeit der Inkubationszeit im Pansen im Sortenmittel

Sorte	WL	KLP	Inkubationsdauer (h)								
			0	2	4	8	16	24	48	72	96
AN	19,9 <sup>a</sup> ±4,9	9,1 <sup>a</sup> ±1,6	29,0 <sup>a</sup> ±1,8	31,1 <sup>a</sup> ±1,4	32,6 <sup>a</sup> ±1,4	36,7 <sup>a</sup> ±1,6	44,4 <sup>bc</sup> ±1,7	52,1 <sup>c</sup> ±1,8	60,7 <sup>c</sup> ±2,1	66,4 <sup>c</sup> ±1,4	69,7 <sup>d</sup> ±1,0
AN-B	17,8 <sup>a</sup> ±5,8	10,6 <sup>a</sup> ±3,7	28,4 <sup>a</sup> ±2,7	30,1 <sup>a</sup> ±1,8	31,7 <sup>a</sup> ±1,7	38,0 <sup>a</sup> ±1,8	50,7 <sup>a</sup> ±1,9	60,9 <sup>a</sup> ±2,4	71,4 <sup>a</sup> ±1,7	78,9 <sup>a</sup> ±1,4	84,1 <sup>a</sup> ±0,7
BY	18,3 <sup>a</sup> ±6,2	10,3 <sup>a</sup> ±2,9	28,6 <sup>a</sup> ±2,6	30,4 <sup>a</sup> ±1,8	31,7 <sup>a</sup> ±1,9	35,8 <sup>a</sup> ±1,9	43,9 <sup>bc</sup> ±1,9	54,7 <sup>bc</sup> ±1,9	63,5 <sup>cb</sup> ±1,7	68,5 <sup>cb</sup> ±1,7	73,1 <sup>c</sup> ±1,0
BY-½B	20,2 <sup>a</sup> ±4,3	10,3 <sup>a</sup> ±0,5	30,6 <sup>a</sup> ±1,4	32,1 <sup>a</sup> ±1,0	33,6 <sup>a</sup> ±1,1	38,0 <sup>a</sup> ±1,4	46,4 <sup>bac</sup> ±1,3	57,4 <sup>ba</sup> ±1,3	66,1 <sup>b</sup> ±1,3	68,5 <sup>cb</sup> ±1,4	73,6 <sup>c</sup> ±0,8
HX	16,7 <sup>a</sup> ±3,6	10,5 <sup>a</sup> ±3,6	27,2 <sup>a</sup> ±2,0	27,9 <sup>a</sup> ±1,3	29,1 <sup>a</sup> ±1,4	33,2 <sup>a</sup> ±1,6	41,6 <sup>c</sup> ±1,7	50,9 <sup>c</sup> ±2,4	60,6 <sup>c</sup> ±2,0	61,6 <sup>d</sup> ±2,3	68,4 <sup>d</sup> ±1,5
HX-B	17,5 <sup>a</sup> ±3,0	9,7 <sup>a</sup> ±1,8	27,2 <sup>a</sup> ±1,4	28,7 <sup>a</sup> ±1,0	30,3 <sup>a</sup> ±1,1	35,2 <sup>a</sup> ±1,3	48,0 <sup>ba</sup> ±1,3	55,1 <sup>bc</sup> ±1,8	70,6 <sup>a</sup> ±0,8	71,7 <sup>b</sup> ±1,3	78,1 <sup>b</sup> ±0,5

WL: wasserlösliche Fraktion der 0 h; KLP: kleine, wasserunlösliche Partikel der 0 h  
T-Verluste ±SEM (n=18 für 2, 4, 8, 16 h; n=9 für 0, 24, 48, 72, 96 h); WL und KLP ±SD (n=3); Signifikanzschwelle P<0,05; AN: Antares; BY: Byzance; HX: Helix

Ebenfalls signifikant verringerte sich der Gehalt an wasserlöslichen Bestandteilen (WL) und kleinen Partikeln (KLP) im Restpflanzenmaterial der Versuchsreihe V3 mit fortschreitender Reife. Die sechs Maishybriden unterschieden sich im Sortenvergleich bezüglich der T-Verluste *in sacco* erst mit 16-stündiger Inkubationszeit signi-

fikant. Dabei zeigte die Hybride Helix im Sortenvergleich die niedrigsten T-Verluste *in sacco*, während die Sorte Antares-BM<sub>3</sub> die relativ höchsten T-Verluste aufwies.

### 3.5.3 Parameter der potentiellen Abbaubarkeit

Die nach der Verrechnung der T-Verluste *in sacco* resultierenden Parameter a, b, c und t<sub>0</sub> der potenziellen Abbaubarkeit (p) nach ØRSKOV und McDONALD (1979) sind in der Tabelle A64 im Anhang als Einzelwerte dargestellt. In den Tabellen 54 und 55 sind die Parameter als Mittel der Erntezeitpunkte bzw. als Sortenmittel zusammengefasst. Im Gesamtmittelwert der Erntezeitpunkte und Sorten lagen die Werte der Parameter der potenziellen Abbaubarkeit des frischen Restpflanzenmaterials von Versuchsreihe V3 bei 24,9 % für die nicht-abbaubare Fraktion A, bei 28,8 % für die schnell-abbaubare oder lösliche Fraktion a und bei 46,3 % für die nicht-lösliche, aber (potenziell) abbaubare Fraktion b. Die mittlere Abbaurrate der unlöslichen Fraktion, c, betrug 3,6 %/h, während die Verzögerungszeit bis zu einem messbaren Abbau (t<sub>0</sub>) bei dem frischen Restpflanzenmaterial bei durchschnittlich 2,3 Stunden lag.

Tab. 54: Parameter der potentiellen Abbaubarkeit der frischen Maisrestpflanzen des Versuchs V3 im Mittel der Erntezeitpunkte

Erntezeitpunkt	A (%)	a (%)	b (%)	c (%h <sup>-1</sup> )	t <sub>0</sub> (h)
I	23,1 <sup>b</sup> ±4,4	34,6 <sup>a</sup> ±1,9	42,4 <sup>b</sup> ±3,6	4,0 <sup>a</sup> ±0,5	1,6 <sup>b</sup> ±1,1
II	24,7 <sup>ba</sup> ±6,0	29,9 <sup>b</sup> ±3,4	45,4 <sup>b</sup> ±6,5	3,5 <sup>ba</sup> ±0,4	2,4 <sup>ba</sup> ±0,9
III	27,0 <sup>a</sup> ±7,4	22,0 <sup>c</sup> ±2,9	51,1 <sup>a</sup> ±8,8	3,3 <sup>b</sup> ±0,5	2,9 <sup>a</sup> ±1,1

±SD (n=6); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. 55: Parameter der potentiellen Abbaubarkeit der frischen Maisrestpflanzen des Versuchs V3 im Sortenmittel

Sorte	A (%)	a (%)	b (%)	c (%h <sup>-1</sup> )	t <sub>0</sub> (h)
AN	28,3 <sup>ba</sup> ±1,1	29,2 <sup>a</sup> ±6,3	42,5 <sup>c</sup> ±5,2	3,1 <sup>b</sup> ±0,5	1,1 <sup>a</sup> ±1,0
AN-B	15,1 <sup>d</sup> ±1,0	28,7 <sup>a</sup> ±9,5	56,2 <sup>a</sup> ±10,2	3,6 <sup>ba</sup> ±0,6	2,1 <sup>a</sup> ±0,9
BY	25,6 <sup>b</sup> ±3,3	28,9 <sup>a</sup> ±8,6	45,5 <sup>bc</sup> ±5,4	3,2 <sup>ba</sup> ±0,1	2,0 <sup>a</sup> ±1,3
BY-½B	26,7 <sup>b</sup> ±2,7	31,0 <sup>a</sup> ±4,4	42,3 <sup>c</sup> ±1,8	3,9 <sup>a</sup> ±0,1	2,7 <sup>a</sup> ±1,4
HX	31,9 <sup>a</sup> ±4,6	27,4 <sup>a</sup> ±6,8	40,7 <sup>c</sup> ±2,2	3,7 <sup>ba</sup> ±0,8	3,0 <sup>a</sup> ±0,9
HX-B	21,8 <sup>c</sup> ±1,5	27,7 <sup>a</sup> ±4,4	50,5 <sup>ba</sup> ±3,6	3,8 <sup>ba</sup> ±0,4	2,8 <sup>a</sup> ±1,0

±SD (n=3); Signifikanzschwelle P<0,05  
AN: Antares; BY: Byzance; HX: Helix

Im Vergleich der Erntezeitpunkte kam es mit zunehmender Reife zu einer signifikant kontinuierlichen Abnahme der a-Fraktion und einer entsprechenden Zunahme der nicht abbaubaren Fraktion (A) sowie der b-Fraktion. Die Abbauraten der b-Fraktion (c) nahmen im Reifeverlauf dagegen signifikant ab. Die lag-time (t<sub>0</sub>) nahm im Vergleich der Erntezeitpunkte mit fortschreitendem Pflanzenalter signifikant zu. Im Vergleich der Sorten zeigten diese in Bezug auf die Fraktion a und die lag-time (t<sub>0</sub>) keine signifikanten Unterschiede. Die Hybride Antares-BM<sub>3</sub> zeichnete sich im Mittel der Erntezeitpunkte durch die relativ niedrigsten Anteile an der nicht abbaubaren Fraktion A (15,1 %) und den im Vergleich höchsten Anteilen an der Fraktion b (56,2 %) aus. Die Hybride Helix wies die durchschnittlich höchsten Anteile an der A-Fraktion (31,9 %) und die relativ niedrigsten Anteile an der b-Fraktion (40,7 %) auf.

### 3.5.4 Effektive ruminale Abbaubarkeit

Aus den Abbau-Parametern  $a$ ,  $b$ ,  $c$  und  $t_0$  wurden unter Einbeziehung theoretischer Passageraten von 2 %/h, 4 %/h, 6 %/h und 8 %/h ( $k=0,02$ ,  $k=0,04$ ,  $k=0,06$ ,  $k=0,08$ ) die effektive Abbaubarkeit ( $P$ ) des frischen Restpflanzenmaterials des Versuchs V3 berechnet. Die effektive Abbaubarkeit der Restpflanzen der 6 Hybriden ist nachfolgend in Form von Einzelwerten in der Tabelle 56 und zusammengefasst nach Erntezeitpunkten bzw. Sorten in den Tabellen 57 bzw. 58 dargestellt.

Die effektive Trockensubstanz-Abbaubarkeit der frischen Restpflanzen, gemittelt über Erntezeitpunkte und Sorten bei angenommenen Passageraten von 2 %/h, 4 %/h, 6 %/h und 8 %/h, lag bei den Hybriden der Versuchsreihe V3 bei 54,7 %, 46,9 %, 42,5 % und 39,7 %.

Tab. 56: Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Maisrestpflanzen des Versuchs V3 in Abhängigkeit der Passagerate; (AN: Antares; BY: Byzance; HX: Helix)

Sorte	Erntezeitpunkt	Passagerate (k, %/h)			
		2	4	6	8
AN	03.09.01	58,2	51,4	47,5	45,0
AN	18.09.01	55,2	48,5	44,7	42,3
AN	01.10.01	47,1	38,9	34,5	31,8
AN-B	28.08.01	65,6	57,8	53,2	50,2
AN-B	19.09.01	59,7	50,7	45,4	41,9
AN-B	08.10.01	56,0	44,5	38,3	34,3
BY	03.09.01	59,0	51,7	47,5	44,8
BY	18.09.01	57,9	50,8	46,8	44,2
BY	01.10.01	45,5	36,8	32,0	29,0
BY-½B	28.08.01	60,4	53,7	49,7	47,1
BY-½B	19.09.01	54,7	47,8	43,6	40,9
BY-½B	08.10.01	49,5	42,3	38,1	35,4
HX	27.08.02	56,4	50,3	46,6	44,1
HX	25.09.02	47,8	40,7	36,9	34,4
HX	01.10.02	44,0	36,9	32,9	30,3
HX-B	27.08.02	60,7	53,1	48,5	45,4
HX-B	25.09.02	54,3	45,6	40,6	37,4
HX-B	01.10.02	52,2	43,5	38,4	35,2
	$\bar{x} \pm s$	54,7 ± 5,9	46,9 ± 6,1	42,5 ± 6,2	39,7 ± 6,3

Tab. 57: Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Maisrestpflanzen des Versuchs V3 in Abhängigkeit der Passagerate im Mittel der Erntezeitpunkte

Erntezeitpunkt	Passagerate (k, %/h)			
	2	4	6	8
I	60,1 <sup>a</sup> ± 1,3	53,0 <sup>a</sup> ± 1,1	48,8 <sup>a</sup> ± 1,0	46,1 <sup>a</sup> ± 0,9
II	54,9 <sup>b</sup> ± 1,7	47,4 <sup>b</sup> ± 1,5	43,0 <sup>b</sup> ± 1,5	40,2 <sup>b</sup> ± 1,5
III	49,1 <sup>c</sup> ± 1,8	40,5 <sup>c</sup> ± 1,4	35,7 <sup>c</sup> ± 1,2	32,7 <sup>c</sup> ± 1,1

±SEM (n=6); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. 58: Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Maisrestpflanzen des Versuchs V3 in Abhängigkeit der Passagerate im Sortenmittel

	Passagerate (k, %/h)			
	2	4	6	8
Antares	53,5 <sup>b</sup> ± 3,3	46,3 <sup>bc</sup> ± 3,8	42,2 <sup>ba</sup> ± 4,0	39,7 <sup>ba</sup> ± 4,0
Ant.-BM <sub>3</sub>	60,4 <sup>a</sup> ± 2,8	51,0 <sup>a</sup> ± 3,8	45,6 <sup>a</sup> ± 4,3	42,1 <sup>a</sup> ± 4,6
Byzance	54,1 <sup>b</sup> ± 4,3	46,4 <sup>bc</sup> ± 4,8	42,1 <sup>ba</sup> ± 5,1	39,3 <sup>ba</sup> ± 5,2
Byz.-½BM <sub>3</sub>	54,9 <sup>b</sup> ± 3,1	47,9 <sup>ba</sup> ± 3,3	43,8 <sup>a</sup> ± 3,4	41,1 <sup>ba</sup> ± 3,4
Helix	49,4 <sup>c</sup> ± 3,7	42,6 <sup>c</sup> ± 4,0	38,8 <sup>b</sup> ± 4,1	36,3 <sup>b</sup> ± 4,1
Helix-BM <sub>3</sub>	55,7 <sup>b</sup> ± 2,6	47,4 <sup>ba</sup> ± 2,9	42,5 <sup>ba</sup> ± 3,1	39,3 <sup>ba</sup> ± 3,1

±SEM (n=3); Signifikanzschwelle P<0,05

Im Vergleich der Erntezeitpunkte war festzustellen, dass unabhängig von der Passagerate die effektiven Abbaubarkeiten der Restpflanzen-T mit zunehmender Reife signifikant abnahmen. Die Hybride Helix wies im Sortenvergleich über alle Passageraten mit 49,4 % (k= 0,02), 42,6 % (k= 0,04), 38,8 % (k= 0,06) und 36,3 % (k= 0,08) die geringsten effektiven Abbaubarkeiten auf, während die Sorte Antares-BM<sub>3</sub> mit 60,4 % (k= 0,02), 51,0 % (k= 0,04), 45,6 % (k= 0,06) und 42,1 % (k= 0,08) die relativ höchsten effektiven Abbaubarkeiten im Sortenmittel der Restpflanzen-Trockensubstanz zeigte.

Während bei den Sorten der Versuchsreihe V3 ein Zusammenhang zwischen dem Trockenmassegehalt der Restpflanzen und der Höhe der effektiven ruminalen Abbaubarkeit ( $k = 0,08$ ) über alle Sorten und Erntezeitpunkte bei einem Korrelationskoeffizienten von  $r = -0,59$  nicht gegeben schien, war mit einem signifikanten Korrelationskoeffizienten von  $r = -0,96$  ( $B = 0,93$ ) ein deutlicher Zusammenhang zwischen der effektiven ruminalen Abbaubarkeit ( $k = 0,08$ ) und dem NDF-Gehalt der Restpflanzen gegeben.

### 3.6 Versuch V4 zur ruminalen T-Abbaubarkeit von Maisrestpflanzen

Die *in sacco*-Trockensubstanzverluste von Mais-Restpflanzen wurden in der Versuchsreihe V4 wie in der vorangegangenen Versuchsreihe V3 mit Material von sechs verschiedenen Maishybriden durchgeführt. Das Restpflanzenmaterial der Hybriden Attribut, Elide, Goldoli, Helga, PG013621 und Prelude stammte aus dem Anbaujahr 2001. Alle Sorten wurden zu jeweils drei im Reifeverlauf unterschiedlichen Terminen geerntet, um Probenmaterial mit Unterschieden im physiologischen Reifegrad zu erhalten. Ziel war es, die Veränderung der Abbaucharakteristika des Restpflanzenmaterials von Mais im Pansen in Abhängigkeit der Pflanzenentwicklung zu bestimmen.

Um vergleichbare Trockensubstanzgehalte der Restpflanzen der sechs Hybriden im Reifeverlauf zu erhalten, unterschieden sich die Erntetermine zwischen den Sorten. Der erste und der dritte Erntetermin der Hybride Helga lag ca. vier Wochen auseinander, die Ernteperiode der Hybriden Attribut, Elide, Goldoli und Prelude betrug fünf Wochen, und die Sorte PG013621 wurde innerhalb einer 6-wöchigen Zeitspanne geerntet.

#### 3.6.1 Rohnährstoffe und pflanzliche Gerüstsubstanzen

Als Voraussetzung für die Durchführung der Messung der ruminalen Trockensubstanzverluste *in sacco* wurde das frische Restpflanzenmaterial der Maishybriden durch Gefriertrocknung konserviert. Der durch die Gefriergetrocknung erfasste Trockensubstanzgehalt der Maisrestpflanzen der Versuchsreihe V4 sowie die Rohnährstoffgehalte im gefriergetrockneten Material sind in Form von Einzelwerten in der Tabelle 59 dargestellt. In den Tabellen 60 und 61 sind die Rohnährstoffgehalte in Abhängigkeit der Trockenmasse, getrennt nach Erntezeitpunkten bzw. Sorten, zusammengefasst. Der T-Gehalt der Restpflanzen der Maishybriden der Versuchsreihe V4 lag bei durchschnittlich 25,9 %. Die Sorten Attribut, Goldoli, Helga und Prelude wiesen zum zweiten Erntezeitpunkt niedrigere T-Gehalte des Restpflanzenmaterials als zum ersten Erntezeitpunkt auf.

Tab. 59: Trockensubstanz- und Rohnährstoffgehalte des frischen Restpflanzenmaterials der Versuchsreihe V4

Sorte	Erntezeitpunkt	T (%)	% i.d.T			
			XA	XP	XL	XF
Attribut	27.08.01	23,3	5,79	5,32	0,86	30,0
Attribut	18.09.01	20,2	8,88	7,16	1,34	36,7
Attribut	02.10.01	31,5	6,71	4,71	0,90	35,8
Elide	27.08.01	23,5	5,53	4,55	0,95	30,7
Elide	18.09.01	19,7	8,03	5,46	1,27	38,8
Elide	02.10.01	29,6	6,33	4,60	0,90	39,1
Goldoli	27.08.01	23,5	5,95	6,16	1,18	27,7
Goldoli	18.09.01	21,6	7,95	6,72	1,47	34,4
Goldoli	04.10.01	32,3	6,74	5,91	1,03	35,3
Helga	03.09.01	23,2	5,85	5,59	1,36	31,5
Helga	18.09.01	21,6	7,70	7,21	1,66	36,2
Helga	02.10.01	31,9	7,01	5,71	1,00	38,3
PG013621	28.08.01	22,8	6,74	6,08	1,21	31,9
PG013621	19.09.01	25,2	6,44	5,62	1,12	34,7
PG013621	08.10.01	34,4	7,22	5,97	0,74	37,4
Prelude	27.08.01	25,6	5,92	5,29	1,10	29,7
Prelude	18.09.01	21,7	7,81	5,65	1,55	37,9
Prelude	02.10.01	34,6	6,66	4,21	0,98	37,9
	–	25,9	6,85	5,66	1,15	34,7
	× ± s	±5,0	±0,9	±0,8	±0,3	±1,3

Tab. 60: Trockensubstanz- und Rohnährstoffgehalte des frischen Restpflanzenmaterials der Versuchsreihe V4 im Mittel der Erntezeitpunkte

Erntezeitpunkt	T (%)	% i.d.T			
		XA	XP	XL	XF
I	23,7 <sup>b</sup> ±1,0	5,96 <sup>b</sup> ±0,4	5,50 <sup>b</sup> ±0,6	1,11 <sup>b</sup> ±0,2	30,2 <sup>b</sup> ±1,5
II	21,7 <sup>c</sup> ±1,9	7,80 <sup>a</sup> ±0,8	6,30 <sup>a</sup> ±0,8	1,40 <sup>a</sup> ±0,2	36,5 <sup>a</sup> ±1,7
III	32,4 <sup>a</sup> ±1,9	6,78 <sup>c</sup> ±0,3	5,19 <sup>c</sup> ±0,8	0,93 <sup>c</sup> ±0,1	37,3 <sup>a</sup> ±1,5

±SD (n=6); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. 61: Trockensubstanz- und Rohnährstoffgehalte des frischen Restpflanzenmaterials der Versuchsreihe V4 im Sortenmittel

Sorte	T (%)	% i.d.T			
		XA	XP	XL	XF
Attribut	25,0 <sup>ba</sup> ±5,8	7,13 <sup>a</sup> ±1,6	5,73 <sup>ba</sup> ±1,3	1,03 <sup>b</sup> ±0,3	35,1 <sup>ba</sup> ±3,7
Elide	24,3 <sup>b</sup> ±5,0	6,63 <sup>a</sup> ±1,3	4,87 <sup>b</sup> ±0,5	1,04 <sup>b</sup> ±0,2	33,8 <sup>a</sup> ±4,8
Goldoli	25,8 <sup>ba</sup> ±5,7	6,88 <sup>a</sup> ±1,0	6,26 <sup>a</sup> ±0,4	1,23 <sup>ba</sup> ±0,2	34,5 <sup>b</sup> ±4,2
Helga	25,6 <sup>ba</sup> ±5,5	6,85 <sup>a</sup> ±0,9	6,17 <sup>a</sup> ±0,9	1,34 <sup>a</sup> ±0,3	33,9 <sup>a</sup> ±3,5
PG013621	27,5 <sup>a</sup> ±6,1	6,80 <sup>a</sup> ±0,4	5,89 <sup>ba</sup> ±0,2	1,02 <sup>b</sup> ±0,2	36,7 <sup>a</sup> ±2,8
Prelude	27,3 <sup>a</sup> ±6,6	6,80 <sup>a</sup> ±1,0	5,05 <sup>b</sup> ±0,7	1,21 <sup>ba</sup> ±0,3	35,5 <sup>a</sup> ±4,7

±SD (n=3); Signifikanzschwelle P<0,05

Im Vergleich der Erntezeitpunkte zeigte sich bei der Betrachtung der Restpflanzen-T-Gehalte folglich zum zweiten Erntetermin ein im Vergleich zum ersten Erntezeitpunkt signifikant niedrigerer T-Gehalt. Zum dritten Erntezeitpunkt war ein signifikanter Anstieg der Trockenmasse der Restpflanzen um etwa 10,7 % zu verzeichnen. Die durchschnittlichen Nährstoffgehalte der Restpflanzen-Trockenmasse für Rohasche, Rohprotein, Rohfett und Rohfaser lagen im Mittel von Sorten und Erntezeitpunkten bei 6,85 %, 5,66 %, 1,15 % und 34,7 %. Im Vergleich der nach Erntezeitpunkten gemittelten Rohnährstoffgehalte der Restpflanzen der sechs Hybriden ergab sich für die Gehalte an XA, XP, XL und XF ein signifikanter Einfluß der Erntezeitpunkte. Rohasche und Rohprotein zeigten keinen kontinuierlichen Verlauf im Reifeprozess, beide Rohnährstoffe waren zum zweiten Erntezeitpunkt in der höchsten Konzentration in der Restpflanzen-Trockensubstanz nachweisbar. Der XL-Gehalt nahm vom zweiten Erntetermin an signifikant ab, während der XF-Gehalt bis zum zweiten Erntetermin signifikant anstieg. Im Vergleich der Sortenmittel der Maishybriden ergaben sich bezüglich der Rohnährstoffgehalte der Restpflanzen-T lediglich bei der Rohasche keine signifikanten Unterschiede zwischen den Sorten.

Der Anteil pflanzlicher Gerüstsubstanzen an der Restpflanzentrockensubstanz ist in Form von Einzelwerten in der Tabelle A70 im Anhang aufgeführt. Die Gehalte an NDF (in neutralen Detergentien unlösliche Faserbestandteile), ADF (in acider Detergentienlösung unlösliche Faserbestandteile), ADL (saures Detergentien-Lignin), Hemicellulose (HEM=NDF-ADF), Cellulose (CEL=ADF-ADL) und Klason-Lignin (KL) sind gemittelt nach Erntezeitpunkten und Sorten den Tabellen 62 und 63 zu entnehmen. Die Anteile an NDF, ADF, ADL, HEM, CEL und KL lagen im Gesamtmittel der

sechs Hybriden der Versuchsreihe V4 bei 64,4 %, 39,9 %, 4,6 %, 24,5 %, 35,3 % und 8,84 % der Trockenmasse der Restpflanzen.

Tab. 62: Gehalte an pflanzlichen Gerüstsubstanzen im frischen Restpflanzenmaterial der Versuchsreihe V4 im Mittel der Erntezeitpunkte

Erntezeitpunkt	% i.d.T					
	NDF	ADF	ADL	HEM	CEL	KL
I	56,8 <sup>c</sup> ±2,6	35,0 <sup>c</sup> ±2,3	3,86 <sup>b</sup> ±0,6	21,7 <sup>c</sup> ±0,9	31,2 <sup>c</sup> ±1,8	6,51 <sup>c</sup> ±1,1
II	66,4 <sup>b</sup> ±2,6	41,1 <sup>b</sup> ±1,9	4,79 <sup>a</sup> ±0,4	25,3 <sup>b</sup> ±1,4	36,3 <sup>b</sup> ±1,9	11,1 <sup>a</sup> ±1,4
III	69,9 <sup>a</sup> ±2,3	43,4 <sup>a</sup> ±1,9	5,04 <sup>a</sup> ±0,7	26,5 <sup>a</sup> ±1,9	38,4 <sup>a</sup> ±1,4	8,87 <sup>b</sup> ±1,0

±SD (n=6); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. 63: Gehalte an pflanzlichen Gerüstsubstanzen im frischen Restpflanzenmaterial der Versuchsreihe V4 im Sortenmittel

Sorte	% i.d.T					
	NDF	ADF	ADL	HEM	CEL	KL
Attribut	62,4 <sup>b</sup> ±6,2	39,8 <sup>ba</sup> ±4,0	4,70 <sup>b</sup> ±0,5	22,7 <sup>c</sup> ±2,2	35,1 <sup>ba</sup> ±3,1	8,82 <sup>a</sup> ±3,3
Elide	67,2 <sup>a</sup> ±7,8	41,4 <sup>a</sup> ±5,0	4,34 <sup>cb</sup> ±0,6	25,9 <sup>a</sup> ±2,8	37,0 <sup>a</sup> ±4,0	9,42 <sup>a</sup> ±3,4
Goldoli	62,3 <sup>b</sup> ±8,0	37,6 <sup>b</sup> ±5,2	4,00 <sup>c</sup> ±0,7	24,6 <sup>ba</sup> ±2,8	33,6 <sup>b</sup> ±4,5	8,10 <sup>a</sup> ±2,6
Helga	65,2 <sup>ba</sup> ±5,1	41,8 <sup>a</sup> ±4,3	5,56 <sup>a</sup> ±0,9	23,5 <sup>bc</sup> ±1,1	36,2 <sup>ba</sup> ±3,5	9,84 <sup>a</sup> ±1,5
PG013621	64,3 <sup>ba</sup> ±6,2	39,5 <sup>ba</sup> ±3,8	4,51 <sup>cb</sup> ±0,4	24,8 <sup>ba</sup> ±2,6	35,0 <sup>ba</sup> ±3,1	8,11 <sup>a</sup> ±0,6
Prelude	64,9 <sup>ba</sup> ±8,4	39,2 <sup>ba</sup> ±4,9	4,27 <sup>cb</sup> ±0,8	25,6 <sup>a</sup> ±3,5	34,9 <sup>ba</sup> ±4,1	8,76 <sup>a</sup> ±2,8

±SD (n=3); Signifikanzschwelle P<0,05

Im Vergleich der Anteile pflanzlicher Gerüstsubstanzen an den Restpflanzen der sechs Hybriden, gemittelt nach Erntezeitpunkten, ergaben sich durchgängig signifikante Einflüsse der Pflanzenreife. Die Gehalte an NDF, ADF, HEM und CEL nahmen im Reifeverlauf kontinuierlich zu. Der ADL-Anteil der Maisrestpflanzen stieg vom ersten zum zweiten Erntetermin signifikant an, veränderte sich in der Folge jedoch nicht weiter. Der Anteil an Klason-Lignin wies im Vergleich der Erntetermine keinen gerichteten Effekt auf. Die relativ höchsten Gehalte an KL lagen in der Trockenmasse der Maisrestpflanzen zum zweiten Erntezeitpunkt vor. Bezüglich der Sortenmittelwerte der Anteile an pflanzlichen Gerüstsubstanzen zeigte die Hybride Goldoli im Vergleich der Hybriden der Versuchsreihe V3 signifikant geringere Gehalte an NDF, ADF, ADL und Cellulose.

### 3.6.2 T-Verluste *in sacco*

Mit dem frischen Restpflanzenmaterial der Versuchsreihe V4 wurden die ruminalen T-Verluste der Trockensubstanz *in sacco* untersucht. Die T-Verluste des Restpflanzenmaterials aus den Nylonbeuteln sind im Verlauf der Inkubationszeiten gemittelt nach Erntezeitpunkten bzw. Sorten in den Tabellen 64 und 65 dargestellt. Die Einzelwerte sind der Tabelle A71 im Anhang zu entnehmen.

Die T-Verluste des frischen Restpflanzenmaterials im Gesamtmittel der 6 Maishybriden lagen bezogen auf die Auswaschverluste (0 h) bei durchschnittlich 29,8 % der in die Nylonbeutel eingewogenen Restpflanzen-Trockensubstanz. Die Auswaschverluste (0 h) setzten sich dabei zu durchschnittlich 18,5 % aus wasserlöslichen Bestandteilen (WL) und zu 11,3 % aus kleinen Partikel (KLP) zusammen. Die T-Verluste aus den Nylonbeuteln nahmen mit fortschreitender Inkubationsdauer kontinuierlich zu und lagen nach 2 h, 4 h, 8 h, 16 h, 24 h, 48 h, 72 h und 96 h bei 30,0 %, 30,5 %, 35,1 %, 46,0 %, 54,5 %, 65,0 %, 70,4 % und 72,4 % der Restpflanzen-Trockensubstanz. Mit ansteigender Inkubationsdauer nahmen die mittleren T-Verluste *in sacco* grundsätzlich zu, während im Vergleich der Erntezeitpunkte mit zunehmender Reife der Hybriden über alle Inkubationszeiten ein signifikantes Absinken der Restpflanzen-T-Verluste aus den Nylonbeuteln zu beobachtet war.

Tab. 64: T-Verluste (%) des frischen Restpflanzenmaterials des Versuchs V4 in sacco in Abhängigkeit der Inkubationszeit im Pansen im Mittel der Erntezeitpunkte

EZP	WL	KLP	Inkubationsdauer (h)								
			0	2	4	8	16	24	48	72	96
I	24,3 <sup>a</sup> ±2,2	12,9 <sup>a</sup> ±1,4	37,2 <sup>a</sup> ±0,6	37,3 <sup>a</sup> ±0,5	38,0 <sup>a</sup> ±0,5	42,8 <sup>a</sup> ±0,6	54,5 <sup>a</sup> ±0,8	60,6 <sup>a</sup> ±0,9	69,6 <sup>a</sup> ±0,9	73,9 <sup>a</sup> ±0,9	75,7 <sup>a</sup> ±0,8
II	15,2 <sup>b</sup> ±3,2	12,4 <sup>a</sup> ±2,2	27,6 <sup>b</sup> ±0,7	28,4 <sup>b</sup> ±0,5	28,8 <sup>b</sup> ±0,5	33,4 <sup>b</sup> ±0,5	44,4 <sup>b</sup> ±0,7	53,2 <sup>b</sup> ±0,7	63,6 <sup>b</sup> ±0,8	69,5 <sup>b</sup> ±0,6	71,7 <sup>b</sup> ±0,6
III	16,0 <sup>b</sup> ±2,8	8,6 <sup>b</sup> ±1,5	24,5 <sup>c</sup> ±0,5	24,4 <sup>c</sup> ±0,5	24,7 <sup>c</sup> ±0,4	29,2 <sup>c</sup> ±0,4	39,0 <sup>c</sup> ±0,7	49,5 <sup>c</sup> ±0,9	61,7 <sup>b</sup> ±1,0	67,7 <sup>c</sup> ±0,9	69,9 <sup>c</sup> ±0,9

WL: wasserlösliche Fraktion der 0 h; KLP: kleine, wasserunlösliche Partikel der 0 h  
T-Verluste ±SEM (n=36 für 2, 4, 8, 16 h; n=18 für 0, 24, 48, 72, 96 h); WL und KLP ±SD (n=6); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. 65: T-Verluste (%) des frischen Restpflanzenmaterials des Versuchs V4 in sacco in Abhängigkeit der Inkubationszeit im Pansen im Sortenmittel

Sorte	WL	KLP	Inkubationsdauer (h)								
			0	2	4	8	16	24	48	72	96
Attribut	20,6 <sup>a</sup> ±5,9	10,1 <sup>a</sup> ±0,8	30,7 <sup>ba</sup> ±1,9	30,5 <sup>ba</sup> ±1,0	30,9 <sup>ba</sup> ±1,1	36,0 <sup>ba</sup> ±1,2	48,1 <sup>a</sup> ±1,5	52,5 <sup>b</sup> ±1,7	63,7 <sup>cb</sup> ±1,7	70,6 <sup>cb</sup> ±0,9	72,4 <sup>b</sup> ±0,9
Elide	15,5 <sup>b</sup> ±6,0	10,8 <sup>a</sup> ±2,6	26,3 <sup>c</sup> ±2,0	26,5 <sup>b</sup> ±1,6	27,6 <sup>b</sup> ±1,5	32,8 <sup>b</sup> ±1,6	44,5 <sup>ba</sup> ±1,7	53,1 <sup>b</sup> ±2,0	63,5 <sup>cb</sup> ±1,2	69,3 <sup>c</sup> ±1,1	72,2 <sup>b</sup> ±1,0
Goldoli	20,4 <sup>a</sup> ±6,0	12,5 <sup>a</sup> ±5,0	33,0 <sup>a</sup> ±2,3	33,8 <sup>a</sup> ±1,7	34,3 <sup>a</sup> ±1,7	39,0 <sup>a</sup> ±1,8	48,5 <sup>a</sup> ±2,2	59,3 <sup>a</sup> ±1,9	69,5 <sup>a</sup> ±1,5	74,3 <sup>a</sup> ±1,1	76,6 <sup>a</sup> ±1,0
Helga	17,9 <sup>ba</sup> ±4,4	11,8 <sup>a</sup> ±2,1	29,6 <sup>bac</sup> ±1,7	29,2 <sup>ba</sup> ±1,2	29,7 <sup>ba</sup> ±1,2	34,2 <sup>b</sup> ±1,4	42,8 <sup>b</sup> ±1,7	52,3 <sup>b</sup> ±1,8	61,6 <sup>c</sup> ±1,7	65,5 <sup>d</sup> ±1,3	67,1 <sup>c</sup> ±1,1
PG013	19,8 <sup>ba</sup> ±2,4	10,2 <sup>a</sup> ±2,9	30,1 <sup>ba</sup> ±1,5	30,7 <sup>ba</sup> ±1,1	31,1 <sup>ba</sup> ±1,2	35,1 <sup>ba</sup> ±1,2	46,4 <sup>ba</sup> ±1,6	54,7 <sup>b</sup> ±1,9	65,9 <sup>b</sup> ±1,4	70,6 <sup>cb</sup> ±1,2	72,7 <sup>b</sup> ±0,9
Prelude	16,7 <sup>ba</sup> ±6,8	12,3 <sup>a</sup> ±1,8	29,0 <sup>bc</sup> ±2,3	29,4 <sup>ba</sup> ±1,6	29,1 <sup>b</sup> ±1,7	33,6 <sup>b</sup> ±1,8	45,5 <sup>ba</sup> ±2,1	54,5 <sup>b</sup> ±2,1	65,7 <sup>b</sup> ±1,6	71,9 <sup>b</sup> ±1,2	73,6 <sup>b</sup> ±1,0

WL: wasserlösliche Fraktion der 0 h; KLP: kleine, wasserunlösliche Partikel der 0 h  
T-Verluste ±SEM (n=18 für 2, 4, 8, 16 h; n=9 für 0, 24, 48, 72, 96 h); WL und KLP ±SD (n=3); Signifikanzschwelle P<0,05

Ebenfalls signifikant reduziert war mit fortschreitender Reife der Gehalt wasserlöslicher Bestandteile (WL) und kleiner Partikel (KLP) im Restpflanzenmaterial der Versuchsreihe V3. Im Sortenvergleich unterschieden sich die sechs Maishybriden be-

zätzlich der Höhe der T-Verluste *in sacco* erst bei den längeren Inkubationszeiten signifikant – bei Inkubationszeiten von 16 Stunden und mehr zeigte die Hybride Helga im Sortenvergleich die relativ niedrigsten Verlustwert, die Sorte mit den relativ höchsten T-Verlusten *in sacco* war, unabhängig von der Inkubationszeit, die Hybride Goldoli.

### 3.6.3 Parameter der potentiellen Abbaubarkeit

Den Vorgaben von ØRSKOV und McDONALD (1979) folgend, konnten durch Verrechnung der T-Verluste *in sacco* die Parameter a, b, c und  $t_0$  der potenziellen Abbaubarkeit (p) ermittelt werden. In den Tabellen 66 und 67 sind die Parameter als Mittel der Erntezeitpunkte und als Sortenmittel zusammengefasst dargestellt. Die Einzelwerte sind der Tabelle A73 im Anhang zu entnehmen.

Im Durchschnitt der Erntezeitpunkte und Sorten lagen die Werte der Parameter der potenziellen Abbaubarkeit des frischen Restpflanzenmaterials der Versuchsreihe V4 bei 26,9 % für die nicht-abbaubare Fraktion A, bei 30,0 % für die schnell-abbaubare oder lösliche Fraktion a und bei 43,2 % für die nicht-lösliche aber (potenziell) abbaubare Fraktion b. Die mittlere Abbaurrate der unlöslichen Fraktion, c, betrug 4,2 %/h, während die Verzögerungszeit bis zu einem messbaren Abbau ( $t_0$ ) bei dem frischen Restpflanzenmaterial bei durchschnittlich 4,7 Stunden lag.

Tab. 66: Parameter der potentiellen Abbaubarkeit der frischen Maisrestpflanzen des Versuchs V4 im Mittel der Erntezeitpunkte

Erntezeitpunkt	A (%)	a (%)	b (%)	c (%h <sup>-1</sup> )	$t_0$ (h)
I	24,4 <sup>b</sup> ±3,6	37,3 <sup>a</sup> ±2,9	38,3 <sup>c</sup> ±2,1	4,7 <sup>a</sup> ±0,3	4,2 <sup>b</sup> ±0,9
II	27,7 <sup>a</sup> ±2,3	28,1 <sup>b</sup> ±3,3	44,3 <sup>b</sup> ±3,4	4,1 <sup>b</sup> ±0,3	4,7 <sup>ba</sup> ±1,2
III	28,5 <sup>a</sup> ±4,0	24,5 <sup>c</sup> ±2,5	47,0 <sup>a</sup> ±3,4	3,8 <sup>b</sup> ±0,5	5,4 <sup>a</sup> ±0,6

±SD (n=6); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. 67: Parameter der potentiellen Abbaubarkeit der frischen Maisrestpflanzen des Versuchs V4 im Sortenmittel

Sorte	A (%)	a (%)	b (%)	c (%h <sup>-1</sup> )	t <sub>0</sub> (h)
Attribut	26,1 <sup>b</sup> ±1,6	30,6 <sup>ba</sup> ±5,8	43,3 <sup>bc</sup> ±4,5	3,8 <sup>b</sup> ±0,9	3,9 <sup>ba</sup> ±1,0
Elide	27,4 <sup>b</sup> ±2,5	26,5 <sup>b</sup> ±7,3	46,1 <sup>a</sup> ±5,0	4,1 <sup>ba</sup> ±0,3	3,9 <sup>b</sup> ±0,9
Goldoli	22,8 <sup>c</sup> ±2,8	33,5 <sup>a</sup> ±8,1	43,7 <sup>bac</sup> ±5,3	4,3 <sup>ba</sup> ±0,4	4,8 <sup>ba</sup> ±1,2
Helga	32,4 <sup>a</sup> ±3,3	29,6 <sup>ba</sup> ±6,0	38,0 <sup>d</sup> ±3,2	4,5 <sup>a</sup> ±0,5	5,4 <sup>ba</sup> ±0,5
PG013621	26,8 <sup>b</sup> ±2,1	30,6 <sup>ba</sup> ±5,5	42,6 <sup>c</sup> ±3,7	4,4 <sup>a</sup> ±0,6	5,4 <sup>a</sup> ±0,3
Prelude	25,6 <sup>b</sup> ±2,7	29,1 <sup>b</sup> ±8,1	45,4 <sup>ba</sup> ±5,5	4,2 <sup>ba</sup> ±0,2	5,1 <sup>ba</sup> ±1,3

±SD (n=3); Signifikanzschwelle P<0,05

Im Vergleich der Erntezeitpunkte kam es mit zunehmender Reife zu einer signifikant kontinuierlichen Abnahme der a-Fraktion und zu einer entsprechenden Zunahme der b-Fraktion. Die nicht abbaubare Fraktion (A) sowie die Abbaurate der b-Fraktion (c) zeigte im Vergleich der Erntezeitpunkte, bezogen auf den Reifegrad der Pflanzen, nur zwischen den ersten beiden Ernteterminen signifikante Unterschiede. Die lag-time (t<sub>0</sub>) nahm im Reifeverlauf signifikant zu. Im Vergleich der Sorten zeichnete sich die Hybride Goldoli im Mittel der Erntezeitpunkte durch die relativ niedrigsten Anteile an der nicht abbaubaren Fraktion A (22,8 %) und den im Vergleich höchsten Anteilen an der Fraktion a (33,5 %) aus. Die Hybride Helga wies die durchschnittlich höchsten Anteile an der A-Fraktion (32,4 %) und die relativ niedrigsten Anteile an der b-Fraktion (38,0 %) auf.

### 3.6.4 Effektive ruminale Abbaubarkeit

Unter der Voraussetzung theoretischer Passageraten ( $k$ ) von 2 %/h, 4 %/h, 6 %/h und 8 %/h wurde aus den Abbau-Parametern  $a$ ,  $b$ ,  $c$  und  $t_0$  die effektive Abbaubarkeit ( $P$ ) des frischen Restpflanzenmaterials der Versuchsreihe V4 berechnet.

Die effektive Abbaubarkeit der Restpflanzen-Trockensubstanz der sechs Maishybriden in Abhängigkeit der Passageraten ist nachfolgend in Form von Einzelwerten in der Tabelle 68 und zusammengefasst nach Erntezeitpunkten bzw. Sorten in den Tabellen 69 und 70 dargestellt.

*Tab. 68: Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Maisrestpflanzen des Versuchs V4 in Abhängigkeit der Passagerate*

Sorte	Erntezeitpunkt	Passagerate (k, %/h)			
		2	4	6	8
Attribut	27.08.01	56,7	50,9	47,4	45,0
Attribut	18.09.01	51,8	44,3	39,9	37,0
Attribut	02.10.01	50,0	42,2	38,1	35,5
Elide	27.08.01	57,5	51,0	47,0	44,4
Elide	18.09.01	49,3	41,6	37,0	34,0
Elide	02.10.01	45,8	37,7	33,1	30,1
Goldoli	27.08.01	63,5	57,6	53,9	51,5
Goldoli	18.09.01	53,1	45,9	41,7	39,1
Goldoli	04.10.01	49,8	42,4	38,0	35,2
Helga	03.09.01	52,4	47,3	44,1	42,0
Helga	18.09.01	49,5	43,6	40,0	37,7
Helga	02.10.01	42,3	36,0	32,3	29,9
PG013621	28.08.01	55,6	49,8	46,2	43,8
PG013621	19.09.01	51,1	44,6	40,8	38,4
PG013621	08.10.01	47,0	39,7	35,5	32,8
Prelude	27.08.01	59,6	53,4	49,6	47,1
Prelude	18.09.01	48,0	40,7	36,4	33,7
Prelude	02.10.01	46,4	38,6	34,2	31,3
	$\bar{x} \pm s$	51,6 $\pm$ 5,3	44,9 $\pm$ 5,8	40,8 $\pm$ 6,1	38,3 $\pm$ 6,2

Tab. 69: Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Maisrestpflanzen des Versuchs V4 in Abhängigkeit der Passagerate im Mittel der Erntezeitpunkte

Erntezeitpunkt	Passagerate (k, %/h)			
	2	4	6	8
I	57,6 <sup>a</sup> ± 1,5	51,7 <sup>a</sup> ± 1,4	48,0 <sup>a</sup> ± 1,4	45,6 <sup>a</sup> ± 1,4
II	50,5 <sup>b</sup> ± 0,8	43,5 <sup>b</sup> ± 0,8	39,3 <sup>b</sup> ± 0,9	36,7 <sup>b</sup> ± 0,9
III	46,9 <sup>c</sup> ± 1,2	39,4 <sup>c</sup> ± 1,0	35,2 <sup>c</sup> ± 1,0	32,5 <sup>c</sup> ± 1,0

±SEM (n=6); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. 70: Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Maisrestpflanzen des Versuchs V4 in Abhängigkeit der Passagerate im Sortenmittel

Attribut	Passagerate (k, %/h)			
	2	4	6	8
Attribut	52,8 <sup>ba</sup> ± 2,0	45,8 <sup>ba</sup> ± 2,6	41,8 <sup>ba</sup> ± 2,8	39,2 <sup>ba</sup> ± 2,9
Elide	50,9 <sup>bc</sup> ± 3,5	43,4 <sup>b</sup> ± 3,9	39,0 <sup>b</sup> ± 4,1	36,2 <sup>b</sup> ± 4,3
Goldoli	55,5 <sup>a</sup> ± 4,1	48,6 <sup>a</sup> ± 4,6	44,5 <sup>a</sup> ± 4,8	41,9 <sup>a</sup> ± 4,9
Helga	48,1 <sup>c</sup> ± 3,0	42,3 <sup>b</sup> ± 3,3	38,8 <sup>b</sup> ± 3,5	36,5 <sup>b</sup> ± 3,5
PG013621	51,2 <sup>bc</sup> ± 2,5	44,7 <sup>b</sup> ± 2,9	40,8 <sup>ba</sup> ± 3,1	38,3 <sup>ba</sup> ± 3,2
Prelude	51,3 <sup>bc</sup> ± 4,2	44,2 <sup>b</sup> ± 4,6	40,1 <sup>b</sup> ± 4,8	37,4 <sup>b</sup> ± 4,9

±SEM (n=3); Signifikanzschwelle P<0,05

Die effektive Abbaubarkeit der Trockensubstanz lag gemittelt über Erntezeitpunkte und Sorten für die Passageraten k= 0,02, k= 0,04, k= 0,06 und k= 0,08 bei 51,6 %, 44,9 %, 40,8 % und 38,3 % des Restpflanzenmaterials. Im Vergleich der Erntezeitpunkte unterschieden sich die effektiven Abbaubarkeiten innerhalb jeder Passagerate signifikant. Dabei war festzustellen, dass die effektiven Abbaubarkeiten der Restpflanzen-T unabhängig von der Passagerate mit zunehmender Reife signifikant abnahmen. Im Vergleich der Sorten wies die Hybride Helga über alle Passageraten mit 48,1 % (k= 0,02), 42,3 % (k= 0,04), 38,8 % (k= 0,06) und 36,5 % (k= 0,08) die

geringsten effektiven Abbaubarkeiten auf, während die Sorte Goldoli mit 55,5 % ( $k= 0,02$ ), 48,6 % ( $k= 0,04$ ), 44,5 % ( $k= 0,06$ ) und 41,9 % ( $k= 0,08$ ) die relativ höchsten effektiven Abbaubarkeiten im Sortenmittel der Restpflanzen-Trockensubstanz zeigte.

Bei den Sorten der Versuchsreihe V4 war mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r= -0,50$  kein Zusammenhang zwischen dem Trockenmassegehalt der Restpflanzen und der Höhe der effektiven ruminalen Abbaubarkeit ( $k= 0,08$ ) über alle Sorten und Erntezeitpunkte nachweisbar, während mit einem signifikanten Korrelationskoeffizienten von  $r= -0,98$  ( $B= 0,96$ ) ein deutlicher Zusammenhang zwischen der effektiven ruminalen Abbaubarkeit ( $k= 0,08$ ) und dem NDF-Gehalt der Restpflanzen bestand. Zu jedem der drei Erntezeitpunkte zeigten die Sorten mit Korrelationskoeffizienten von  $r= -0,89$  (1. EZP),  $r= -0,93$  (2. EZP) und  $r= -0,86$  (3. EZP) signifikante Beziehungen zwischen dem NDF-Gehalt der Restpflanzen und der Höhe der effektiven ruminalen Abbaubarkeit ( $k= 0,08$ ).

## 4. Diskussion

### 4.1 Bedeutung der Maispflanze für die Fütterung landwirtschaftlicher Nutztiere

Mais gehört weltweit zu den wichtigsten Nahrungsmitteln und nimmt in verschiedenen Regionen eine herausragende Stellung in der Humanernährung ein. Demgegenüber dient der Maisanbau in Mitteleuropa vorwiegend der Erzeugung von betriebseigenen Futtermitteln für die Tierproduktion.

Von der Maispflanze wird eine breite Palette unterschiedlicher Futtermittel gewonnen, die für die Ernährung aller landwirtschaftlichen Nutztiere eingesetzt werden können. Sie reicht von Silomais als Ganzpflanzensilage über Korn-Spindelgemische in Form von Lieschkolbenschrot oder Corn-Cob-Mix bis hin zu den Maiskörnern. Aber auch im Rahmen der industriellen Maisverarbeitung zu Stärke und Öl fallen Nebenprodukte an, die meistens über die Mischfuttermittelindustrie wieder in den Fütterungskreislauf zurückgeführt werden. In der Positivliste für Einzelfuttermittel sind bei Mais neben den Körnern 12 weitere Futtermittel wie zum Beispiel Maiskeimextraktionsschrot oder Maiskleberfutter gelistet.

In der EU wurden im Jahr 2004 insgesamt 8,4 Millionen Hektar Mais angebaut, davon rund 4,4 Mio. ha Körnermais und 4,0 Mio. ha Silomais (STBA). Der größte Teil, etwa 70 % der Silomaisflächen, war dabei auf die Länder Frankreich und Deutschland beschränkt. In Deutschland lag die Maisanbaufläche mit 1,71 Mio. ha bei etwa 14 % der gesamten Ackerfläche, davon wurden 0,37 Mio. ha für Körnermaisbau und etwa 0,09 Mio. ha für die Erzeugung von Corn-Cob-Mix (CCM) genutzt. Mit einer Anbaufläche von 1,25 Mio ha repräsentierte der Silomais (einschließlich Lieschkolbenschrot) im Jahr 2004 etwa 73 % der gesamten Anbaufläche von Futterpflanzen in Deutschland.

Die verschiedenen Futtermittel der Maisproduktion können für alle landwirtschaftlichen Nutztiere wie Rind, Schwein, Geflügel und Pferd eingesetzt werden. Maisprodukte sind energiereich sowie besonders konservierungs- und verarbeitungsfreundlich. Sie besitzen für die verschiedenen Tierarten und Leistungsrichtungen einerseits besonders wertvolle Inhaltsstoffe, andererseits sind unerwünschte Inhaltsstoffe kaum vorhanden. Insgesamt lässt sich ein ansteigender Anteil an Maisprodukten in den verschiedensten Futterrationen gerade auch bei zunehmender Leistung landwirtschaftlicher Nutztiere beobachten.

Diese positiven Zusammenhänge sind jedoch auch als eine Herausforderung anzusehen, sich mit dem Futtermittel „Mais“ intensiv auseinander zu setzen.

Für eine tiergerechte und qualitätsbewusste Veredelung der Futtermittel auf Maisbasis ist deshalb neben der richtigen Auswahl und dem sachgerechten Einsatz in der Fütterung der verschiedenen landwirtschaftlichen Nutztiere die Kenntnis des Futterwertes und dessen Beeinflussungsmöglichkeiten wichtig.

Die Maiskörner haben in mehr oder weniger ausgereifter Form als ein Teil der Ganzpflanze im Silomais große Bedeutung für die Wiederkäuerfütterung. Körnermais wird dagegen in der Milchkuhfütterung hauptsächlich als stärkereiches Kraftfutter in Verbindung mit stärkeärmerem Grundfutter, z.B. Grassilage, oder in Form von Lieschkolbenschrotsilage eingesetzt. Körnermais enthält zwischen 60 und 78% Stärke in der Trockensubstanz (HERRERA-SALDANA *et al.*, 1990; STREETER *et al.*, 1990) und wird in Deutschland entweder als Kolben mit oder ohne Lieschen bzw. als Mähdruschgetreide geerntet. Da die Maiskörner in mitteleuropäischen Breitengraden zum Zeitpunkt der Ernte aufgrund der klimatischen Verhältnisse noch einen Wassergehalt von 30 bis 40 % (RATSCHOW, 1986) aufweisen, müssen sie unmittelbar nach der Ernte entweder durch Trocknung (natürliche oder technische Verfahren), durch Propionsäurezusatz oder durch Bereitung von Silagen haltbar gemacht werden (STREHLER, 1976).

Von allen Maisfuttermitteln hat Silomais die größte Bedeutung – fast drei Viertel der Maisanbaufläche entfallen auf diese Verwertungsform. Seine Anbaufläche ist damit größer als die aller anderen Feldfutterpflanzen und Futterackerfrüchte zusammen. Das breite Sortenspektrum ermöglicht auf den meisten Standorten Deutschlands einen erfolgreichen Anbau, der sich auch arbeitswirtschaftlich gut bei rinderhaltenden Betrieben mit Futterbau integrieren lässt.

Bei Silomais wird die ganze Pflanze geerntet, gehäckselt und einsiliert. Aus ernährungsphysiologischer Sicht passt dieses Futtermittel hervorragend in die Rindviehrationen. In der Bullenmast ist Silomais die Hauptfuttergrundlage, in der Milchviehfütterung bildet er zusammen mit Grassilage die Grundfutterbasis. Mit zunehmender Leistung der Milchkühe kommt der Maissilage in der Futtermischung wegen ihrer hohen Energiedichte und relativ wiederkäuerfreundlichen Energieform eine besondere Bedeutung zu.

## 4.2 Wachstum und Entwicklung der Maispflanze

Der Mais ist eine C<sub>4</sub>-Pflanze. Er besitzt dadurch im Unterschied zu allen anderen Kulturpflanzen des gemäßigten Klimagebietes, die sämtlich C<sub>3</sub>-Pflanzen sind, ein besonders effektives Assimilationssystem. Dies befähigt ihn bei ausreichend hoher Temperatur zu sehr großer Grünmasseproduktion und guter Nutzung des verfügbaren Wassers. Nach relativ langsamer Jugendentwicklung durchläuft der Mais im Juli und August eine Phase sehr intensiven Wachstums. In dieser Zeit, die etwa nur 40 Tage umfasst und in die das größte Streckungswachstum des Stängels, die Blüte und der Kolbenansatz fallen, wird etwa die Hälfte des Trockensubstanzertrages produziert. Dabei besteht ein sehr großer Wasser- und Wärmebedarf seitens der Maispflanze. Wassermangel in dieser Phase führt zu ungenügender Befruchtung und starken Ertragsausfällen; niedrige Temperaturen bewirken eine später kaum mehr kompensierbare Entwicklungsverzögerung.

Während der vegetativen Entwicklung der Maispflanze werden die Assimilate zunächst im Stängelparenchym gespeichert, die Stängel enthalten dann bis zu 8 % Zucker in der Frischmasse (WEIßBACH, 1993). Nach der Blüte dienen die Assimilationsprodukte bzw. die Zuckerreserven der Kornfüllung und werden aus dem Stängel in den Kolben verlagert. Dadurch zeigt die Entwicklung der Maispflanze einen steigenden Kolbenanteil, der mit einem zunehmenden Trockensubstanzgehalt der Ganzpflanze einhergeht (ANDRIEU *et al.*, 1988; GRUBER *et al.*, 1983). Dabei werden die Assimilationsprodukte, Kohlenhydrate, aus der Restpflanze in Form von Stärke in den Kolben eingelagert, wobei der Spindel- und damit der Rohfaseranteil des Kolbens relativ abnimmt und der Energiegehalt mit fortschreitender Reife zunimmt (PHIPPS, 1996). Während zum Zeitpunkt der Blüte die Maispflanze reich an Rohfaser und löslichen Kohlenhydraten ist, überwiegt bei Wachstumsabschluss die Stärke mit im Durchschnitt 300 g/kg T (DACCORD, 1994). Bei einem T-Gehalt der Maiskörner von 60 - 64% ist die vollständige Nährstoffeinlagerung in das Korn abgeschlossen (GROSS und PESCHKE, 1981). Der Kolben macht dann rund 60% der Ganzpflanze und somit einen wesentlichen Anteil des Futterwertes der gesamten Maissilage aus. Aus diesem Grunde wurden Sorten gezüchtet, die neben einem hohen Ertrag auch einen möglichst hohen Anteil an Körnern bzw. Kolben an der Gesamtpflanze aufweisen.

Der Verdaulichkeit der Restpflanze wurde bei der Züchtung in der Vergangenheit neben Ertrag und Nährstoffgehalt nur wenig Beachtung geschenkt. Inzwischen wurde aber mehrfach nachgewiesen, dass die vegetativen Pflanzenteile einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf den Futterwert haben (BARRIERE *et al.*, 1992; WOLF *et al.*, 1993a; COORS *et al.*, 1997; MEISSER und WYSS, 1998). Nach BARRIERE *et al.* (1991) und DACCORD (1994) kompensiert der zunehmende Anteil und die hohe Gesamtverdaulichkeit der Körner (Verdaulichkeit der OS > 90%) im Normalfall die im Reifeverlauf der Pflanze abnehmende Verdaulichkeit der Stängel und der Blätter (Verdaulichkeit der OS < 60%). Dadurch bedingt verändert sich die Verdaulichkeit der Ganzpflanze bis zum Erreichen eines T-Gehaltes von 30 - 35 % (Teigreife - Gelbreife) kaum, und liegt dabei in etwa bei 72 % bis 76 %. Es kann jedoch, insbesondere bei schlechter Kolbenentwicklung, eine Abhängigkeit der Gesamtpflanzenverdaulichkeit von der Höhe des Restpflanzenanteils vorliegen (HUNTER, 1979; BÖHM *et al.*, 1983) und die mit steigender Maisreife reduzierte Restpflanzenverdaulichkeit zu einem Rückgang der Verdaulichkeit der Gesamtpflanze führen. Daher sollte nach GROSS (1979) der Kolbenanteil mindestens 50% der Trockenmasse der Maispflanze betragen, um eine Verringerung des Nährstoffgehalts der Gesamtpflanze zu vermeiden. Auch die Ergebnisse späterer Arbeiten zeigen, dass neben dem Körneranteil ebenso die Verdaulichkeit von Stängeln und Blättern qualitätsbestimmend für die Maissilage ist. Nach HERTER *et al.* (1996b) wird beispielsweise die Verdaulichkeit der Ganzpflanze stärker durch den Lignocellulose-, Zellwand- und Rohfasergehalt beeinflusst als durch den Körneranteil oder Stärkegehalt. Moderne Silomaisorten werden daher außer auf Frühreife und Kolbenanteil zunehmend auch auf hohe Verdaulichkeit der Restpflanze gezüchtet.

#### 4.3 Futterwertbestimmende Bestandteile der Maispflanze

Die Maispflanze setzt sich aus dem Zellinhalt, der nahezu vollständig verdaulich ist, und aus den Zellwänden, die eine unterschiedliche Verdaulichkeit aufweisen, zusammen. Der Zellinhalt der Ganzpflanze besteht zur Siloreife vor allem aus Stärke im Korn und zu geringeren Anteilen aus wasserlöslichen Kohlenhydraten und Protein. Außerdem sind Vitamine, organische Säuren, Chlorophyll und sekundäre Inhaltsstoffe in geringer Menge in den Zellen vorhanden, von denen kein signifikanter Ein-

fluss auf die Verdaulichkeit bekannt ist. Die Zellwand, die zum Zeitpunkt der Siloreife etwa die Hälfte der Trockensubstanz ausmacht (ANDRIEU *et al.*, 1999), wird zum größten Teil aus Cellulosefibrillen gebildet, die in eine Matrix aus phenolischen Bestandteilen (Lignin) und Hemicellulose eingebettet sind. Hemicellulose und Cellulose sind unterschiedlich verdaulich, Lignin hingegen ist nahezu unverdaulich. Die Ligninfraktion wird als ein sehr wichtiger Faktor genannt, der limitierend auf die Zellwandverdaulichkeit wirkt (WOLF *et al.*, 1993a; LUNDVALL *et al.*, 1994; ARGILLIER *et al.*, 1995a; MECHIN *et al.*, 1998, 2000). Allerdings scheint die Verdaulichkeit von Maiszellwänden weniger vom Ligningehalt, sondern mehr vom Grad der Lignifizierung abzuhängen (ANDRIEU *et al.*, 1993; CONE und ENGELS, 1993). Bereits vor zwanzig Jahren wurde von WERMKE (1985) und ZIMMER und WERMKE (1986) darauf hingewiesen, dass eine ähnliche chemische Komposition der Zellwände nicht notwendigerweise auch mit der entsprechenden Verdaulichkeit verbunden ist.

#### 4.3.1 Analytische Methoden zur Bestimmung des Futterwertes von Maispflanzen

##### In vivo Methoden

Die Bestimmung der scheinbaren Verdaulichkeit von Futterpflanzen erfolgt klassischerweise nur in Form von *in vivo*-Versuchen. Diese stellen die vergleichsweise kosten-, arbeits- und zeitaufwendigste Möglichkeit zur Messung der Verdaulichkeit dar. *In vivo*-Verdaulichkeitsversuche werden dabei üblicherweise mittels Kotsammelmethode durchgeführt, bei der i.d.R. ausgewachsene Schaf-Hammel nach einer mindestens zweiwöchigen Adaptionsphase ein- oder mehrwöchig das zu überprüfende Futtermittel bzw. die zu überprüfende Ration verfüttert bekommen. Das energetische Fütterungsniveau ist dabei in etwa auf Erhaltungsniveau eingestellt und die Rationsgestaltung sollte so erfolgen, dass ein ungestörter ruminaler Abbau gewährleistet ist. Während der Versuchsperiode wird der von den Versuchstieren abgesetzte Kot gesammelt und später über Differenzrechnung aus im Futter aufgenommenen Nährstoffen und im Kot vorhandenen Nährstoffen die Verdaulichkeit des Futtermittels oder der Ration geschätzt.

Neben der Ermittlung der scheinbaren Verdaulichkeit im klassischen Verdaulichkeitsversuch mit oder ohne Marker besteht die Möglichkeit der Messung von Flussraten am Dünndarm zur Darstellung der ruminalen Abbaubarkeit von Futtermitteln. Um die

Abbaubarkeit einer bestimmten Nährstofffraktion im Pansen messen zu können, werden Tiere benötigt, die zumeist am proximalen Duodenum mit einer Fistel oder Kanüle versehen sind. Je nach Fistulierungstechnik sind unterschiedliche Messmethoden anwendbar. Bei Einsatz einer Umleitungschanüle ist eine Totalsammlung des Chymus möglich, während bei der einfachen T-Kanüle eine Schätzung des Nährstoffabbaus nur mittels Markersubstanzen funktioniert. Die verwendeten Marker dürfen dabei weder absorbiert noch sezerniert werden, noch durch den Gastrointestinaltrakt und die mikrobielle Besiedlung eine Veränderung in ihrem Aufbau erfahren, und müssen eine ähnliche physikalische Struktur wie das zu markierende Material (Darminhalt) aufweisen. Zudem muss die Nachweisbarkeit des Markers in den gewonnenen Proben gegeben sein, ohne dabei zu Problemen bei der nachfolgenden Analytik zu führen (FAICHNEY, 1975). Ein häufig eingesetzter Marker zur Messung der duodenalen Flussraten der flüssigen und festen Phase ist Chrom(III)oxid ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ). Der Digestafluss wird dann als Differenz aus der mit dem Futter verabreichten Markermenge pro Tag und der Markerkonzentration im Digestabrei berechnet. Wegen der heterogenen Beschaffenheit des Darminhalt stellt es sich schwierig dar, repräsentative Stichproben zu gewinnen (HOGAN, 1964; HOGAN und WESTON, 1967). Deshalb ist eine häufige Probenahme über einen längeren Zeitraum erforderlich. Neben geeigneten Methoden zur Bestimmung der Flussraten des Chymus sind zuverlässige Methoden zur Quantifizierung des am Dünndarm ankommenden Mikrobenmaterials notwendig. Die Menge der in den Vormägen nicht abgebauten Nährstoffe wird dann indirekt aus der Differenz zwischen der Gesamtmenge an Nährstoffen im Chymus des Duodenums und der Summe der endogenen und in der Mikrobenmasse enthaltenen Nährstoffmenge ermittelt. Soll zwischen mikrobiell synthetisierten und unabgebauten, die Mägen passierenden Nährstoffen differenziert werden, so ist auch hierfür ein Marker erforderlich. Dabei können Art und Einsatz der Marker sowie tierindividuelle Schwankungen nicht unbedeutende Fehlerquellen darstellen. Somit informieren die skizzierten *in vivo*-Methoden im Idealfall lediglich über das Ausmaß, jedoch nicht über die Geschwindigkeit des Nährstoffabbaus in den Vormägen. Eines der häufigsten Argumente, das für die Durchführung von *in vivo*-Versuchen spricht, ist die Bestimmung der Abbaubarkeit einer bestimmten Nährstofffraktion am Tier, um so den normalen physiologischen Bedingungen am besten gerecht zu werden. Hierbei ist zu beachten, dass die Nährstoffabbaubarkeit von einer Reihe zusätzlicher tierindividu-

eller Faktoren abhängig ist. Als Beispiel ist die Futteraufnahme zu nennen, welche einen direkten Einfluss auf die Verweildauer des Futters im Pansen und/oder die Passagerate des Futters aus dem Pansen hat (TAMMINGA, 1979). Unter Berücksichtigung dieser Zusammenhänge sind die Ergebnisse von *in vivo*-Versuchen nicht ohne weiteres auf andere fütterungsspezifische Situationen übertragbar.

### In vitro Methoden

Da *in vivo*-Versuche zur Verdaulichkeitsbestimmung nicht routinemäßig eingesetzt werden können, wurden diese durch *in vitro*-Analysen weitgehend ersetzt. In Europa wird die Verdaulichkeit einerseits auf Grundlage biologisch-chemischer oder andererseits mit enzymatischen Methoden bestimmt (ARGILLIER und BARRIERE, 1996a; VAN WAES *et al.*, 1997). In Deutschland basiert die Verdaulichkeitsuntersuchung auf der enzymatischen Löslichkeit nach DE BOEVER *et al.* (1986), in Frankreich auf der enzymatischen Löslichkeit nach AUFRERE und MICHALET-DOREAU (1988), und in den Niederlanden auf der biologisch-chemischen Analyse nach TILLEY und TERRY (1963).

Alternative Methoden zur Schätzung des ruminalen Nährstoffabbaus sollten angemessen genau sein und eine enge Korrelation zu Ergebnissen aus *in vivo*-Untersuchungen aufweisen. Um eine gute Wiederholbarkeit sowohl innerhalb als auch zwischen Labors gewährleisten zu können, müssen alternative Schätzmethode zudem ausreichend präzise und gut definiert sein. Dabei sollte sich der Zeitaufwand und die Kosten in einem möglichst kleinen Rahmen bewegen und eine routinemäßige Evaluierung der Futtermittel daher möglichst ohne Nutzung von Tieren erfolgen (COTTRILL, 1993).

### Biologisch-chemischen Analysen

Die traditionelle Methode zur Feststellung der *in vitro*-Trockensubstanz-Verdaulichkeit ist die zweistufige Tilley & Terry-Technik. Sie setzt sich aus einer 48-stündigen Inkubation vermahlener Futtermittelproben in gepuffertem Pansensaft, gefolgt von einer 48-stündigen Inkubation in Säure-Pepsin-Lösung, zusammen. Der Pansensaft wird im Verhältnis 1 : 4 mit einem Puffer (ca. pH 6,8) gemischt, die Fermentation erfolgt im geschlossenen System (TILLEY und TERRY, 1963). Bei TILLEY & TERRY

(1963) simuliert die erste Phase die Verdauung der organischen Substanz im Pansen, während die zweite Phase anschließend die post-ruminale Verdauung repräsentieren soll. Die Messung nach der Tilley & Terry-Methode repräsentiert damit eine typische Endpunkt- oder Einpunkt-Messung, da sie nur den möglichen Umfang des Abbaus darstellt, nicht jedoch dessen Verlauf. Die Aktivität von Pansenmikroben ist jedoch nicht nur auf Abbauvorgänge begrenzt, sondern beinhaltet zusätzlich den Aufbau von Biomasse. Daraus resultiert eine Stickstoffbindung. Zudem kann man von einer „schätzweisen“ Messung sprechen, da die Mikrobenmasse, die während der mikrobiellen Fermentation entsteht – analog zur endogenen Kot-Trockenmasse *in vivo* – im unverdauten Rest verbleibt (MERTENS, 2002). Daher sind solcherlei geartete Systeme wenig dazu geeignet, den Abbau von Futter-Proteinen zu messen. Ein weiterer limitierender Faktor der Simulation der ruminalen Abbaubarkeit von *in vitro*-Systemen, die auf Pansensaft aufbauen, ist die Notwendigkeit von Spendertieren. Folglichweise gibt es eine steigende Tendenz weg von auf Mikroorganismen basierenden Systemen hin zur reinen enzymatischen Verdauung.

#### Bestimmung der enzymatischen Löslichkeit

Der Vorteil der *in vitro*-Verfahren mit gereinigten Enzymen liegt darin, dass völlig unabhängig vom Tier gearbeitet werden kann. Es sollten daher Ergebnisse erzielbar sein, die eine geringe Variation aufweisen und folglich ermöglichen, dass diese Technik relativ einfach zu standardisieren ist. Als entscheidender Nachteil dieser Verfahren ist anzumerken, dass die Aktivität von gereinigten Enzymen nach MAHADEVAN *et al.* (1987) nicht der Aktivität der Pansenbakterien entspricht und diese Methoden somit nur beschränkt als Vergleich mit dem Pansensystem nutzbar sind.

Die *in vitro*-Messungen des Rohprotein- und des Kohlenhydratabbaus mittels gereinigter Enzyme oder Pansensaft unterliegen im wesentlichen den gleichen Einflussfaktoren. Neben der Pufferlösung, dem pH-Wert, dem Enzym-Substrat-Verhältnis ist jedoch vor allem die Spezifität der Enzyme ausschlaggebend. Der Gesamtkohlenhydratabbau kann nur beim Einsatz von Enzymmischungen gemessen werden. Beim Einsatz nur eines bestimmten Enzyms wird lediglich der Abbau einer bestimmten Kohlenhydratfraktion gemessen, was keinen Vergleich mit den Verhältnissen im Pansen zulassen würde (STERN *et al.*, 1997). Die gängigen Methoden zur Einschät-

zung der Verdaulichkeit der organischen Masse von Futtermitteln setzen sich aus einer Hydrolysierung des Futtermittels in einer Säure-Pepsin Lösung und eines darauffolgenden enzymatischen Aufschlusses mit Cellulase zusammen. Zur Zeit sind zwei Standardverfahren in der Laboranalytik gebräuchlich (enzymatische Löslichkeit nach DE BOEVER *et al.*, 1986 und AUFRERE und MICHALET-DOREAU, 1988), die beide auf der Pepsin-Cellulase Methode beruhen und sich lediglich in der Zeitdauer der Säurehydrolyse und im relativen Verhältnis von Cellulase und Substrat unterscheiden. Da die angewandten *in vitro*-Verfahren zur Bestimmung des Futterwerts jedoch, wie dargestellt, nicht in allen Ländern gleich sind, ist die Folge eine erschwerte Vergleichbarkeit von Daten allein schon innerhalb Europas.

### Bestimmung der Gasbildung

Eine weitere *in vitro*-Methode zur Bestimmung der Abbaubarkeit von Futtermitteln ist der Hohenheimer Futterwerttest. Das Prinzip dieses Gastests beruht auf der Inkubation eines Futtermittels in Pansensaft und einem mit CO<sub>2</sub>-gesättigten Puffer. Die innerhalb von 24 Stunden gebildete Gasmenge ist hoch korreliert mit der Verdaulichkeit der OM beim Schaf (MENKE, *et al.* 1979). Da es sich bei dieser Methode um eine Endpunktmessung handelt, können keine Aussagen zur Kinetik des Abbaus der OM gemacht werden. Dies ist jedoch für die Abschätzung des Synchronismus des Nährstoffabbaus aus einzelnen Futterkomponenten in einer Ration von großer Bedeutung. Daher wurde der Hohenheimer Futterwerttest modifiziert. Das zu untersuchende Probenmaterial wurde bis zu 96 Stunden inkubiert und die Gasproduktion dabei entweder zu unterschiedlichen Zeitpunkten manuell ermittelt (BLÜMMEL und BECKER, 1997) oder mittels automatisierter, computergesteuerter Systeme erfasst (PELL und SCHOFIELD, 1993; THEODOROU *et al.*, 1994; CONE *et al.*, 1996). Rate und Ausmaß der Gasproduktion können dann über eine exponentielle Funktion (BLÜMMEL und BECKER, 1997; PELL und SCHOFIELD, 1993) oder über ein empirisch abgeleitetes mehrphasiges mathematisches Modell (CONE *et al.*, 1997) berechnet werden. Um Futtermittel hinsichtlich ihrer ad libitum- Aufnahme *in vivo* richtig rangieren zu können, schlagen BLÜMMEL *et al.* (1997a) eine Methode vor, die die Messung des Gasvolumens mit der Quantifizierung des tatsächlich abgebauten Substrats sowie des mikrobiellen Biomasseertrages vereint. Aufgrund der hohen Reproduzierbarkeit und der einfachen Handhabung wäre der modifizierte Gastest

durchaus als eine Routinemethode geeignet, um die Substratfermentation über die kumulative Gasproduktion zu ermitteln.

### Bestimmung des Futterwertes mittels NIRS

Insbesondere im Bereich der Pflanzenzüchtung sind jedoch auch chemische und enzymatische Methoden zu zeit- und kostenintensiv, so dass seit einigen Jahren die Qualitätsuntersuchungen im Züchtungsbetrieb zumeist unter Nutzung der Nahinfrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS) erfolgen. NIRS wurde von NORRIS *et al.* (1976) zur Inhaltsstoffbestimmung in der Züchtung von Futterpflanzen vorgeschlagen. Nachdem die Eignung dieser Methode zur Bewertung von Silomais in Deutschland besonders von MAINKA (1990) und DEGENHARDT (1996) bestätigt wurde, ist sie mittlerweile in vielen Ländern die Routinemethode zur Inhaltsstoffbestimmung in der Sortenprüfung. Nach Aufstellung von Kalibrationsgleichungen, die Regressionsgleichungen zwischen Daten aus der nasschemischen Analyse und Spektren des zu untersuchenden Materials darstellen, ist die Anwendung in der Folge einfach und liefert sichere Ergebnisse (GURRATH *et al.*, 1991; DE BOEVER *et al.*, 1994; DEGENHARDT, 1996; HERTER *et al.*, 1996a). Den verwendeten Kalibrationsgleichungen müssen analytische Methoden zugrunde liegen, die eng mit der Merkmalsausprägung *in vivo* korreliert sind. Hierin sind jedoch, insbesondere aus Sicht der Tierernährung, auch die Unsicherheiten der NIRS-Messung beispielsweise bei der Schätzung des Futterwertes von Futtermitteln mittels NIRS-Technik begründet. Durch die Ableitung der Kalibrationsgleichungen von Ergebnissen aus *in vitro*-Messungen ergeben sich Fehlerquellen, die durch die zum Teil nur ungenügend gute Wiedergabe von *in vivo*-Messergebnissen durch die *in vitro*-Technik erklärbar sind. Als Beispiel sei die Schätzung des Energiegehaltes von Futtermitteln genannt.

#### 4.3.2 *In situ*-Methoden („Nylonbeuteltechnik“)

Die dynamischen Interaktionen innerhalb des Pansens sind generell schwierig zu simulieren. Die *in situ*-Technik erlaubt es, die Verdauung innerhalb des Pansens als solche zu studieren und somit den Bedarf an ruminalen Simulationsmodellen zu reduzieren. Bei den *in situ*-Methoden („Nylonbeutel“-Technik, *in sacco*-Methode; MEHREZ und ØRSKOV, 1977) wird eine Futterprobe in Beutel aus durchlässigem Nylon- oder Polyestergewebe eingewogen und über längere Zeit mittels Pansenfistel dem Milieu des Vormagens ausgesetzt. Das Ausmaß des Abbaus der jeweiligen Nährstofffraktion wird bestimmt aus der Differenz der Menge des Nährstoffes im Nylonbeutel vor und nach der Entnahme der Nylonbeutel aus dem Pansen. Durch die Inkubation in definierten Zeitintervallen ist es mit der Nylonbeutel-Technik möglich, charakteristische ruminale Abbaukurven für Futtermittel zu erstellen. Bei der Interpretation der „Verluste“ aus den Nylonbeuteln wird dabei unterstellt, dass sie dem ruminalen Abbau der Nährstoffe entsprechen (ØRSKOV, 1992). Bei zusätzlicher Berücksichtigung der Passagerate unverdauter Futterpartikel aus dem Pansen kann die effektive Abbaubarkeit der Futtermittel bzw. der Futterinhaltsstoffe geschätzt werden. Dabei wird die Verweildauer bzw. die Passagerate in die Berechnung des Nährstoffabbaus mit einbezogen (ØRSKOV und McDONALD, 1979). Üblich ist die Schätzung der effektiven Abbaubarkeit des Rohproteins (ØRSKOV und McDONALD, 1979), der Strukturkohlenhydrate (MERTENS und LOFTEN, 1980; VARGA und HOOVER, 1983) sowie der Stärke (TAMMINGA *et al.*, 1990; LOPEZ *et al.*, 2000). Trotz der weitverbreiteten Anwendung der Methode unterliegen die mittels *in sacco*-Methode gewonnenen Erkenntnisse über die ruminale Abbaukinetik von Nährstoffen einigen Einschränkungen.

Die Nylonbeutel-Technik wurde und wird in größerem Umfang zur Schätzung der ruminalen Abbaubarkeit von Futtermitteln genutzt, da sie im Vergleich mit Methoden die die Nutzung duodenal fistulierter Tiere voraussetzt, eine relativ einfache, mit geringen Kosten verbundene Technik darstellt. Gegenüber Labormethoden zeigt die *in situ*-Technik grundsätzliche Vorteile, da sie Verdauungsprozesse mit einbezieht, die nur im Pansen eines lebenden Tieres stattfinden können (STERN *et al.*, 1997). Auch BRODERICK *et al.* (1991) betonen, dass die *in situ*-Technik – auch wenn sie viele, nur schwer ausräumbare Mängel aufweist – relativ wenig zeitaufwendig und einiger-

maßen wiederholbar ist, sowie nur eines geringen Materialaufwandes bedarf. Die Technik setzt jedoch das Vorhandensein von ruminal fistulierten Tieren und die entsprechenden Tierpflegeeinrichtungen voraus, was natürlicherweise einen nicht unerheblichen Aufwand und Kosten bedeutet.

#### 4.3.2.1 Besonderheiten bei der Anwendung der *in situ*-Methode

Die Ergebnisse aus *in situ*-Messungen leiden jedoch seit Etablierung der Methode unter dem hohen Grad der Variation sowohl innerhalb als auch zwischen verschiedenen Versuchseinrichtungen. In einer beträchtlichen Anzahl von Studien wurde der Einfluss von verschiedenen Faktoren nachgewiesen, die bei der Erarbeitung von *in situ*-gestützten Schätzungen zur ruminalen Verwertung von Futtermitteln eine Rolle spielen (LINDBERG und KNUTSSON, 1981; LINDBERG, 1985; SCHRÖDER, 1987; NOCEK, 1988; MICHALET-DOREAU und OULD-BAH, 1992; MADSEN und HVELPLUND, 1994; HUNTINGTON und GIVENS, 1995; VANZANT *et al.*, 1998). Daraus leitet sich ein klarer Bedarf einer Standardisierung der gebräuchlichen *in situ*-Verfahren ab. Nachfolgend sind die Hauptfaktoren, welche Einfluss auf die Schätzung des ruminalen Abbaus verschiedener Futtermittel nehmen, punktuell dargestellt:

1. Tiereffekt: Tierart, physiologischer Status
2. Fütterungseffekt: Rationszusammensetzung, Fütterungsniveau, Fütterungsfrequenz
3. Effekte der Verdauungsphysiologie: Pansen-pH-Wert, Mikrobenanzahl und Mikrobenezusammensetzung, mikrobielle Aktivität (proteolytisch, cellulolytisch, amyolytisch)
4. Beutel- und Probeneffekte: Beutelmaße und Probenmenge, Porengröße der Beutel, Probenaufbereitung (Konservierung, Vermahlung), spezielle Substanz-eigenschaften
5. Verfahrenorientierte Effekte: Präinkubation (Einweichen), Inkubations- und Entnahmeverfahren, Lokalisation der Beutel im Pansen, Wasch- und Spülbehandlung nach erfolgter Inkubation, Anzahl und Verteilung der Wiederholungen (Tier, Tag, Beutel), Inkubationszeiten und mathematische Auswertungsmodelle, mikrobielle Korrektur, Korrektur der Auswaschverluste, Nutzung interner Standards, chemische Futtermittelanalytik

Zur Zeit scheint der Mangel bei der Standardisierung der Wasch- und Spülprozedur sowie das Unterbleiben einer Korrektur der mikrobiellen Kontamination von Inkubationsresiduen (Proteinabbau) die Hauptquelle der Abweichungen bei *in situ*-Messungen zu sein (VANZANT *et al.*, 1998).

#### 4.4 Allgemeine Darstellung der besonderen ernährungsphysiologischen Bedeutung der Maisstärke für die Fütterung von Hochleistungskühen

Hochleistende Wiederkäuer stellen allgemein sehr hohe Anforderungen an die Fütterung. Bei begrenztem Futteraufnahmevermögen ist besonders die leistungsgerechte Energieversorgung schwierig abzusichern. Besondere Bedeutung für die Energiebereitstellung hat dabei Glucose, die bezüglich der Nährstoffbereitstellung bei der Hochleistungskuh als erstlimitierender Nährstoff angesehen werden muss (FLACHOWSKY, 2000). Neben der quantitativen Energieversorgung gewinnen bei Hochleistungskühen auch qualitative Aspekte des Energieangebotes an Bedeutung, da die Möglichkeit der Stärke- bzw. Glucosebereitstellung über das Futter begrenzt ist. In diesem Zusammenhang nimmt der Mais als Futterpflanze für hochleistende Milchkühe eine herausragende Stellung ein.

Die Produkte der Maispflanze sind in erster Linie Energiefuttermittel. Neben der Bedeutung der Maissilage als relativ stärkereiches Grundfutter für die Energieversorgung der Hochleistungskuh kommt Mais in der Wiederkäuerernährung zusätzlich in Form von Körnermais zum Einsatz. Beim Körnermais ist neben dem hohen Stärkegehalt vor allem die geringe ruminale Abbaubarkeit der Maisstärke von Bedeutung.

Der Stärketräger bzw. der Hauptenergielieferant der Maispflanze ist, wie auch bei anderen Getreidearten, das Korn. Der Kolben der Maispflanze wird im Reifeverlauf immer proteinärmer und stärkereicher, wobei der Zucker der Restpflanze zunehmend in Stärke umgewandelt und in dieser Form in das Korn eingelagert wird (JEROCH *et al.*, 1993). Stärke als hochmolekulares, wasserunlösliches Polysaccharid nimmt bei den Nicht-Struktur-Kohlenhydraten einen Anteil von 70 bis 80 % ein und ist das wichtigste Reservekohlenhydrat der Pflanze (NOCEK und TAMMINGA, 1991). Sie besteht aus  $\alpha$ -1,4-glykosidisch verknüpfter Amylose und aus  $\alpha$ -1,4- und  $\alpha$ -1,6-glykosidisch verknüpftem Amylopektin (HUNTINGTON, 1997; MILLS *et al.*, 1999a). Beide

Fraktionen sind durch Wasserstoffbrücken miteinander verbunden (NOCEK und TAMMINGA, 1991; MILLS *et al.*, 1999a). Das Verhältnis von Amylose zu Amylopektin ist nicht immer gleich. Meistens variiert der Amylosegehalt der Stärke zwischen 20 % und 35 % (OWENS *et al.*, 1986; ROONEY und PFLUGFELDER, 1986).

Die Stärke wird in den Vormägen des Wiederkäuers zum größten Teil durch Mikroorganismen fermentiert. Die *exo*- und *endo*- Enzyme der amyolytischen Bakterienstämme im Pansen spalten die  $\alpha$ -1,4- und  $\alpha$ -1,6-glykosidischen Bindungen der Amylose und des Amylopektins der Stärke extrazellulär (FRENCH, 1973) in Dextrine und Oligosaccharide bis zur Maltose, die weiter zu Glucose und anschließend zu flüchtigen Fettsäuren (Essigsäure, Propionsäure und Buttersäure) sowie Methan und Kohlendioxid abgebaut wird. Neben den Bakterien beeinflussen auch Protozoen den ruminale Abbau der Stärke (MILLS *et al.*, 1999a). Dabei bestimmt Art und Menge der Stärke wesentlich die Anzahl der Protozoen und Bakterien (DIERCHEN *et al.*, 1982). Gegenüber den sonst in der Milchviehfütterung eingesetzten Getreiden - hauptsächlich Gerste und Weizen - weist Körnermais einige ernährungsphysiologische Besonderheiten auf (FLACHOWSKY, 1994a). Stärke aus Mais wird im Pansen der Tiere bedeutend langsamer abgebaut als Stärke aus anderen Getreiden (THIVEND, 1970; ØRSKOV, 1986; HERRERA-SALDANA *et al.*, 1990; BEYER *et al.*, 1993; LEBZIEN *et al.*, 1997). Die ruminale Abbaubarkeit der Stärke von Körnermais liegt im Mittel bei 70 %, die von Gerste und Weizen dagegen bei 90 % (McCARTHY *et al.*, 1989; McALLISTER *et al.*, 1992; OVENELL *et al.*, 1996).

Der im Vergleich zu anderen Stärkequellen langsamere ruminale Abbau der Maisstärke führt zu einem weitaus geringeren Absinken des pH-Wertes im Pansen der Tiere. Dadurch vermindert sich die Gefahr der Pansenacidose, wie sie bei hohen Gaben leicht abbaubarer Kohlenhydrate wie Zucker und Stärke durch den schnelleren Abbau zu den flüchtigen Fettsäuren Essigsäure, Propionsäure und Buttersäure sowie Milchsäure beobachtet wird. Ein niedriger pH-Wert verschlechtert zudem die Celluloseverdauung und reduziert damit die Rauhfutteraufnahme (LEBZIEN, 1985). Grund dafür ist zum einen die Nährstoffkonkurrenz zwischen den amyolytischen und den cellulolytischen Bakterien (CONE, 1991), zum anderen die Empfindlichkeit der cellulolytischen Bakterien gegenüber einem niedrigen pH-Wert (STERN *et al.*, 1997).

Viele Ergebnisse bestätigen den negativen Einfluss steigender Konzentrat- oder Stärkeanteile auf die Verdaulichkeit von Zellwandbestandteilen und bestimmter Roh-nährstoffgruppen (KELLNER *et al.*, 1985; ROHR *et al.*, 1989; WIDYOBROTO und PEYRAUD, 1993; De VISSER *et al.*, 1998; MEIJER *et al.*, 1999). In Versuchen mit Maisstärke wurden negative Einflüsse steigender Stärkemengen auf die Verdaulichkeit der NDF-Fraktion (VAN VUUREN *et al.*, 1999) sowie weiterer Zellwandbestandteile nachgewiesen. Eine negative Beeinflussung ließ sich auch für die Verdaulichkeit des Rohproteins und des Rohfetts (KELLNER *et al.*, 1985) sowie generell für die Trockensubstanz und die organische Substanz belegen (DE VISSER *et al.*, 1998).

Hohe Kraftfuttergaben sind zudem mit einem geringen Rohfaseranteil verbunden. Dies führt zu einer unzureichenden mechanischen Stimulierung des Wiederkaureflexes (ØRSKOV, 1986) und hat zur Folge, dass nur wenig bicarbonatreicher Speichel in den Pansen gelangt, um dort die großen Mengen an gebildeten Säuren abzupuffern. Unterhalb eines pH-Wertes von 5,5 sterben zuerst die Protozoen (EADIE *et al.*, 1970), dann die cellulolytischen Bakterien ab. Ein Teil der Pansenbakterien produziert unter diesen Bedingungen an Stelle von Essigsäure nur noch Milchsäure (Laktat), so dass es zu einem weiteren Absinken des pH-Wertes im Pansen kommt (HARRISON und McALLEN, 1998). Fällt der pH-Wert in einer extremen Fütterungssituation auf Werte unter 5,4, so vermehren sich die Lactobazillen und produzieren ebenfalls in großen Mengen D- und L-Laktat, welches dann in den Blutkreislauf gelangt. Als Folge kann es zu Funktionsstörungen wie der Vormagenindigestion, Pansenacidose und Labmagenverlagerung kommen (KAMPHUES, 1998).

#### 4.5 Gehalt und Zusammensetzung der Stärke im Maiskorn und daraus resultierende Einflussfaktoren auf die ruminale Stärkeabbaubarkeit

Das Maiskorn setzt sich aus drei Hauptbestandteilen zusammen: dem Endosperm (84 %), dem Pericarp (6 %) und dem Embryo (10 %). Das Endosperm stellt das stärkehaltige Nährgewebe dar. Nach KOTARSKI *et al.* (1992) besteht das Endosperm aus der Aleuronschicht (außen), der peripheren Endospermschicht (Sub-Aleuronschicht), dem „körnigen“ (corneous) Endosperm und der innersten Schicht, dem

„mehlig“ (floury) Endosperm, wobei die relativen Anteile der Schichten sortenabhängig variieren können. Die Aleuron-Zellen enthalten keine Stärke, sondern Enzyme, Amylase- und Proteaseinhibitoren, wasserlösliche Vitamine, Mineralstoffe sowie Proteine und Fette. Die Stärkekörner des peripheren und des körnigen Endosperms sind mit Speicherproteinen und einer dichten Matrix aus getrockneten Endosperm-Zellen umgeben, die für Wasser und hydrolytische Enzyme eine Barriere bilden. Das „mehlige“-Endosperm enthält wenige zelluläre Strukturen, aber die höchste Dichte an Stärkekörnern. In dieser Schicht sind die Stärkekörner für enzymatische Hydrolyse eher zugänglich. Sorten mit hohem Anteil der körnigen und der peripheren Schicht werden als „vitreous“ (gläsern), „corneous“ (körnig) oder „flint“ (hart) bezeichnet, bei hohem Anteil an „floury“-Endosperm als „floury“ (mehlig), „opaque“ (stumpf), „soft“ (weich) oder „dent“ (zahnig). In der Abbildung 13 ist schematisch der Aufbau des Maiskorns und die Zusammensetzung des Endosperms dargestellt.

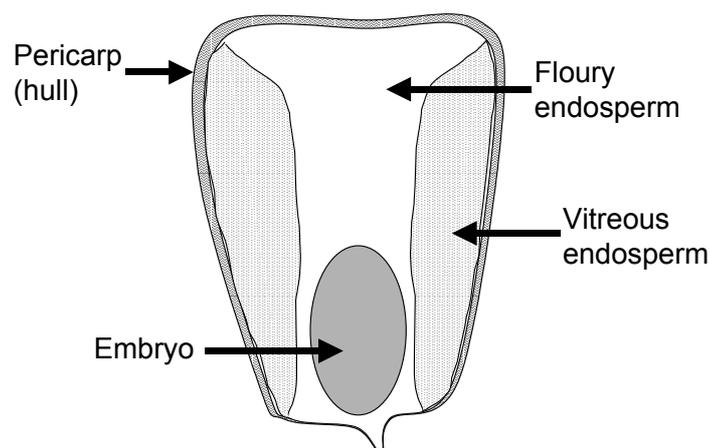


Abb. 13: Schematische Darstellung der Zusammensetzung des Maiskorns (nach HALL, 2002)

Die Stärke besteht chemisch gesehen aus zahlreichen  $\alpha$ -glycosidisch verknüpften Glucoseeinheiten. Es lassen sich die Fraktionen Amylose und Amylopektin unterscheiden. Amylose besteht aus unverzweigten Ketten ( $\alpha$ -1,4-Verknüpfung) mit spiralförmiger Struktur. Es kann aus 100 bis 1000 Glucosemolekülen bestehen. Das Amylopektinmolekül weist neben der  $\alpha$ -1,4-glycosidischen Bindung auch  $\alpha$ -1,6-glycosidische Bindungen auf, wodurch eine verzweigt-kettige Struktur entsteht. Es be-

steht aus 1000 bis 50.000 Glucosemolekülen und ist damit wesentlich größer als das Amylosemolekül.

Stärke ist in hochstrukturierten Granula in unterschiedlicher Form und Größe (0,5 bis 175 µm) gespeichert, die amorphe und kristalline Regionen besitzen. Die amorphen Regionen weisen eine höhere Konzentration an Amylose und eine niedrigere Dichte als die kristallinen Bereiche auf, während sich die kristallinen Regionen durch einen höheren Amylopektin Gehalt auszeichnen und gegenüber Wassereintritt und enzymatischen Angriffen resistenter sind (ROONEY und PFLUGFELDER, 1986). Der Abbau der Stärke beginnt in den amorphen Regionen der Granula. Anschließend folgt die Hydrolyse der kristallinen Regionen, welche wesentlich mehr Zeit in Anspruch nimmt (SCHULDT, 1989). Alle Stärkegranula sind von einer dünnen Proteinschicht umgeben, die im hornigen und peripheren Endosperm von Mais- und Sorghumstärke eine besondere Struktur aufweist (ROONEY und PFLUGFELDER, 1986). Nach CONE (1991) enthält die Oberfläche der Stärkegranula außerdem Lipide, die mit Proteinen schwer verdauliche Komplexe bilden können. Deshalb sind nach CONE und VLOT (1990) die äußeren Schichten der Granula schwerer durch Enzyme abbaubar als die inneren Schichten. Es kommt dabei jedoch nicht auf die absolute Menge an Proteinen und Lipiden an, sondern auf deren Verteilung auf der Oberfläche der Granula.

Die Maissorten werden anhand ihrer relativen Anteile von Amylose bzw. Amylopektin in drei Typenklassen eingeteilt: „normal“, „wachsigt“ und „extender“. Die Stärke der Maiskörner, die in die Typenklasse „normal“ einzuordnen sind, besteht zu etwa 20 - 30 % aus Amylose und zu etwa 70 - 80 % aus Amylopektin (ROONEY und PFLUGFELDER, 1986). Abweichend davon enthält die Stärke von „wachsigen“ Maissorten bis zu 99 % Amylopektin (KOTARSKI *et al.*, 1992). Ein weiterer Genotyp, der als „extender“ bezeichnet wird, weist Amylosegehalte von etwa 75 % und Amylopektin Gehalte von nur 25 % auf (MICHALET-DOREAU und CHAMPION, 1995). Innerhalb der Typklassen (wachsigt - normal - Amyloseextender) treten noch unterschiedliche Variationen und Mutationen auf, welche Abweichungen im Amylosegehalt der Maisstärke erklären (FUWA *et al.*, 1999). Bezüglich der Abbaubarkeit der Stärke scheinen die relativen Anteile von Amylose und Amylopektin im Vergleich der verschiedenen Genotypen einen Einfluss auszuüben.

Hinsichtlich des Einflusses der Anteile an Amylose bzw. Amylopektin auf die Abbaubarkeit finden sich widersprüchliche Aussagen in der Literatur. Während

HUNTINGTON (1997) von einem schnelleren Abbau amylopektinhaltiger „wachsiger“ Genotypen spricht, werden nach CONE (1991) Stärketräger mit hohem Anteil an Amylopektin aufgrund der Verzweigungen im Molekül langsamer abgebaut.

Nach HUNTINGTON (1997) und KOTARSKI *et al.* (1992) zeigen wachsig Genotypen grundsätzlich schnellere Abbauraten *in vivo* und *in vitro* als heterogene oder nichtwachsig Genotypen. Bei PHILIPPEAU *et al.* (1998) erwies sich die ruminale Stärkeabbaubarkeit jedoch unabhängig vom Amylose-Amylopektin-Verhältnis der Stärke. Die Abbaubarkeit scheint aber vor allem von der Endospermstruktur und dem Anteil der protektiven Proteinmatrix, von der die Stärkegranula umgeben sind, beeinflusst zu sein, weniger von den chemischen Eigenschaften der Stärke (MICHALET-DOREAU und CHAMPION, 1995). Diese können laut KOTARSKI *et al.* (1992) mit den „wachsigen“ bzw. „normalen“ Typen gekoppelt sein. Die Stärkeabbaubarkeit erwies sich in den Arbeiten von MICHALET-DOREAU und PHILIPPEAU (1997) und VERBIC *et al.* (1995) im „flint“-Mais als geringer als die Stärkeabbaubarkeit im „dent“-Mais. In Tabelle 71 ist beispielhaft die Bandbreite der Beeinflussung des ruminalen Abbaus von Maiskörnern durch die genetische Variation von Endospermbeschaffenheit und Stärkezusammensetzung dargestellt.

Tab. 71: Beispiel für den Einfluss des Mais-Genotyps auf die ruminale Abbaurate der Maisstärke ofengetrockneter Maiskörner\* (nach MICHALET-DOREAU und CHAMPION, 1995)

Endospermtyp	flint				dent			
	Wachsig	Normal	Extender	$\bar{x}$	Wachsig	Normal	Extender	$\bar{x}$
P (%; k= 0,06)	52,5	51,9	69,5	[58]	73,5	62,7	76,7	[71]
a (%)	18,7	12,3	27,3	[19]	21,0	26,7	50,7	[33]
b (%)	81,3	87,7	72,7	[81]	66,3	73,3	49,3	[63]
c (%h <sup>-1</sup> )	4,3	4,9	8,3	[6]	22,9	5,8	6,7	[12]

\*72% Körner-T, Ofentrocknung bei <38°C, Vermahlung in Hammermühle über 2mm Sieb

Neben einem anscheinend generellen Unterschied in der Abbaucharakteristik der Stärke zwischen C<sub>3</sub>- und C<sub>4</sub>-Pflanzen (BLANK *et al.*, 1998) sind die Stärkekörner der Maisstärke im Vergleich zur Stärke anderer Getreidearten größer und weisen eine stärkere Verkleisterung auf (FLACHOWSKY, 1994; KOTARSKI *et al.*, 1992). Die Proteinmatrix um das Endosperm, welche insbesondere die hydrolytischen Enzyme

behindern kann, ist bei Gersten- und Weizenstärke weniger dicht als bei der Maisstärke (ØRSKOV, 1986 ; MICHALET-DOREAU *et al.*, 1997).

Es können jedoch nicht nur zwischen verschiedenen Stärkequellen, sondern auch zwischen einzelnen Sorten der gleichen Stärkequelle beachtliche Unterschiede hinsichtlich des ruminalen Abbaus bestehen (STREETER *et al.*, 1990a; 1990b).

PHILIPPEAU *et al.* (2000) belegen, dass die Proteinzusammensetzung (Zein/Glutelin) im Endosperm einen signifikanten Einfluss auf den Grad der Stärkeabbaubarkeit im Pansen ausübt, indem sie die Zugänglichkeit der Stärkegranula für die Mikroorganismen bestimmt. In *in situ*-Abbauversuchen von PHILIPPEAU *et al.* (1998) war die langsam abbaubare Fraktion des Maiskörnermaterials positiv mit der Menge des reinen Glutelins korreliert, jedoch unabhängig von der Menge an ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$ )-Zein. Diese unterschiedlichen Proteine haben nicht die gleiche Lokalisation im Endosperm: das reine Glutelin repräsentiert die Proteinmatrix (CHRISTIANSON *et al.*, 1969) während das Zein die Speicherkörper ausbildet (DUVICK, 1961). PHILIPPEAU *et al.* (1998) folgern daraus, dass die Zugänglichkeit der Stärkegranula mehr von der Proteinmatrix abhängen könnte als von den Stärkegranula. Im gläsernen Endosperm sind die Stärkegranula von Proteinkörpern umgeben und in eine dichte Matrix eingeschlossen. Dies schränkt die Effektivität von hydrolytischen Enzyme deutlich ein. Dagegen sind die Stärkegranula im mehligem Endosperm für Pansenbakterien viel besser zugänglich, da die Stärkegranula hier von einer diskontinuierlichen Proteinmatrix umgeben sind (PHILIPPEAU und MICHALET-DOREAU, 1997).

So können bis zu 40 % der aufgenommenen Maisstärke der mikrobiellen Verdauung im Pansen entgehen (ØRSKOV, 1986), wodurch sich im Vergleich zu anderen Stärkequellen die am Duodenum angeflutete Stärkemenge erhöht. Die den Dünndarm erreichende Stärke wird vornehmlich durch körpereigene Enzyme abgebaut und in Form von Glucose absorbiert (CHASE, 1993). Die endgültige Höhe der beständigen Stärke lässt sich durch verschiedene Maßnahmen wie zum Beispiel die technische Bearbeitung der Futtermittel, durch die Wahl des Erntezeitpunktes oder durch Rationszusammensetzung und Fütterungstechnik in nicht unerheblichem Umfang variieren.

Verschiedene mechanischen Verfahren wie Brechen, Walzen, Schroten, Quetschen und Pelletieren erhöhen die ruminale Abbaubarkeit, da durch die Oberflächenvergrö-

ßerung infolge der Partikelzerkleinerung die Stärkegranula leichter angreifbar sind (HUNTINGTON, 1997). Feuchtigkeit, Druck und Hitze gelatinisieren die Stärke, so dass die Struktur der Granula gelockert bzw. zerstört und die Proteinmatrix des Endosperms durchbrochen wird. Dadurch wird die Stärke ebenfalls angreifbarer für Mikroorganismen und körpereigene Enzyme. Vor allem in den Vormägen, aber auch im Gesamtverdauungstrakt kann somit eine höhere Verdaulichkeit der Stärke erreicht werden, was durch Ergebnisse zahlreicher Versuchsreihen belegt wird (THEURER, 1986; POORE *et al.*, 1993a; 1993b; CHEN *et al.*, 1994; HUBER *et al.*, 1994; OLIVEIRA *et al.*, 1995; EKINCI und BRODERICK, 1997; JOY *et al.*, 1997; THEURER *et al.*, 1999). In einigen Versuchen wird durch die Behandlung gleichzeitig die ruminale Verdaulichkeit der organischen Substanz, der NDF und der ADF (CHEN *et al.*, 1994) bzw. die Stärkeverdaulichkeit im Dünndarm erhöht (OLIVEIRA *et al.*, 1995; JOY *et al.*, 1997). Eine zu intensive Wärmebehandlung, z.B. durch Rösten und/oder Überhitzung, kann jedoch zur Bildung von unverdaulichen Stärke-Protein-Komplexen führen und die ruminale Abbaubarkeit herabsetzen (NOCEK und TAMMINGA, 1991; STERN *et al.*, 1997; YU *et al.*, 1998; MATTHE *et al.*, 1999).

#### 4.6 Einfluss von Konservierungsform, Genotyp und Erntezeitpunkt auf die ruminale Abbaubarkeit von Maiskörnern

Als Ursache für Unterschiede in der ruminale Abbaubarkeit von Maiskörnern werden eine Reihe von Einflußfaktoren diskutiert. Wie schon in den vorangegangenen Kapiteln dargestellt, sind neben Sorte bzw. Genotyp und Reifegrad als weitere Einflussfaktoren auf den ruminale Abbau die vorherige Behandlung der Proben (frisch oder konserviert bzw. Art der Konservierung) und der Grad der Vermahlung zu nennen.

Die durchgeführten *in sacco*-Abbaumessungen bei Maiskörnern mit Hilfe der Nylonbeuteltechnik ermöglichen einen erweiterten Einblick in Umfang und Dynamik des Abbaus der Trockensubstanz und damit der Maisstärke im Pansen von Milchkühen. Der Zusammenhang zwischen Trockensubstanzabbau und Stärkeabbaubarkeit lässt sich trotz der fehlender Stärkeanalytik der Residuen auch für die vorliegende Arbeit herstellen, da ein sehr hoher Grad der Korrelation zwischen dem T- und dem Stärkeabbau bei Maiskörnern besteht. Die Korrelation zwischen dem ruminale Stärkeab-

bau und dem Trockenmasseabbau *in situ* liegt bei LOOSE (1999) bei  $r = 0,97$ , CORREA *et al.* (2002) können in einer aktuelleren Arbeit ebenfalls Korrelationen von  $r = 0,98$  ( $P < 0,001$ ) nachweisen. Der ruminale Trockenmasseabbau scheint folglich ein guter Maßstab der ruminalen Stärkeabbaubarkeit von Maiskörnern zu sein und stellt grundsätzlich eine gute Möglichkeit zur Reduktion der Kosten dar, da auf die Stärkeanalyse in den Residuen aus den Nylonbeuteln verzichtet werden kann.

Auf Grundlage dieser Zusammenhänge ist es möglich, bei den vorliegenden Versuchsreihen (V1, V2, V5) den T-Verlust *in sacco* näherungsweise dem Stärkeverlust gleichzusetzen.

In den folgenden Betrachtungen wird das lediglich gefriergetrocknete Material der Versuchsreihen V2 und V5 fortlaufend als „frisches“ Material bezeichnet. Eine vergleichbare Aufbereitung (Vermahlung) des Körnermaterials für die Verwendung in *in sacco*-Versuchen ist grundsätzlich nur mit trockenen Körnern möglich, weswegen für die Abbaubarkeitsversuche mit „frischem“ und siliertem Körnermaterial die Gefriertrocknung als äußerst schonende Trocknungsmethode Anwendung fand. Da der Gefrierprozess, der sehr wahrscheinlich schon zu Veränderungen der Kornstruktur führen kann, als Behandlungseffekt der Gefriertrocknung sowohl im „frischen“ Material als auch vor der Vermahlung des silierten Materials erfolgt, kann eine Vergleichbarkeit der „Konservierungsverfahren“ weiterhin gewährleistet werden.

#### 4.6.1 Zum Einfluss der Konservierungsform der Maiskörner auf die ruminale Abbaubarkeit der Trockensubstanz *in situ*

Über den Einfluss verschiedener Aufbereitungs- und Konservierungsverfahren auf den Grad des ruminalen Abbaus von Maisstärke lässt sich im Prinzip feststellen, dass jeder Veränderung der Abbaubarkeit von Maisstärke durch technische Aufbereitung oder Konservierung der Maiskörner eine Manipulation der Zellmatrix zu Grunde liegt, die entweder in einer verbesserten oder einer reduzierten Verfügbarkeit der Maisstärke im Pansen resultiert. Die Arbeitsgruppe von KOTARSKI *et al.* (1992) mutmaßt in diesem Zusammenhang, dass die Strukturkohlenhydrate und das Protein der Zellmatrix die mikrobielle Stärkeabbaubarkeit limitieren und daher einen größeren Einfluss auf die Stärkeverdauung ausüben könnten als die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Maisstärke. Diese Annahme wird auch von

McALLISTER *et al.* (1993) vertreten, der bei dem Vergleich der Verdaulichkeit von isolierter (gereinigter) Mais- und Gerstenstärke nur geringe Unterschiede feststellt. Eine Kornaufbereitung im industriellen Rahmen – zumeist Extrudieren oder Expandieren – wirkt nach NOCEK und TAMMINGA (1991) sowie HUNTINGTON (1997) durch die Einwirkung von Dampf, Druck und Hitze und macht die Stärkegranula leichter für eine bakterielle Anlagerung zugänglich. Dadurch wird die ruminale Fermentation und die enzymatische Verdauung im Dünndarm verbessert. Auch TOTH *et al.* (2003) stellen fest, dass eine Hitzebehandlung von Mais im Rahmen des Expandierens eine verbesserte ruminale Stärkeverdauung zur Folge hat, die primär auf eine gesteigerte ruminale Abbaurate und einen höheren Anteil der löslichen Fraktion zurückzuführen ist.

Die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Versuche ermöglichen den Vergleich verschiedener Konservierungsverfahren bezüglich der Wirkung auf die ruminale Abbaubarkeit der Maiskörner-T bzw. der Stärkeverfügbarkeit im Pansen in der Gegenüberstellung von frischem Material (V2, V5) mit silierten Maiskörnern (V1) und mit Maiskörnern, die in einem an die Praxis angelehnten Heißlufttrocknungsverfahren konserviert wurden (KURTZ, 2002).

PHILIPPEAU und MICHALET-DOREAU (1997) stellen in ihren Versuchen fest, dass der Trocknungs- bzw. der Konservierungsprozess starken Einfluss auf das Ausmaß der Stärkeauswaschverluste aus den Nylonbeuteln bei *in situ* Versuchen nimmt. Sie ermitteln dabei größere Verluste an Stärke bei einer Konservierung durch Gefrier-trocknung gegenüber einer Konservierung durch Ofentrocknung.

Den – in Bezug auf die ruminale Abbaubarkeit der Maisstärke – größten negativen Einfluss hat eine Konservierung von Maiskörnern durch Ofen- bzw. Heißlufttrocknung. Bei PHILIPPEAU und MICHALET-DOREAU (1997) zeigt eine Ofentrocknung bei 40 °C mit auf 3 mm vermahlen Maiskörnern im Vergleich verschiedener Trocknungsmethoden die geringsten Auswaschverluste an Stärke aus den Nylonbeuteln *in situ*. LOPEZ *et al.* (1995) stellen dazu fest, dass eine Ofentrocknung zwischen 45 °C und 65 °C den *in situ*-Abbau ebenso wie den enzymatischen Abbau reduziert, was sie hauptsächlich als eine Folge des geringer werdenden Anteils an der schnell abbaubaren Fraktion (*a*) ansehen.

Bei der Heißlufttrocknung muss jedoch nach der Praxisrelevanz des verwendeten Trocknungsverfahrens unterschieden werden. Während sich bei der effektiven

ruminalen Abbaubarkeit bei einer schonenden Ofentrocknung mit 40 °C – wie im Labormaßstab durchaus üblich – nur geringe Unterschiede zu einem lediglich gefriergetrockneten Material ergeben (LOOSE, 1999; CHAMP und COLONNA, 1993), zeigen sich bei Material, welches durchaus praxisüblich bei etwa 80 °C (Hordentrockner) getrocknet wurde, deutliche Einflüsse des Konservierungsverfahrens. Bei einer Trocknung der Körner bei 40 °C liegen die effektiven Abbaubarkeiten der Trockensubstanz mit ca. 65 % in etwa auf dem Niveau frischer (gefriergetrockneter) Maiskörner, während bei Trocknungstemperaturen von  $\geq 80$  °C effektive Abbaubarkeiten der Körner-T von nur etwa 50 % zu erreichen sind (KURTZ, 2003). Nach TOTH *et al.* (2003) und KOTARSKI *et al.* (1992) hat es den Anschein, dass starke Hitzeeinwirkung zu einer Protektion der Stärkegranula in Bezug auf den ruminalen Abbau führt. Grund dafür könnte eine physikalische Schutzwirkung der durch die Hitzeeinwirkung veränderten Proteinmatrix sein, die die Stärkegranula umgibt. Eine praxisübliche Heißlufttrocknung von Körnermaterial bei hohen Temperaturen liefert einer hochleistenden Milchkuh damit ca. 20 % weniger im Pansen verfügbare Stärke aus Maiskörnern gegenüber frischen Körnern und ca. 36 % weniger ruminal abbaubare Stärke gegenüber siliertem Körnermaterial.

In der Tabelle 72 sind die Ergebnisse der vorliegenden Versuche mit Maiskörnern in Bezug auf die Konservierungsform im Vergleich mit eigenen früheren Arbeiten und ähnlichen Arbeiten anderer Autoren der letzten Jahre dargestellt. In dieser Zusammenstellung werden die Niveauunterschiede bezüglich der effektiven ruminalen Abbaubarkeit von Maiskörnern in Abhängigkeit der unterschiedlichen Konservierungsverfahren deutlich. Die höchsten effektiven Abbaubarkeiten zeigen silierte Maiskörner, die im Mittel zu ca. 85 % im Pansen abbaubarer sind ( $k = 0,08$ ).

Frisches Körnermaterial (gefriergetrocknet) weist eine mittlere effektive ruminale Abbaubarkeit der Maiskörner von etwa 70 % auf und liefert damit, unabhängig von der genetischen Herkunft der Sorten bzw. der Körner, im Vergleich mit silierten Körnern im Pansen effektiv etwa 15 % geringere Anteile verfügbarer Maisstärke.

Tab. 72: Einfluss der Konservierungsmethode auf die Auswaschverluste (0 h) und die effektive ruminale Abbaubarkeit (P) der T bzw. OS von Maiskörnern, dargestellt als Mittel der Erntezeitpunkte (EZP) und Sorten

	Konservierung	Sorten (n)	EZP (n)	Abbauparameter	
				0 h (%)	P (%, k= 0,08)
V1	siliert	6	4	82,0 <sup>1</sup>	84,6 <sup>1</sup>
KURTZ (2002)	siliert	8	4	72,8	83,8
ETTLE (2001)	siliert	4	4	74,1 <sup>2</sup>	88,0 <sup>2</sup>
V2	frisch	12	4	35,7 <sup>1</sup>	63,1 <sup>1</sup>
V5	frisch	11	4	38,0 <sup>1</sup>	66,1 <sup>1</sup>
KURTZ (2002)	frisch	7	4	49,4	76,0
HOENER (2001)	frisch	4	3	48,7	71,5
HRIC <i>et al.</i> (2000)	frisch	4	4	72,6-43,4 <sup>2</sup>	73,5 <sup>2</sup>
LOOSE (1999)	heißluftgetrocknet <sup>3</sup>	4	1	25,5	64,5
KURTZ (2002)	heißluftgetrocknet	8	4	19,4	49,0

<sup>1</sup>mit Berücksichtigung der lag-time; <sup>2</sup>organische Substanz; <sup>3</sup>Trocknung bei 40°C

Der Effekt der Silierung drückt sich – wie in Tabelle 72 dargestellt – gegenüber frischem Material in einer deutlich höheren effektiven Abbaubarkeit aus. Die bessere Abbaubarkeit im Pansen ist dabei primär auf den stark gestiegenen Anteil der schnell abbaubaren Fraktion a zurückzuführen.

Tab. 73: Einfluss der Konservierungsmethode auf die Parameter der potentiellen ruminale Abbaubarkeit der T von Maiskörnern

	Konservierung	A (%)	a (%)	b (%)	c (%h <sup>-1</sup> )
V1 (n=24)	siliert	1,1 ±1,2	80,0 ±5,4	19,0 ±4,8	8,6 ±5,2
V2 (n=42)	frisch	0,2 ±0,5	37,1 ±10,1	62,7 ±10,1	6,2 ±2,1
V5 (n=48)	frisch	0,4 ±0,6	38,6 ±15,4	61,1 ±15,9	8,1 ±3,5
KURTZ, 2002 (n=32)	heißluftgetrocknet	0,0 ±0,1	20,1 ±5,0	79,9 ±5,1	4,7 ±0,9

Wie aus Tabelle 73 hervorgeht, lassen sich bei den silierten Varianten etwa 80 % der potentiellen Abbaubarkeit auf die lösliche oder schnell abbaubare a-Fraktion zurückführen, was gegenüber dem frischen Material (a-Fraktion ca. 38 %) eine Erhöhung

der schnell abbaubaren Fraktion um rund 42 % bedeutet. Diese Beobachtung deckt sich mit Ergebnissen von PHILIPPEAU und MICHALET-DOREAU (1998), die im Fall von dent-Genotypen einen Anstieg der a-Fraktion bei siliertem gegenüber ofengetrocknetem Material (40°C) um etwa 35 % feststellen.

Eine praxisübliche Trocknung des Körnermaterials wirkt sich dagegen in einer deutlichen Reduktion des Anteils der löslichen oder schnell abbaubaren Fraktion *a* aus. Das hat zur Folge, dass etwa 80 % des möglichen ruminalen Abbaus der Körnertrockensubstanz über die b-Fraktion erfolgt, die zudem im Vergleich der Konservierungsverfahren relativ die geringsten Abbauraten aufweist.

Als weiteren Faktor, der die ruminale Abbaubarkeit von Futtermitteln als Folge der Konservierungsmethode beeinflusst, beschreibt OULD-BAH (1989) die Mahlfeinheit. Er stellt fest, dass sich die Mahlfeinheit in Abhängigkeit der Trocknungs- bzw. Konservierungsmethode unterscheidet und folglich eine Interaktion zwischen der Konservierungsmethode und der physikalischen Beschaffenheit des Probenmaterials vorliegt.

Anhand von gefriergetrocknetem Körnermaterial stellen PHILIPPEAU und MICHALET-DOREAU (1997) fest, dass auch der Gefrierprozess im Rahmen der Gefriertrocknung zu einem Zellaufschluss des Pflanzenmaterials durch Risse und Brüche in der Zellstruktur führt, welcher sich dann durch das Vermahlen des Materials noch deutlicher auswirken kann. Sie sehen jedoch keine Möglichkeit, diese erhöhten Stärkeverluste nach der Gefriertrocknung (Auswaschverluste) eindeutig dem Gefrierprozess oder der Vermahlung zuzuordnen. In einer weiteren Arbeit von PHILIPPEAU und MICHALET-DOREAU (1998) beobachten die Autoren auch für eine Konservierung durch Silierung eine Verbesserung sowohl der mittleren ruminalen T-Abbaubarkeit als auch der ruminalen Stärkeabbaubarkeit gegenüber unsilierten Maiskörnern. Auch in diesem Fall nimmt bei den silierten Varianten durch die Vermahlung die Feinheit der Kornpartikel stark zu. Die Autoren folgern, dass der Anteil der Partikel, der aus den Nylonbeuteln durch die Gewebeporen ausgeschwemmt wird und damit dem messbaren Abbau entgeht, durch die Silierung in Kombination mit der anschließenden Vermahlung erhöht werden kann.

Tab. 74: Veränderung des Anteils der kleinen Partikel (KLP) und der Auswaschverluste (0 h) durch die Silierung, dargestellt als Mittel von vier Erntezeitpunkten

Versuchsreihe	Konservierung	Verluste in sacco (%)		
		0 h	KLP	WL
V1	siliert	82,0 (71,5 - 87,0)	74,3 (65,5 - 82,2)	7,7 (4,0 - 12,0)
V2 + V5	frisch	36,9 (17,1 - 72,7)	29,2 (10,1 - 58,8)	7,7 (4,7 - 15,7)
Differenz		- 45,1	- 45,1	0,0

WL: wasserlösliche Fraktion der 0 h; KLP: kleine, wasserunlösliche Partikel der 0 h

Aus Tabelle 74 geht hervor, dass der physikalische Aufschluss des Körnermaterials durch die Silierung (mit anschließender Gefriertrocknung) in den vorliegenden Versuchen zu einem Anstieg der mittleren Auswaschverluste (0 h) in einer Größenordnung von etwa 45 % gegenüber frischem Material führt, welches lediglich gefriergetrocknet wurde. Dieser physikalische Aufschluss wirkt sich primär auf die spätere Mahlfineiten bzw. Partikelgrößenverteilung des Körnermaterials aus, weswegen sich praktisch die gesamte Zunahme der Auswaschverluste über den gestiegenen Anteil an kleinen Partikeln (KLP) begründen lässt. Die Wasserlöslichkeit (WL) des Körnermaterials scheint dagegen durch das Konservierungsverfahren völlig unbeeinflusst zu sein.

#### 4.6.2 Zum Einfluss der Sorte bzw. des Genotyps der Maiskörner auf die ruminale Abbaubarkeit der Trockensubstanz *in situ*

##### 4.6.2.1 Einfluss der Endospermstruktur des Maiskornes auf die ruminale Abbaubarkeit

PHILIPPEAU *et al.* (1998) stellen fest, dass die ruminale Stärkeabbaubarkeit deutlich (negativ) mit dem Anteil an groben Partikeln im Mahlgut korreliert ist. So hat der Anteil der kleinen Partikel (KLP) im Mahlgut einen entscheidenden Einfluss auf die Gesamtverdaulichkeit von Stärke, die nach REMOND *et al.* (2004) mit zunehmender Kornpartikelgröße absinkt. Nach Arbeiten von SHULL *et al.* (1990) sowie LI *et al.* (1996) kann der Anteil grober Partikel allgemein dazu genutzt werden, die Kornhärte

des verwendeten Materials zu definieren, da die beiden Parameter, Anteil grober Partikel und Kornhärte, deutliche Beziehungen zueinander aufweisen.

Die Konservierungs- bzw. Trocknungsmethode ist jedoch nicht der einzige Faktor, der die Kornpartikelgröße im Mahlgut beeinflusst. PHILIPPEAU *et al.* (1999) zeigen in ihrer Arbeit, dass in Interaktion zur Konservierung auch der Genotyp des Körnermaterials Einfluss auf das Vermahlungsbild nimmt. Sie können nachweisen, dass sich Körner mit dent-Typ-Endosperm und mit flint-Typ-Endosperm nach der Vermahlung (3 mm Sieb, Hammermühle) deutlich im Anteil grobkörniger Partikel, in der Schüttdichte des Materials sowie in der spezifischen Oberfläche unterscheiden. Dabei weisen die dent-Typen jeweils einen geringeren Anteil grobkörniger Partikel beziehungsweise einen entsprechend höheren Anteil feiner Partikel auf.

Mit der Tatsache, dass flint-Typ-Maiskörner einen größeren Anteil an hartem vitreous-Endosperm aufweisen als dent-Typ-Maiskörner, lässt sich somit die gängige Faustregel nach SHULL *et al.* (1990) und LI *et al.* (1996) bestätigen, nachdem Maiskörner mit einer hohen Vitreousness physiologisch härter sind als solche mit einer geringen Vitreousness. PHILIPPEAU und MICHALET-DOREAU (1998) stellen in einer weiteren Arbeit mit silierten Maiskörnern fest, dass der Grad der Verbesserung der ruminalen Stärkeabbaubarkeit durch die Silierung wiederum durch den jeweiligen Genotyp der Maiskörner (dent versus flint) beeinflusst ist. Es ist daher nicht immer möglich, den Effekt der Konservierung bzw. der Trocknung losgelöst vom jeweiligen Genotyp des verwendeten Körnermaterials zu betrachten. Infolgedessen sind die vorliegenden Ergebnisse der ruminalen T-Abbaubarkeit nicht nur immer im Zusammenhang mit dem Konservierungsverfahren des verwendeten Materials dargestellt und diskutiert, sondern auch in Abhängigkeit der Endospermbeschaffenheit.

Nach Tabelle A0 im Anhang lassen sich die Sorten der Versuchsreihen V1, V2 und V5 in Abhängigkeit des Korn-Endosperms (Kornotyp) - flint-Typ, Zwischentyp (flint x dent) und dent-Typ - zu Gruppen zusammenfassen. In der Versuchsreihe V1 (siliert) gehören demnach die Sorten Achat und Antares dem flint-Typ an, die Sorten Byzance, Mondeo und Oldham dem Zwischentyp und die Sorte Helga lassen sich dem dent-Typ-Endosperm zuordnen. In der Versuchsreihe V2 (frisch) gehören die Sorten Achat, Antares und Fjord bezüglich der Endospermbeschaffenheit zum flint-Typ, die Sorten Abondance, Avenir, Byzance, Mondeo, Helix, Helix-BM<sub>3</sub> und Oldham zum Zwischentyp und die Sorten Helga und NX0451 zum dent-Typ. In der Versuchsreihe

V5 (frisch) können die Sorten Banguy, Delitop, Gavott und GBL dem flint-Typ zugeordnet werden, die Sorten Byzance, NX0761 und Oldham dem Zwischentyp und die Sorten Batawax (waxy), Helga, NX0451 und N23-C1 (amyloseextender) dem dent-Typ.

Tab. 75: Effektive ruminale Abbaubarkeit ( $P$  (%);  $k = 0,08$ ) der  $T$  in Abhängigkeit des Korn-Endosperms und der Konservierung der Versuchsreihen V1, V2 und V5 im Mittel der Erntezeitpunkte und Sorten

	Konservierung	Endospermtyp			SD (%)
		flint-Typ	Zwischentyp	dent-Typ	
V1	siliert	83,1	84,9	86,8	3,8
V2	frisch	61,3	62,5	68,1	8,9
V5	frisch	59,0	66,3	73,1*	13,3
KURTZ (2002)	heißluftgetrocknet	48,4	48,5	53,0	6,5

\*4 Sorten, davon: 1 Waxy-Typ und 1 Extender-Typ

In Tabelle 75 ist dargestellt, dass in den Versuchsreihen V1, V2 und V5 in Abhängigkeit der Konservierung, die Hybriden mit flint-Typ-Endosperm zwischen 4 % (V1, siliert) und 7 % (V2, frisch) bzw. 14 % (V5, frisch) niedrigere effektive Abbaubarkeiten ( $k = 0,08$ ) im Pansen aufweisen als Hybriden mit dent-Typ-Endosperm. Diese Größenordnung zeigt sich auch in den Arbeiten von MICHALET-DOREAU und CHAMPION (1995), die - vergleichbar mit der Versuchsreihe V5 - zwischen extremen flint- und extremen dent-Typen Unterschiede in der effektiven ruminale Abbaubarkeit ( $k = 0,06$ ) von etwa 13 % nachweisen können (siehe Tabelle 71; Kapitel 4.5).

Bei dem Körnermaterial von KURTZ (2002), das nach einem praxisüblichen Verfahren heißluftgetrocknet wurde, können bei einer angenommenen Passagerate von 8 %/h für die Hybriden mit flint-Typ-Endosperm etwa 5 % geringere effektive ruminale Abbaubarkeiten ermittelt werden als bei Hybriden mit dent-Typ-Endosperm. Der Unterschied in der effektiven Abbaubarkeit zwischen flint- und dent-Typen liegt damit für die heißluftgetrockneten Körner in etwa in der Größenordnung der silierten Varianten (V1). Das deutet eine generelle Reduktion des Einflusses der Endospermstruktur durch eine Konservierung im Vergleich mit frischen Körnern an.

Bei Betrachtung der Unterschiede in der effektiven ruminalen Abbaubarkeit der T nach Endosperm-Typ der Körner lässt sich im Vergleich der in Tabelle 75 dargestellten Versuchsreihen folglich feststellen, dass die Ausprägung der Einflussgröße Endospermstruktur deutlicher wird, wenn der Aufbereitungsgrad der Körner gering ist und die Variation der verwendeten Sorten möglichst groß wird.

Während bei einer intensiven Aufbereitung des Körnermaterials durch Silierung bzw. Heißlufttrocknung die Bedeutung der Endospermbeschaffenheit (floury / vitreous) sehr stark reduziert ist – knapp 4 % bzw. 7 % Unterschied in der effektiven ruminalen Abbaubarkeit ( $k = 0,08$ ) zwischen den Genotypen – variiert der Unterschied in der Stärkebereitstellung im Sortenvergleich der frischen, gefriergetrockneten Varianten zwischen 9 % im Fall der Versuchsreihe V2 (keine Extremtypen) und etwa 13 % für die Versuchsreihe V5 (drei Extremtypen: flint: Gelber Badischer Landmais; dent: Batawax, N23-C1).

Im Vergleich von siliertem (V1) zu frischem Material (V2, V5) nach Ausprägung des Endosperms (flint-Typ vs. dent-Typ) zeigen sich – wie in Tabelle 75 dargestellt – Unterschiede in der effektiven ruminalen Abbaubarkeit der Körner-T ( $k = 0,08$ ) von rund 23 % für flint-Genotypen, etwa 21 % für Zwischentypen und ca. 16 % bei dent-Genotypen. Der im Vergleich der Endospermbeschaffenheit relativ geringste Unterschied der effektiven Abbaubarkeit in Abhängigkeit der Konservierungsform bei den dent-Genotypen lässt sich wohl wiederum mit dem grundsätzlich besseren Aufschluss des Materials aufgrund der niedrigeren Vitreousness des Endosperms begründen.

Ein sehr guter Parameter für die Feststellung der physikalischen Härte – also des Anteils an vitreous-Endosperm – in Maiskörnern ist, wie schon zuvor beschrieben, die Messung des Anteils „grober“-Partikel im Mahlgut. Da in vorliegender Arbeit keine Erfassung der Partikelgrößenverteilung erfolgte, können nur die Auswaschverluste *in situ* (0 h) bzw. der Anteil der kleinen Partikel (KLP) an den Auswaschverlusten als Parameter herangezogen werden.

Tab. 76: Auswaschverluste (0 h, %) und Verluste an kleinen Partikeln (KLP, %) der T der Versuchsreihen V1, V2 und V5 im Mittel der Erntezeitpunkte und Sorten in Abhängigkeit des Korn-Endosperms

	Konservierung	Endospermtyp					
		flint-Typ		Zwischentyp		dent-Typ	
		0 h	KLP	0 h	KLP	0 h	KLP
V1	siliert	79,6	71,8	82,4	74,5	85,9	79,0
V2	frisch	34,3	27,1	34,7	29,3	41,3	34,6
V5	frisch	31,4	23,9	36,9	28,4	45,8*	36,4*

\*4 Sorten, davon: 1 Waxy-Typ und 1 Extender-Typ; KLP: kleine, wasserunlösliche Partikel der 0 h

Bei einer vergleichenden Betrachtung von 0 h und KLP der Versuchsreihen V1, V2 und V5, wie in Tabelle 76 zusammengestellt, wird deutlich, dass sich ein Zusammenhang zwischen Partikelgrößenzusammensetzung bzw. Kornhärte (Vitreousness) und dem Endosperm-Typ herstellen lässt. Im Vergleich der Sorte nach Endosperm-Typ zeigen die flint-Typ-Sorten in der Versuchsreihe V1, V2 und V5 durchschnittlich 7,2 %, 7,5 % und 12,5 % geringere Anteile an kleinen Partikeln gegenüber den dent-Typ-Sorten. Der entsprechend höhere Anteil grober Partikel im Mahlgut weist damit auf eine grundsätzlich größere Kornhärte bzw. Dichte des Endosperms – also eine höhere Vitreousness – der Sorten mit flint-Typ-Endosperm hin.

Die extremen Niveauunterschiede in der Höhe der KLP zwischen silierten und frischen Varianten (V1 vs. V2 und V5) von etwa 45 % ist, wie schon zuvor diskutiert, offensichtlich ein Effekt des Silierprozesses in Kombination mit der Veränderung der Kornstruktur durch das Einfrieren beim Gefriertrocknen. Das durch die Kombination der Behandlungen erfolgte Aufbrechen der Endospermstruktur und der Proteinmatrix führt beim Vermahlen zu einem sehr hohen Anteil feiner und feinsten Partikel, die dann entsprechend leicht *in situ* ausgewaschen werden können. Diese Kombination von Einflussfaktoren muss letztendlich zu einer Überschätzung der effektiven ruminalen Abbaubarkeit von siliertem Material durch den hohen Anteil der a-Fraktion führen.

CORREA *et al.* (2002) schlagen in diesem Zusammenhang als Alternative zu der klassischen Bestimmung der Vitreousness aufgrund des geringeren analytischen Aufwandes die Messung der Korndichte vor. Die Korrelation zwischen Korndichte und Vitreousness liegt bei CORREA *et al.* (2002) bei  $r = 0,87$ ; die Korrelation zwischen ruminale Stärkeabbaubarkeit und Korn-Vitreousness bzw. Korndichte liegt bei  $r = -0,93$  bzw.  $r = -0,87$ . Sie beobachten mit zunehmender Reife der Körner neben einer zunehmenden Korn-Vitreousness auch eine zunehmende Dichte der Körner, während die ruminale Abbaubarkeit der Stärke abnimmt. Nach CORREA *et al.* (2002) stellt die Messung der Korndichte eine zuverlässige Methode - Ermittlung der Schüttdichte mittels Pycnometer - und eine sichere Möglichkeit dar, die Vitreousness und die ruminale Abbaubarkeit von Maiskörnern einzuschätzen. Damit könnte der Grad der Vitreousness von Maiskörnern eine praktikable Möglichkeit zur Selektion von Maissorten nach dem Grad der Stärkelieferung repräsentieren.

#### 4.6.2.2 Einfluss der Stärkezusammensetzung des Maiskornes auf die ruminale Abbaubarkeit

Neben der genotypisch festgelegten Beschaffenheit des Endosperms gehört auch die Stärkezusammensetzung im Endosperm zu einem sortenspezifischen Ausprägungsmerkmal, welches als Sorteneffekt Auswirkungen auf die ruminale Stärkeverfügbarkeit aus Maiskörnern hat.

Der Einfluss der genotypisch geprägten Stärkezusammensetzung der Maiskörner (wachsigt - normal - (amylose-)extender) auf die ruminale Abbaukinetik und die effektive ruminale Abbaubarkeit ( $k = 0,08$ ) ist exemplarisch anhand der gefriergetrockneten Sorten der Versuchsreihe V5 in Tabelle 77 zusammengefasst dargestellt. Bei den Sorten der Versuchsreihe V1 und V2 ist eine solche Zusammenstellung nicht möglich, da es sich in Bezug auf die Stärkefraktion ausschließlich um „Normal“-Typen handelt. Die als Normal-Typen bezeichneten Sorten weisen dabei eine Zusammensetzung von Amylose zu Amylopektin in der Stärke von etwa 30:70 auf, während die Stärke der in der Kategorie „wachsigt“ aufgeführten Hybride aus der Versuchsreihe V5 zu 85,5 % aus Amylopektin besteht.

Tab. 77: Einfluss des Stärketyps auf die ruminale Abbaurate der Trockensubstanz frischer Maiskörner der Versuchsreihe V5 im Mittel der Erntezeitpunkte und Sorten

	Stärketyp		
	Waxy* (n=3)	Normal-Typ (n=36)	Extender* (n=3)
T (%)	52,9	68,1	(56,3)
P (%; k= 0,08)	79,5	63,6	(75,1)
a (%)	54,4	35,9	(48,5)
b (%)	45,2	63,9	(50,9)
c (%h <sup>-1</sup> )	10,8	7,6	(10,5)

\*dent-Typ-Endosperm

Die in der Zusammenstellung in Tabelle 77 als Extender-Typ aufgeführte Hybride (N23-C1) soll nach Züchterangaben zwar vom Genotyp her amylosebetont sein, es kann jedoch in der vorliegenden Stärkeanalytik kein signifikanter Unterschied in der Stärkezusammensetzung im Vergleich mit den Normalvarianten festgestellt werden. Die um etwa 16 % höhere effektive ruminale Abbaubarkeit der „waxy“-Hybride (Batawax) gegenüber den „normal“-Hybriden deckt sich mit den Ergebnissen von MICHALET-DOREAU und CHAMPION (1995), die für „waxy“-Maiskörner gegenüber Normalvarianten - insbesondere für dent-Typen - bessere effektive Abbaubarkeiten der Stärke in einer Größenordnung von etwa 12 % ermitteln. Dieser Effekt resultierte – trotz des hohen Amylopektingehaltes in der Stärke – aus einer sehr deutlichen Verbesserung der Abbaurate (c) der nicht löslichen, aber abbaubaren b-Fraktion. Auch anhand der Ergebnisse der Versuchsreihe V5 lässt sich eine signifikant bessere Abbaurate des „waxy“-Hybriden im Vergleich mit den Normalvarianten ableiten, die jedoch nicht so deutlich ausgeprägt ist wie in der Arbeit von MICHALET-DOREAU und CHAMPION (1995). Obwohl die „extender“-Typ-Hybride, die im Sortenvergleich der Versuchsreihe V5 eingesetzt wurde, bezüglich der Stärkezusammensetzung der Kornfraktion nach eigener Analytik keine signifikanten Unterschiede zu den Normalvarianten aufweist, zeigt sie im Mittel der effektiven ruminale Abbaubarkeit der Körner-T (k= 0,08) eine um etwa 12 % bessere Stärkeverfügbarkeit im Pansen als der Durchschnitt der Normalvarianten. Bei MICHALET-DOREAU und CHAMPION (1995) zeigen die „extender“-Typ-Sorte sowohl im dent-, als auch im flint-Mais im Vergleich mit Normaltypen die relativ höchste effektive ruminale

Abbaubarkeit – im Vergleich reiner dent-Herkünfte liefert die „extender“-Variante etwa 14 % mehr verfügbare Stärke im Pansen als die Normalvariante.

Im Zusammenhang der Bewertung des Einflusses des Mais-Genotyps auf die ruminale Stärkeabbaubarkeit der Maiskörner muss jedoch darauf verwiesen werden, dass Unterschiede zwischen den Stärketypen (wachsigt-normal-extender) nicht zwangsläufig nur auf die biochemische Zusammensetzung der Stärke zurückzuführen sind, sondern zusätzlich die Möglichkeit einer Stärke-Protein-Interaktion (STREETER *et al.*, 1990) sowie von genotyp-bedingten Veränderungen der Endospermstruktur (SULLINS und ROONEY, 1975) besteht. Im Fall der Sorte Batawax (wachsigt) und N23-C1 (Extender-Typ) darf im Vergleich der Sorten der Versuchsreihe V5 nicht unerwähnt bleiben, dass es bezüglich des Reifestatus und des damit verbundenen T-Gehaltes der Körner deutliche Unterschiede zwischen den Sorten gibt. Die genannten zwei Sorten zeigen im Mittel der Erntezeitpunkte etwa 14 % geringere Körner-T-Gehalte als die Normalvarianten. Diese Tatsache hat mit Sicherheit Einfluss auf die spätere Höhe der effektiven ruminalen Abbaubarkeit der Körner-T.

#### 4.6.3 Zum Einfluss des Erntezeitpunktes der Maiskörner auf die ruminale Abbaubarkeit der Trockensubstanz *in situ*

Neben allen Einflüssen betreffend der Sorte bzw. des Genotyps muss abschließend mit dem Erntezeitpunkt und dem damit verbundenen Reifegrad der Maispflanze ein Faktor diskutiert werden, der in der landwirtschaftlichen Praxis mitunter den größten Effekt auf die Gesamtverdaulichkeit von Maiskörnern bzw. Maisstärke im Allgemeinen und der Stärkeabbaubarkeit im Pansen im Speziellen haben kann.

Der grundsätzliche Zusammenhang zwischen der ruminalen Abbaubarkeit der Körner-T bzw. der Stärkeabbaubarkeit von Maiskörnern und dem mit dem Erntezeitpunkt verbundenen Reifegrad der Pflanze besteht darin, dass mit zunehmender physiologischer Reife die T- und die Stärkeabbaubarkeit im Pansen sinkt. Dieser Effekt wird besonders deutlich, wenn Tiere mit einem hohen Futteraufnahmelevel und einer damit verbundenen relativ hohen Passagerate des Futters durch den Pansen – vorliegend dargestellt durch Passageraten von 8 %/h ( $k = 0,08$ ) – unterstellt werden. Der Einfluss des Erntezeitpunktes auf den Grad der ruminalen Abbaubarkeit ist zudem bei flint-Mais meist klarer gegenüber dent-Mais ausgeprägt. Das Absinken der Stär-

keabbaubarkeit mit zunehmender Kornreife ist eng gekoppelt mit einer Zunahme der Vitreousness des Endosperms mit ansteigendem Reifegrad ( $r = 0,93$ ; PHILIPPEAU und MICHALET-DOREAU, 1997). Nach JOHNSON *et al.* (2002) und CORREA *et al.* (2002) zeigen dabei Maishybriden, die eine hohe Vitreousness aufweisen, im Fall einer verspäteten Ernte im Gegensatz zu Hybriden mit geringerer Vitreousness eine stärkere Abnahme der ruminalen Verdaulichkeit und damit eine stärkere Abhängigkeit vom Reifegrad.

Die Unterschiede in der ruminalen T- bzw. Stärkeabbaubarkeit von Maiskörnern lassen sich also neben dem Anteil an gläsernem Endosperm auch durch Unterschiede im T-Gehalt der Körner erklären. Es ist jedoch auf Grund der starken gemeinsamen Korrelation der Vitreousness und des Körner-T-Gehaltes nicht möglich, den Einfluss des jeweiligen Faktors getrennt zu erfassen (PHILIPPEAU und MICHALET-DOREAU, 1998).

Wenn der T-Gehalt der Maiskörner als ein Maß für die physiologische Reife der Maispflanze angenommen wird, lässt sich für das frische Material der Versuchsreihen V2 und V5 (gefriergetrocknet), wie in den Abbildungen 14 und 15 dargestellt, eine deutliche Beziehung zwischen dem Reifezustand der Sorten und der effektiven Abbaubarkeit innerhalb der jeweiligen Erntejahre herstellen. Aus den vorliegenden Daten errechnet sich ein kontinuierliches Absinken der effektiven Abbaubarkeiten mit zunehmender Reife des Maiskornes mit einer Korrelation von  $r = -0,91$  für die Varianten der Versuchsreihe V2 (Anbaujahr 2002) und  $r = -0,95$  für die Varianten von V5 (2003). Legt man der Beziehung zwischen T-Gehalt und effektiver ruminaler Abbaubarkeit des Maiskornes einen linearen Verlauf zu Grunde, so ergibt sich für das frische Körnermaterial der Sorten der Versuchsreihe V2 und V5 ein Bestimmtheitsmaß von  $B = 0,83$  bzw. von  $B = 0,89$ .

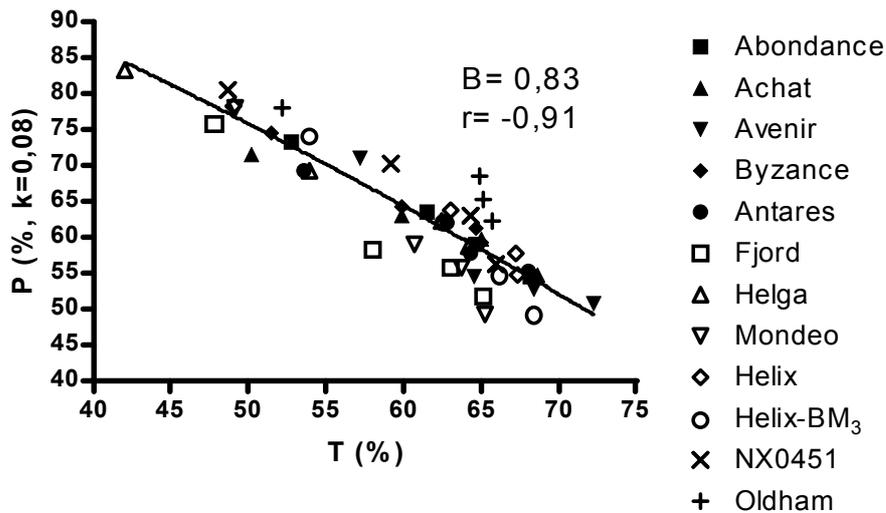


Abb. 14: Beziehung zwischen T-Gehalt zur Ernte und effektiver ruminaler Abbaubarkeit ( $P$ ,  $k = 0,08$ ) der frischen Körner-T der Versuchsreihe V2

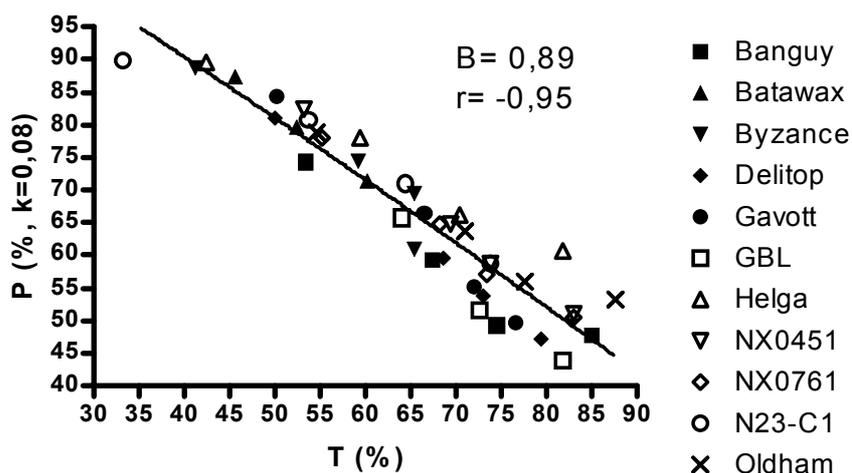


Abb. 15: Beziehung zwischen T-Gehalt zur Ernte und effektiver ruminaler Abbaubarkeit ( $P$ ,  $k = 0,08$ ) der frischen Körner-T der Versuchsreihe V5

Vergleicht man die Werte der effektiven ruminalen Abbaubarkeit der Sorten im jeweiligen Erntejahr mit den entsprechenden T-Gehalten der Körner zur Ernte, so zeichnet sich ein direkter Zusammenhang von relativer Höhe der Abbaubarkeit und Trockensubstanzgehalt zur Ernte ab. So entspricht die Reihung der Sorten der Versuchsreihen V2 und V5 bezüglich ihrer effektiven ruminalen Abbaubarkeit im Mittel der Erntezeitpunkte in beiden Erntejahren sehr genau der Reihung der Sorten in Bezug auf ihre durchschnittlichen Körner-T-Gehalte zur Ernte. Danach weisen Sorten mit einem geringen T-Gehalt zur Ernte entsprechend eine höhere effektive ruminale Abbaubarkeit auf.

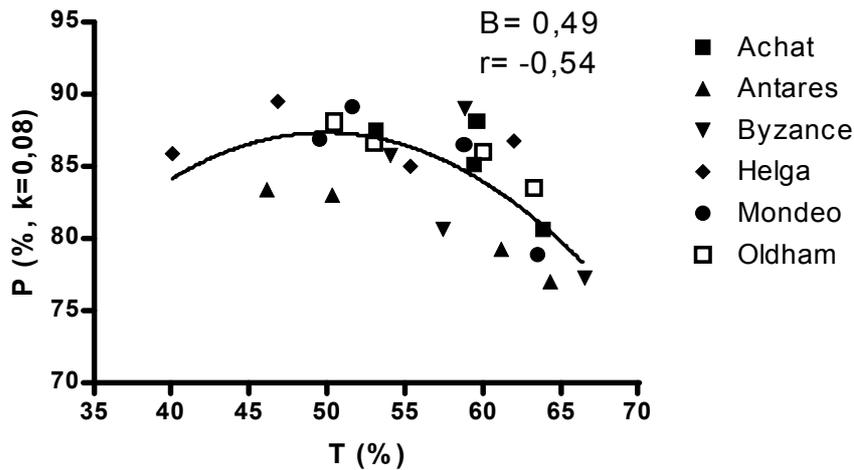


Abb. 16: Beziehung zwischen T-Gehalt zur Ernte und effektiver ruminaler Abbaubarkeit ( $P$ ,  $k=0,08$ ) der silierten Körner-T der Versuchsreihe V1

Weniger deutlich stellt sich der Zusammenhang zwischen dem Reifezustand der Sorten und der effektiven ruminalen Abbaubarkeit im Fall der silierten Varianten der Versuchsreihe V1 dar. Wie der Abbildung 16 zu entnehmen ist, zeigen die silierten Maiskörner mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = -0,54$  und einem Bestimmtheitsmaß von  $B = 0,49$  weitaus geringere Beziehungen zwischen dem T-Gehalt der Körner zur Ernte und der effektiven ruminalen Abbaubarkeit ( $k = 0,08$ ) der Körner-T. Damit bewirkt die Silierung des Körnermaterials der Versuchsreihe V1 zusätzlich zu den unvermeidlichen Effekten der zur Probenaufbereitung notwendigen Gefrier Trocknung des Materials im Vergleich mit dem frischen, gefriergetrockneten Material der Versuchsreihen V2 und V5 eine deutlich geringere Beeinflussbarkeit des ruminalen Abbaus durch die Wahl des Erntezeitpunktes.

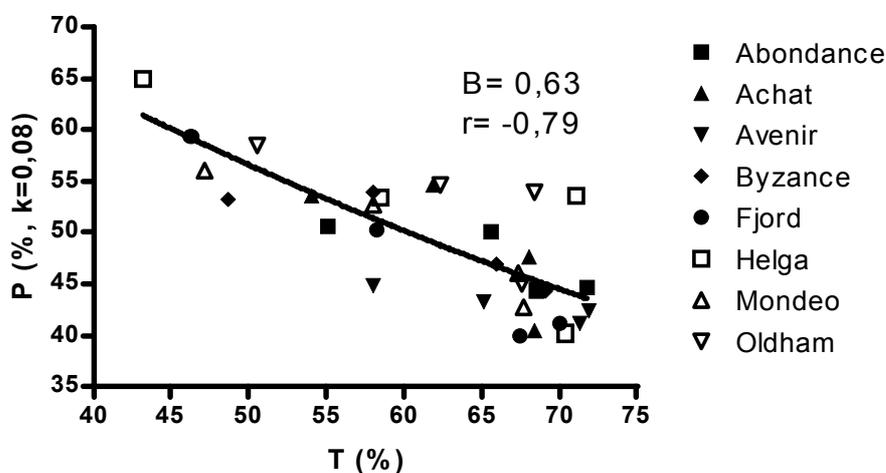


Abb. 17: Beziehung zwischen T-Gehalt zur Ernte und effektiver ruminaler Abbaubarkeit ( $P$ ,  $k=0,08$ ) heißluftgetrockneter Körner (KURTZ, 2002)

Aus der Abbildung 17 ist zu entnehmen, dass auch eine praxisübliche Heißlufttrocknung (KURTZ, 2002) von Maiskörnern – ähnlich wie bei der Silierung – in Richtung einer Minderung des Einflusses des Erntezeitpunktes auf die Abbaubarkeit im Pansen wirkt. Die Beziehung zwischen T-Gehalt der Körner zur Ernte und der effektiven Abbaubarkeit ist mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = -0,79$  und einem Bestimmtheitsmaß von  $B = 0,63$  durch die Heißlufttrocknung im Vergleich mit den frischen Varianten von V2 und V5 deutlich schwächer ausgeprägt.

Tab. 78: Vergleich des Einflusses der Sorte und des Reifegrades auf die mittlere effektive ruminale Abbaubarkeit der T von Maiskörnern bei Passageraten ( $k$ ) von 2 %/h und 8 %/h in Abhängigkeit der Konservierungsmethode

Versuch	Kons.	$k$ (%/h)	Sorte <sup>1</sup>			Erntezeitpunkt <sup>2</sup>		
			MIN	MAX	[DIFF] <sup>3</sup>	1	4	[DIFF] <sup>3</sup>
V1	SIL	2	86,2	91,4	[5,2]	91,2	87,0	[4,2]
		8	80,7	86,8	[6,2]	87,0	80,7	[6,3]
V2	frisch	2	79,0	87,1	[8,1]	89,7	78,2	[11,5]
		8	57,3	68,6	[11,3]	75,7	54,8	[20,9]
V5	frisch	2	77,7	91,9	[14,2]	93,2	78,3	[14,9]
		8	53,8	79,5	[25,7]	83,0	54,1	[28,9]
KURTZ (2002)	HLG	2	71,0	78,3	[7,3]	79,6	71,8	[7,8]
		8	42,9	53,1	[10,2]	55,1	44,3	[10,8]

<sup>1</sup>im Mittel der Erntezeitpunkte; <sup>2</sup>im Sortenmittel; <sup>3</sup>Differenz zwischen MAX und MIN bzw. 1 und 4

Wie aus der Tabelle 78 hervorgeht, liegt der Unterschied der effektiven ruminale Abbaubarkeit im Sortenmittel der Sorten der Versuchsreihe V2 zwischen dem ersten und dem vierten Erntezeitpunkt bei einer Passagerate von 8 % pro Stunde bei ca. 21 % und ist damit etwa doppelt so groß wie der Sorteneinfluss (11 %). Bei den Ergebnissen der V5 mit Sorten aus dem Anbaujahr 2003 kann dieser Zusammenhang nicht festgestellt werden – die Sorten- und die Erntezeitpunkteffekte sind hier in etwa gleich groß. Ein möglicher Erklärungsansatz kann

in den klimatischen Bedingungen des „Jahrhundertsommers“ 2003 (große Hitze, Trockenheit) und dem extremeren Sortenpool der Versuchsreihe V5 liegen, wodurch der Sorteneffekt eventuell verstärkt wird.

Bei den silierten (SIL) Varianten der Versuchsreihe V1 kann kein Unterschied zwischen dem Effekt der Sortenwahl und dem Einfluss des Erntezeitpunkts festgestellt werden. Eine mögliche Erklärung liegt in der intensiveren Aufbereitung des Materials als Folge der Silierung und der anschließenden Gefriertrocknung. Dadurch bedingt zeigt das silierte Material einen deutlich größeren Anteil kleiner Partikel im Mahlgut, was auf eine stärkere Zerkleinerung des Materials bei der Vermahlung hinweist. Dadurch kommt es offensichtlich zu einer Verringerung des Effekts der Strukturänderung (steigende Vitreousness) im Maiskorn, die normalerweise mit zunehmender Reife eintritt.

Auch bei den heißluftgetrockneten Varianten (HLG) von KURTZ (2002) ist kein Unterschied zwischen dem Sorteneffekt und dem Einfluss des Erntezeitpunktes bezüglich der effektiven ruminale Abbaubarkeit feststellbar. Damit lässt sich vermuten, dass die physikalische Schutzwirkung der durch die Hitzeeinwirkung veränderten Proteinmatrix auf die Stärkegranula offensichtlich so stark ist, dass sortenspezifische Unterschiede in der Endospermstruktur überdeckt werden. Die durch die intensive Trocknung auftretende strukturelle Veränderung scheint der des ausgereiften Maiskornes zu ähneln, wodurch sich in der ruminale Abbaubarkeit zwischen physiologisch jungem und physiologisch älterem Körnermaterial nach der Trocknung kein bedeutender Unterschied mehr feststellen lässt.

Aus dem Vergleich der in Tabelle 78 dargestellten Versuchsreihen lässt sich folgern, dass eine Konservierung durch Silierung ebenso wie eine praxisübliche Heißlufttrocknung neben dem Effekt von Sorte bzw. Genotyp – wie in Kapitel 4.6.2.1 dargestellt – auch den Einfluss des Reifegrades auf die ruminale Abbaubarkeit der Stärke aus Maiskörnern deutlich reduzieren kann.

Die Unterschiede in der Abbaukinetik der Körner-T in Bezug auf den Erntezeitpunkt drücken sich vor allem in den Parametern der potenziellen ruminalen Abbaubarkeit aus.

Tab. 79: Vergleich des Einflusses des Erntezeitpunktes (EZP) auf die Parameter der potentiellen ruminalen Abbaubarkeit der T von Maiskörnern in Abhängigkeit der Konservierungsmethode

Versuch	Kons.	a (%)			b (%)			c (%h <sup>-1</sup> )		
		EZP1	EZP4	[DIFF]*	EZP1	EZP4	[DIFF]*	EZP1	EZP4	[DIFF]*
V1	SIL	82,6	76,0	[-6,6]	16,8	22,9	[6,1]	10,7	6,0	[-4,7]
V2	frisch	51,0	28,9	[-22,1]	48,3	71,1	[22,8]	8,9	4,7	[-4,2]
V5	frisch	59,1	25,8	[-33,3]	39,8	74,2	[34,4]	13,0	5,5	[-7,5]
KURTZ (2002)	HLG	24,6	17,4	[-7,2]	75,4	82,6	[7,2]	5,6	3,9	[-1,7]

DIFF= Differenz zwischen EZP4 und EZP1

Wie in Tabelle 79 dargestellt, kommt es mit zunehmender Reife des Körnermaterials zu einer deutlichen Verschiebung in den Anteilen an schnell abbaubarer oder lösliche Fraktion *a* und der nicht löslichen, aber (potenziell) abbaubaren Fraktion *b*. Entsprechend den Arbeiten von ETTLE (2000) und HRIC *et al.* (2000) steigt mit zunehmender Ausreife der Anteil der *b*-Fraktion bei allen Varianten an, während entsprechend der Anteil der *a*-Fraktion im Korn abnimmt. Die größte Reduktion der *a*-Fraktion zeigen die Varianten der Versuchsreihe V5, die im Mittel zwischen dem ersten und dem vierten Erntezeitpunkt eine Abnahme von etwa 33 % bei den leichtlöslichen bzw. schnell abbaubaren Kornbestandteilen aufweisen. Auch bei den Varianten der Versuchsreihe V2 kommt es mit einer Verringerung der *a*-Fraktion von im Mittel ca. 22 % zu einer deutlichen Verminderung der leicht löslichen bzw. schnell abbaubaren Bestandteile im Reifeverlauf des Körnermaterials. Die geringste Verlagerung von der *a*- zu der *b*-Fraktion im Verlauf der physiologische Reife zeigt die heißluftgetrockneten Varianten von KURTZ (2002) und die silierten Varianten der Versuchsreihe V1. Hier tritt eine Verringerung der *a*-Fraktion zwischen dem ersten und dem vierten Erntezeitpunkt von im Mittel etwa 7 % und 6 % auf. Der hier deutlich geringere Effekt des Erntezeitpunktes auf die errechneten Parameter der

potenziellen ruminale Abbaubarkeit lässt sich für die Varianten der Versuchsreihe V1 wiederum grundsätzlich auf die intensive Aufbereitung des silierten Materials zurückführen. Neben der teilweisen Auflösung der Proteinmatrix im Endosperm von Maiskörnern durch die Silierung (PHILIPPEAU und MICHALET-DOREAU, 1998) und dem Aufbrechen der Endospermstruktur durch das Einfrieren bei der nachfolgenden Gefriertrocknung führt hauptsächlich die Vermahlung des so "vorbehandelten" Materials dazu, dass im Gegensatz zu unsiliertem (frischem) Material die Feinheit der Partikel im Mahlgut stark zunimmt. Dadurch ist zusätzlich der mit der Reife einhergehende Effekt der zunehmenden Vitreousness des Maisendosperms auf die ruminale Abbaubarkeit durch die intensivere mechanische Zerkleinerung deutlich gemindert. Eine mögliche Erklärung dafür liefert WATSON (1987), der feststellt, dass das flint-Typ-Endosperm eine sehr hohe Dichte aufweist, während im dent-Typ-Endosperm eine Vielzahl von winzigen Haarrissen und/oder Hohlräumen vorliegt. Nach der Vermahlung der Körner zeigen sich folglich bei der Dichtemessung (Pycnometer) keine Unterschiede zwischen dent- und flint-Typen, da nun keine Hohlräume und Risse mehr im Material existieren. Belegt wird diese Vermutung durch PHILIPPEAU und MICHALET-DOREAU (1998), die feststellen, dass die Stärkeabbaubarkeit von unsilierten und silierten Maiskörnern im Pansen bei gleicher Partikelgrößenverteilung des Materials sehr ähnlich ist.

Die Verfestigung der Kornstruktur, wie sie bei einer praxisüblichen Konservierung von Maiskörnern durch Heißlufttrocknung auftritt, wirkt dagegen nicht – wie bei der Silierung – durch einen intensiveren physikalisch/mechanischen Aufschluss des Körnermaterials, sondern entgegengesetzt, als Folge eines verringerten physikalisch/mechanischen Aufschlusses. Dadurch kommt es zu einer Reduzierung des Effekts der zunehmenden Vitreousness mit zunehmender Kornreife.

Bemerkenswert ist im Zusammenhang der Parameter der potenziellen ruminale Abbaubarkeit das Verhalten der silierten Varianten (V1) in Bezug auf die rechnerisch ermittelten Verzögerungszeiten (lag-time,  $t_0$ ).

Tab. 80: Vergleich des Einflusses des Erntezeitpunktes (EZP) auf die Verzögerungszeit (lag-time,  $t_0$ ) des ruminalen Abbaus der T von Maiskörnern in Abhängigkeit der Konservierungsmethode

Versuch	Kons.	$t_0$ (h)		Ø
		EZP1	EZP4	
V1	SIL	3,9	5,2	4,7
V2	frisch	0,1	0,1	0,0
V5	frisch	0,0	0,4	0,2

Wie in Tabelle 80 dargestellt, liegen bei den frischen Varianten weder zum ersten noch zum letzten Erntezeitpunkt nennenswerte Verzögerungszeiten vor, während in der Versuchsreihe V1 zum ersten Erntezeitpunkt mittlere lag-Zeiten von 3,9 h und 5,2 h zum letzten Erntezeitpunkt ermittelt werden. Eine mögliche Erklärung der ausgeprägten lag-Zeiten der silierten Maiskörner könnte die spezielle Materialbeschaffenheit des silierten Mahlgutes sein, die eventuell zu Verklumpungen des Materials in den Nylonbeuteln nach der Inkubation in den Pansen führen kann.

STERN *et al.* (1983) stellen speziell für Maiskleberfutter fest, dass dieses auf Grund der viskosen Beschaffenheit und Klebrigkeit des Materials die Tendenz zeigt, im Nylonbeutel nach Inkubation in den Pansen zu verklumpen. Dadurch kommt es zu einer deutlichen Reduktion der Oberfläche des Materials *in situ* und sehr wahrscheinlich auch zu einer Verminderung der Auswaschverluste aus den Beuteln. Dies führt in diesem Fall dazu, dass es auf Grund der besonderen physikalischen Eigenschaften dieses Futtermittels zu einer Unterschätzung der ruminalen Abbaubarkeit *in situ* im Vergleich mit *in vivo* Daten kommt. Da unklar ist, wie viele Futtermittel sich *in situ* ähnlich verhalten, folgern STERN *et al.* (1983), dass diese Problematik eine potenzielle Fehlerquelle für *in situ*-Verfahren darstellen kann. Unterschiede in den physikalischen Eigenschaften verschiedener Futtermittel würden nach STERN *et al.* (1983) damit die Eignung der *in situ*-Methodik für die Messung relativer Unterschiede in der ruminalen Abbaubarkeit innerhalb einer Vielzahl verschiedener Futtermittel in Frage stellen.

#### 4.7 Darstellung des Einflusses der genotypischen Variation von Maisrestpflanzen auf den ruminalen Abbau bei Wiederkäuern

Im Gegensatz zum energiereichen und hochverdaulichen Maiskolben weist die Restpflanze eine relativ niedrige Energiekonzentration auf. Im Laufe der Vegetation steigt der T-Gehalt der Maispflanze, und der Anteil des Kolbens an der Ganzpflanze nimmt zu. Gleichzeitig gehen Verdaulichkeit und Energiekonzentration in der Restpflanze zurück, da der Gehalt an pflanzlichen Gerüstsubstanzen stark ansteigt und der Anteil leicht löslicher Kohlenhydrate absinkt (GROSS und PESCHKE, 1980b; GRUBER *et al.*, 1983; DEINUM *et al.*, 1984; RUSSEL, 1986; IRLBECK *et al.*, 1993). Es bestand lange Zeit die Annahme, dass ertragreiche Körnermaishybriden auch für eine hohe Trockenmassenernte sorgen würden. GALLEIS *et al.* (1976) und FAIREY (1980) stellen jedoch fest, dass die besten Sorten für die Körnerproduktion nicht die besten Sorten für die Silomaisерzeugung sind. Eine Vielzahl von Arbeiten zeigt, dass die Verdaulichkeit von Maissorten für die Futterproduktion sowohl durch den Korngehalt als auch durch die Verdaulichkeit der Restpflanze bestimmt ist (HUNT *et al.*, 1992; BARRIERE *et al.*, 1992; WOLF *et al.*, 1993a; ARGILLIER *et al.*, 1995b; BARRIERE *et al.*, 1994). Schon in den siebziger Jahren des vorherigen Jahrhunderts wurden erste Ergebnisse veröffentlicht, denen zur Folge es auch zwischen Silomaishybriden bei gleicher Reife signifikante Unterschiede in der Verdaulichkeit gab, die nicht durch den Kolbenanteil erklärt werden konnten (BUNTING, 1975; HUNTER, 1978). Auch BARRIERE *et al.* (1992) können weniger als 40 % der genetischen Variation in der *in vivo*-Verdaulichkeit der organischen Masse durch den Kornanteil erklären. Aufgrund dieser Ergebnisse wurde verstärkt der Einfluss der Verdaulichkeit der Restpflanze bzw. der Zellwand auf den Futterwert der Maispflanze untersucht. Eine bedeutende genotypische Variation in der Verdaulichkeit fiel zuerst in Untersuchungen auf, in denen auch „brown-midrib“ (bm) Mutanten geprüft wurden (BARRIERE und ARGILLIER, 1993). Diese zeichnen sich durch eine veränderte Ligninzusammensetzung gegenüber nicht mutierten Genotypen aus und besitzen generell eine hohe Verdaulichkeit der Restpflanze. In den folgenden Jahren wurden auch deutliche Unterschiede zwischen „normalen“ Hybriden in der *in vivo*-, *in situ*- und *in vitro*-Verdaulichkeit der Trockenmasse oder der organischen Masse von Ganzpflanzen festgestellt (DEINUM, 1988; HUNT *et al.*, 1992; FLACHOWSKY *et al.* 1993, WOLF *et al.* 1993b, BARRIERE *et al.* 1998a). BARRIERE *et al.* (1992, 1994) weisen jedoch dar-

auf hin, dass die genetische Variation in der Verdaulichkeit der Maispflanze auch ohne  $bm_3$ -Mutanten groß genug ist, um dieses Merkmal züchterisch zu verbessern. Durch das Merkmal Ganzpflanzenverdaulichkeit lässt sich jedoch nicht die Variation in der Leistung erklären, die wiederholt in Fütterungsversuchen bei Wiederkäuern auftritt (BARRIERE und EMILE, 1990). Die Bedeutung der Restpflanzen- bzw. Zellwandverdaulichkeit für die Ganzpflanzenqualität wird daher unterschiedlich beurteilt. DEINUM *et al.* (1984), DEMARQUILLY (1994), ARGILLIER und BARRIERE (1996b) sowie BARRIERE und EMILE (2000) sind der Ansicht, dass der Futterwert vor allem von der Zellwandverdaulichkeit der vegetativen Pflanzenteile abhängt. Dagegen kommt SCHWARZ *et al.* (1996) zu dem Ergebnis, dass unter den Bedingungen der praktischen Fütterung der Stärkegehalt den größten Einfluss auf die Gesamtverdaulichkeit der Maissilage ausübt.

#### 4.7.1 Mechanismen der mikrobiellen Zellwandverdauung bei Wiederkäuern

Eine wiederkäuergerechte Ernährung der Hochleistungskuh erfordert die Berücksichtigung der Ansprüche sowohl des Wirtstieres, das heißt der Milchkuh, als auch der Mikroorganismen in den Vormägen. Wiederkäuer beziehen auch in intensiven Produktionssystem einen großen Teil der für Erhaltung und Leistung benötigten Energie aus mikrobiellem Abbau und Fermentation der Kohlenhydrate pflanzlicher Zellwände im Verdauungstrakt (SUEDEKUM und HASSELMANN, 1989). Da Zellwandkohlenhydrate im Dünndarm nicht verdaut werden können, ist anders als bei Stärke in jedem Fall anzustreben, dass sie so weit wie möglich in den Vormägen fermentiert werden. Der Pansen ist Hauptfermentationsort der Zellwandkohlenhydrate in Wiederkäuern. Wie unter anderem in den Arbeiten von CHESSON und ORSKOV (1984), ORPIN (1984) sowie STEWART (1986) herausgestellt wird, sind an der Hydrolyse und Fermentation der Zellwandkohlenhydrate Bakterien, Protozoen und Pilze beteiligt.

Die Zellwandverdaulichkeit bestimmt den Zugang zu den Zellinhaltsstoffen, der nur nach dem Aufschluss bzw. dem teilweisen Abbau der Zellwand erfolgen kann. Der größte Teil der vorwiegend in der pflanzlichen Zellwand anzutreffenden Kohlenhydrate wie Cellulose ist nur durch die ruminalen Mikroorganismen abbaubar. Die Verdauung der aufgenommenen Nahrung in den Vormägen der Wiederkäuer steht somit in enger Beziehung zur mikrobiellen Besiedlung der Vormägen. Die Mikroorga-

nismen leben in einem symbiotischen Verhältnis zum Wirtstier und stellen dem Wiederkäuer durch Fermentations- und Syntheseleistung hochwertige Nährstoffe auch aus Futtermitteln zur Verfügung, die durch die körpereigenen Enzyme des Wirtstieres nicht verdaut werden können. Die wichtigste Fermentationsleistung der Mikroorganismen ist der Abbau von pflanzlichen Zellwandbestandteilen, wobei flüchtige Fettsäuren entstehen, die der Wiederkäuer nutzen kann. Als weitere wichtige Syntheseleistung ist die Bildung von mikrobiellem Protein (essentielle und nichtessentielle Aminosäuren) und von wasserlöslichen Vitaminen zu sehen.

Die Mikroben können dabei in zwei Gruppen eingeteilt werden: die eine Gruppe ist vorwiegend in der Lage Strukturkohlenhydrate abzubauen, die andere hauptsächlich die Nicht-Strukturkohlenhydrate. Die cellulose- und hemicelluloseabbauenden Bakterien wachsen langsam und verwerten für die mikrobielle Proteinsynthese Ammoniak als N-Quelle. Dabei ist die Wachstumsrate dieser Mikroorganismen so lange proportional zur Verdauungsrate der Kohlenhydrate, so lange der benötigte Stickstoff in ausreichender Menge zur Verfügung steht (RUSSEL *et al.*, 1992). Die cellulolytischen Bakterien werden direkt an den Pflanzenfasern mittels Cellulasen wirksam. Nach Ergebnissen von den MINATO *et al.* (1966) sind 50 % der Pansenbakterien, nach FORSBERG und LAM (1977) sogar 75 % der gesamten Mikrobenpopulation des Pansens mit der Partikelfraktion des Panseninhalts assoziiert. Dies trifft offensichtlich in besonderem Maße für die cellulolytischen Bakterien zu, da freie Cellulase im Pansensaft nur in geringer Menge vorhanden ist (FESTENSTEIN, 1958,1959). Hemicellulasen sind in der Lage, eine Reihe unterschiedlicher Bindungen zu spalten und werden von verschiedenen Bakterien, aber auch einigen Protozoen synthetisiert (VAN SOEST, 1994).

Von den am Gewebeabbau beteiligten Mikroorganismen - Bakterien, Pilze und Protozoen - haben nach AKIN *et al.* (1989) Bakterien, die sich auf leicht verdauliche Gewebe konzentrieren, den größten Anteil. Pilze verursachen zwar nur einen geringen Trockenmasseverlust, spielen aber durch die Schwächung lignifizierter Gewebe eine große Rolle als "Wegbereiter" für den bakteriellen Angriff. Die Rolle der Protozoen für den Faserabbau ist nach SUEDEKUM *et al.* (1995) eher unbedeutend.

Pflanzenzellwände können durch Bakterien nur bei direktem Kontakt abgebaut werden. Auch leicht verdauliches Material kann durch Bakterien nur abgebaut werden, wenn sie direkten Zugang zum Material haben (ENGELS, 1987). Das Eindringen bakterieller Enzyme beschränkt sich auf die oberen 10 bis 50 nm der Zellwand

(CHESSON, 1988). Die Anheftung von Bakterien ist dabei ein selektiver Prozess, der bevorzugt und hauptsächlich an Zellwänden mit niedrigerem Phenolgehalt vorkommt (AKIN, 1980). Anscheinend werden die Bakterien durch einen noch nicht bekannten Mechanismus von der Besiedlung stark lignifizierter Gewebe abgehalten (AKIN, 1988). Bakterien heften sich hauptsächlich an Schnittstellen und Wunden; intakte Zellwandoberflächen sind meist frei von Bakterien (ENGELS, 1987). Entsprechend wichtig für den Abbauvorgang ist deshalb das „Aufbrechen“ der Gewebe, das während der Futteraufnahme oder beim Wiederkauen erfolgt (POND *et al.*, 1984). Zudem nutzen Bakterien die Gewebeschwächung, die von Pilzen verursacht wird. Bis auf die am stärksten lignifizierten Gewebe können alle Gewebe ausreichend gut von Bakterien abgebaut werden (AKIN und BRENNER, 1988).

Anaerobe Pilze im Pansen besiedeln bevorzugt dickwandige, hochlignifizierte und widerstandsfähige Zellwände und spielen eine große Rolle für den Abbau von Lignocellulose (AKIN und BORNEMAN, 1990). Auch Pilze heften sich hauptsächlich an Schnittstellen und Wunden, weniger an die intakte Zellwandoberfläche (WINDHAM und AKIN, 1984). Pilze fermentieren Cellulose und Hemicellulosen (LOWE *et al.*, 1987) und können das offensichtlich auch, wenn diese Kohlenhydrate in lignifizierten Zellwänden vorkommen, wenn die Cellulose also kristallin vorliegt (AKIN und BORNEMAN, 1990). Es fehlt aber der Nachweis, dass anaerobe Pilze auch Lignin selbst verwerten können (GRENET und BARRY, 1988). Der Verlust von Trockenmasse durch Pilze ist nicht sehr groß, sie dringen jedoch mit ihren Rhizoiden in das Gewebe ein und verursachen dort eine Spaltung und Schwächung (AKIN *et al.*, 1989). Pilze führen zu mehr erodierten Zonen, reduzieren die Zellwanddicke und können physikalische Barrieren besser als Bakterien durchbrechen (AKIN und BORNEMAN, 1990). Insgesamt verursachen Pilze eine für den Abbau wichtige Schwächung des Gewebes, die auch die Effizienz des Wiederkauens steigert (AKIN und BORNEMAN, 1990).

Protozoen sind dagegen unfähig, resistenter Fasern abzubauen (WINDHAM und AKIN, 1984). Sie greifen daher vorzugsweise das Gewebe des Mesophylls an und sparen die Parenchymbündelscheiden weitgehend aus. Lignifizierte Gewebe werden von Protozoen nicht abgebaut (AMOS und AKIN, 1978).

#### 4.7.2 Morphologische Fraktionen der Zellwand und deren Bedeutung für die Verdaulichkeit von Maisrestpflanzen

Die Verdaulichkeit eines Futters wird – wie zuvor dargestellt – maßgeblich durch die Anteile morphologischer Fraktionen und damit auch durch das Ausmaß der sekundären Zellwandverdickung sowie durch das Muster der Ligninzusammensetzung in den einzelnen Zelltypen beeinflusst (OHLDE *et al.*, 1992).

Innerhalb pflanzlicher Zellwände lassen sich drei Gruppen von Zellwandkohlenhydraten unterscheiden: Pectinstoffe, Cellulose und Hemicellulosen. Neben den Kohlenhydraten enthalten Zellwände zahlreiche Verbindungen, die zum Teil mit den Kohlenhydraten assoziiert sind. Die wichtigsten Vertreter dieser Gruppe sind Lignin, phenolische Monomeren, Acetylgruppen sowie Kieselsäure. Als weitere Bestandteile wurden unter anderem Tannine, Glycoproteine und Cutin in Zellwänden von Futterpflanzen analysiert (SUEDEKUM und HASSELMANN, 1989).

Die am wenigsten abbaubare Fraktion im Futter der Wiederkäuer wird in Deutschland analytisch als Rohfaser zusammengefasst und steht für Zellwandbestandteile, die sich aus chemisch z.T. sehr unterschiedlichen Substanzen, wie Cellulose, Hemicellulose, Pectinen, Lignin sowie Wachs, Suberin und Cutin zusammensetzt (ENGELHARDT und BREVES, 2000). Durch die mit Hilfe der Detergenzien-Analyse erfassbaren Fraktionen NDF und ADF ist eine eindeutigere Zuordnung einzelner Zellwandbestandteile möglich.

Die NDF bezeichnet dabei den in neutraler Detergentienfaser unlöslichen Teil eines Futtermittels und dient als Schätzwert für die Summe der Zellwandbestandteile abzüglich Pectinstoffe. Mit den Hauptbestandteilen Cellulose, Hemicellulose und Lignin repräsentiert die NDF-Fraktion also im wesentlichen die pflanzlichen Zellwände. Aus der Differenz NDF-ADF bzw. aschefreie NDF - aschefreie ADF wird der Gehalt an Hemicellulosen berechnet. Die NDF umfasst nach VAN SOEST und WINE (1967) die Bestandteile von Futtermitteln, die entweder gar nicht oder nur nach mikrobiellen Umsetzungen im Verdauungstrakt von Wiederkäuern und Nichtwiederkäuer genutzt werden können. Die Pectinstoffe sind nach VAN SOEST (1982) wegen ihrer sehr hohen Verdaulichkeit bei Wiederkäuern (ca. 95 % in Gräsern und Leguminosen; GAILLARD, 1962) und fehlender Bindungen zu den anderen Zellwandpolymeren eher den Zellinhaltsstoffen zuzurechnen. Nach FONNESBECK (1976) enthält die

NDF neben den eigentlichen Zellwandbestandteilen je nach Ausgangsmaterial noch 20 bis 50 % des Rohproteins; MOIR (1972) fand in der NDF sogar bis zu 67 % des gesamten Rohproteins ist der Pflanze.

Die ADF ist der in schwefelsaurer (1 N) Cetyltrimethylammoniumbromidlösung unlösliche Teil eines Futtermittels und enthält außer Cellulose und Lignin noch Tannine, Cutin, unverdauliche Proteine sowie Siliziumoxid und andere säureunlösliche Mineralstoffe (VAN SOEST, 1982). Die ADF-Fraktion ist als alleiniges Maß für den Gehalt an Faser wenig geeignet, da die Hemicellulosen nicht enthalten sind. Aus der Differenz ADF-ADL wird der Gehalt an Cellulose berechnet.

Durch die Hydrolyse der Zellwandbestandteile werden Monomere gebildet, die in der anaeroben Glycolyse und im Pentose-Phosphatzyclycus zu Pyruvat umgesetzt werden. Das Pyruvat wird dann mit hoher Geschwindigkeit weiter in kurzkettige Fettsäuren (Acetat, Propionat, Butyrat u. a.) umgewandelt. Diese kurzkettigen Fettsäuren stellen die Hauptenergiequelle für den Wiederkäuer dar und liefern ca. 60 % ihres Energiebedarfs. Zusätzlich entstehen bei den ruminalen Fermentationsprozessen Pansengase, die zu ca. 50 % - 60 % aus CO<sub>2</sub> bzw. 30 % - 40 % aus Methan (CH<sub>4</sub>) bestehen (ENGELHARDT und BREVES, 2000). Das Methan stellt dabei einen erheblichen Energieverlust (2 - 15% der Bruttoenergie) dar (JOHNSON *et al.*, 1993). Die einzelnen flüchtigen Fettsäuren werden je nach Art der aufgenommenen Kohlenhydrate und der physikalischen Struktur des Futters zu unterschiedlichen Anteilen gebildet. Dabei überwiegt meist der Anteil des Acetats, gefolgt von Propionat und Butyrat. JENTSCH und WITTENBURG (1993) beschreiben einen Anstieg des Acetatanteils bei steigendem Rohfasergehalt in der Ration und eine Verminderung der Acetatanteile zugunsten einer Erhöhung des Propionatanteils bei einem steigenden Anteil an leicht fermentierbaren Kohlenhydraten. Neben den drei erwähnten unverzweigten Fettsäuren werden auch Valeriat und die verzweigten Fettsäuren Isobutyrat und Isovaleriat in geringen Mengen gebildet. Die Konzentration an flüchtigen Fettsäuren im Pansen ist neben der produzierten Menge auch vom Volumen an Pansenflüssigkeit, der Resorption über die Vormagenwand und der Passagerate der Digesta abhängig.

Der Umfang, in dem Zellwandbestandteile mikrobiell umgesetzt werden, hängt wie beschrieben u.a. von der Unversehrtheit der pflanzlichen Epidermis, der Feinstruktur

der Polysaccharide und dem Lignifizierungsgrad des Pflanzenmaterials ab. Stark lignifizierte Zellwände behindern die Diffusion der cellulolytischen Enzyme in die Zelle. Daher nimmt der mikrobielle Abbau mit steigendem Ligningehalt ab (ENGELHARDT und BREVES, 2000). Auch KOLB (1989) erörtert, dass der Gehalt an inkrustierenden Substanzen (Lignin u.a.), leicht verdaulichen Kohlenhydraten und Rohprotein in den Futterrationen von Bedeutung für den Umfang des Abbaus der Cellulose im Pansen sind. Zellwände, die im Pansen nicht abgebaut werden, reduzieren damit den Zugang zum Zellinhalt, senken die Futteraufnahme und können lediglich im Dickdarm im begrenzten Umfang noch verdaut werden. Die pflanzlichen Gerüstsubstanzen beeinflussen somit in entscheidendem Ausmaß den Futterwert. Es ist bekannt, dass ein zunehmender Lignifizierungsgrad der Pflanzen einen negativen Einfluss auf die Verdaulichkeit der Trockensubstanz, vor allem der Zellwandkohlenhydrate Cellulose und Hemicellulose (SUEDEKUM *et al.*, 1995), hat.

Lignin kommt als integrale Zellwandkomponente in höher entwickelten Pflanzen vor und zählt dort als Nicht-Kohlenhydrat neben den Zellwandkohlenhydraten (Cellulose, Hemicellulosen und Pectinstoffe) zu den Gerüstsubstanzen. Nach OESTMANN *et al.* (1995) wird in der Literatur häufig unterschieden zwischen dem Kern-Lignin, einer hochpolymeren und kondensierten Phenylpropanoid-Matrix mit hohem Molekulargewicht, und dem Nicht-Kernlignin, das von phenolischen Monomeren, vor allem *p*-Cumarsäure und Ferulasäure, gebildet wird. Diese sorgen für eine Quervernetzung von Lignin und Zellwandkohlenhydraten, vor allem der Hemicellulosen. Die Heterogenität des Kern-Lignins wird verursacht durch Variationen der monomeren Komposition, der intrapolymeren Bindungen und der Interaktionen mit anderen Zellwandbestandteilen. Die Ligningehalte und die monomere Zusammensetzung des Lignins weisen große Unterschiede zwischen verschiedenen Futterpflanzenarten auf. OESTMANN *et al.* (1995) weisen darauf hin, dass sich Veränderungen innerhalb einer Pflanzenart in Bezug auf die Ligningehalte und die monomere Zusammensetzung unter dem Einfluss von Reifeprozessen und Temperaturänderungen ergeben. Innerhalb der gleichen Pflanze gibt es dabei große Unterschiede in den Ligningehalten zwischen verschiedenen Pflanzenfraktionen, z.B. Halme und Blätter.

Lignin wird in Futtermitteln analytisch überwiegend durch Wägung als Restgröße nach unterschiedlichen Extraktions- und Hydrolyseschritten erfasst (SUEDEKUM und HASSELMANN, 1989). Neben der Bestimmung des „Klason-Lignins“ (Rohlignin; Lig-

nin als unlöslicher Rückstand nach Behandlung des Probenmaterials mit 72-prozentiger  $H_2SO_4$ ; SARKANEN und LUDWIG, 1971) werden in der ADF die beiden folgenden Gruppen erfasst: 1. Saures Detergenzienlignin (ADL; organischer Rest nach Behandlung der ADF mit 72-prozentiger  $H_2SO_4$ , enthält außer Lignin auch Cutin; GOERING und VAN SOEST, 1970); 2. Permanganatlignin (Differenz zwischen ADF und dem Rückstand nach Oxidation der ADF mit  $KMnO_4$ ; GOERING und VAN SOEST, 1970).

Während Lignin unter den anaeroben Bedingungen des Pansens kaum abbaubar ist, kann es unter aeroben Bedingungen von vielen Bakterien und Pilzen abgebaut werden. Traditionell wurde Lignin als inertes, unverdauliches Material eingeordnet (VAN SOEST, 1982), da die meisten höherentwickelten Spezies selbst keine Ligninasen produzieren und anaerob ligninabbauende Mikroorganismen lange Zeit vergeblich gesucht wurden. Beim „Verschwinden“ von Lignin aus dem Verdauungstrakt handelt es sich vor allem um eine Freisetzung löslicher Lignin-Kohlenhydrat-Komplexe im Pansen, bei der Mikroorganismen enzymatisch Cellulose- und Hemicellulosenketten von der Zellwand abspalten (GAILLARD und RICHARDS, 1975). Mit Versuchen an chemisch delignifizierten Futtermitteln konnten FORD (1978) und MORRISON (1983) nachweisen, dass Bindungen zwischen Lignin und Hemicellulosen bestehen. Nach SUEDEKUM *et al.* (1995) kann daher davon ausgegangen werden, dass eine Zunahme im Ligningehalt die Verdaulichkeit von Hemicellulosen stärker hemmt als die von Cellulose.

Da die Hemicellulosefermentation anders als der Celluloseabbau in den Versuchen von JUNG (1985) von keiner phenolischen Komponente signifikant beeinflusst wird, kann man nach SUEDEKUM *et al.* (1995) davon ausgehen, dass ein durch aromatische Zellwandkomponenten bedingter reduzierter mikrobieller Abbau bei den Hemicellulosen hauptsächlich durch die direkte Verbindung mit Lignin und den Zimtsäuren verursacht wird (GARLEB *et al.*, 1991). Wahrscheinlich sind hemicellulose-nabbauende Bakterien phenolischen Komponenten gegenüber toleranter als cellulolytische Spezies, weil sie auch unter normalen Bedingungen höheren Konzentrationen an Phenolsäuren ausgesetzt sind (VAREL und JUNG, 1986).

Pflanzen produzieren und enthalten eine Vielzahl aromatischer Verbindungen (Benzolderivate), deren funktionelle Bedeutung recht vielschichtig ist. Sie reichen z.B. von essentiellen Bausteinen (aromatische Aminosäuren) bis hin zu Schutzstoffen gegen

Schädlinge und Krankheitserreger. Für letztere Funktion kommen bei Futterpflanzen nach OESTMANN *et al.* (1995) dem Lignin und den mit dem Lignin assoziierten Phenolsäuren eine besondere Bedeutung zu. Diese liegt zum einen in der Funktion des Lignins als pflanzliche Gerüstsubstanz, die über die Bindung zu den Zellwandkohlenhydraten deren Verdaulichkeit und damit den energetischen Futterwert des gesamten Futtermittels für Wiederkäuer und Nicht-Wiederkäuer mindert. Zum anderen kann zumindest ein Teil der Phenolsäuren durch Verdauungsprozesse freigesetzt werden und besitzt damit sowohl für die Mikroorganismen im Verdauungstrakt als auch - nach erfolgter Aufnahme durch die Darmwand ins Blut - für den Stoffwechsel des Wirtstieres eine belastende und in größeren Mengen potenziell toxische Wirkung (SINGLETON und KRATZER, 1969).

#### 4.7.3 Beeinflussbare und unbeeinflussbare Faktoren, die begrenzend auf den Umfang der ruminalen Zellwandverdaulichkeit wirken

##### 4.7.3.1 Nutzung pflanzlicher Mutationen

Unter dem Aspekt der Verdaulichkeitssteigerung von Futtermitteln gibt es verschiedene Möglichkeiten der Pflanzenbehandlung. Zum einen können ligninärmere Pflanzen gezüchtet werden, zum anderen kann die Verdaulichkeit lignifizierter Futtermittel mit Hilfe physikalischer, chemischer und (mikro)biologischer Behandlungsmethoden verbessert werden (SUEDEKUM *et al.*, 1995).

Nach AKIN (1989a) soll mit Hilfe der Pflanzenzüchtung der Anteil nicht verdaulicher Barrieren, besonders im Halm, verringert und die Abbaubarkeit langsam oder teilweise verdaulicher Gewebe erhöht werden. Bei Maismutanten konnten dementsprechend dünnere Sklerenchymzellwände als in normalen Maispflanzen festgestellt werden (GRENET, 1989). Bei den sogenannten „brown midrib“-Mutanten wird ein zusätzliches 5-Hydroxyguajakyl-Monomer in das Lignin eingefügt. Durch die Mutation wird die Aktivität der Katechin-O-Methyltransferase reduziert, die für die Methylierung von 5-Hydroxy-Ferulasäure sorgt (MONTIES und CALET, 1992). Dadurch wird die Ligninzusammensetzung verändert, der Anteil an Guajakyleinheiten nimmt stark zu, während der Anteil an Syringyleinheiten erheblich abnimmt (GAUDILLERE und MONTIES, 1989). Dies bewirkt eine erhöhte Abbaubarkeit des Lignins (WEDIG *et al.*, 1988). Von den vier brown-midrib Genen ( $bm_1$ ,  $bm_2$ ,  $bm_3$ ,  $bm_4$ ), die für die Mais-

pflanze beschrieben sind, ist nach LECHTENBERG *et al.* (1972) das  $bm_3$ -Gen bei der Verbesserung der Verdaulichkeit der Maisrestpflanze das Geeignetste.

Untersuchungsreihen unter Einbeziehung von  $bm$ -Hybriden zeigen, dass die brown-midrib Mutanten trotz der geringeren Ertragsleistungen (BARRIERE *et al.*, 1994) Vorteile in Bezug auf reduzierte Ligningehalte, eine höhere Gesamtverdaulichkeit, höhere Futteraufnahmen und eine bessere Produktivität pro Tier aufweisen (AKIN und CHESSON, 1990; CHERNEY *et al.*, 1993). Wie eine Gegenüberstellung von normalen und brown midrib-Genotypen in einer Vielzahl von Veröffentlichungen zeigt, stimmen dagegen die Ligningehalte in manchen Mutanten mit den Gehalten in den normalen Pflanzen überein. Deutlich reduziert sind in der Regel jedoch die Gehalte an phenolischen Monomeren, besonders an *p*-Cumarsäure. Nach AKIN *et al.* (1986a, b) sind die um 3 bis 5 Prozentpunkte höheren *in vivo*-Verdaulichkeiten der organischen Masse der brown midrib-Mutanten hauptsächlich auf die niedrigeren Gehalte an *p*-Cumarsäure und ethergebundenen Syringyleinheiten zurückzuführen. Auch CHABBERT *et al.* (1994) berichten, dass die „Low-Lignin“  $bm_3$ -Mutanten durch eine deutliche Abnahme zellwandständiger ester-gebundener *p*-Cumarsäure und Lignin-Syringyleinheiten gekennzeichnet sind. GOTO *et al.* (1994) konnten beobachten, dass die höheren Abbaubarkeiten von Zellwand-Polysacchariden in  $bm_3$ -Mais, verglichen mit den „normal“-Genotypen, in signifikanter Beziehung zu den niedrigeren Gehalten an Lignin, ester-gebundenen *p*-Cumarsäuren, äthergebundenen Ferula- und *p*-Cumarsäuren steht. Der Gesamtphenolgehalt erklärt nach MARVIN *et al.* (1995) 67 % der Variationen in der Verdaulichkeit der Stängelzellwand, während das Verhältnis von *p*-Cumarsäure zu Ferulasäure etwa 60 % der Unterschiede zwischen  $bm_3$ -Genotypen und Normal-Hybriden ausmacht (FRITZ *et al.*, 1990). WEDIG *et al.* (1988) stellen zudem fest, dass sich der Ort der Verdauung von Zellwandkomponenten (NDF, ADF) bei der Verfütterung „ligninarmer“ Mutanten von Sorghum- und Sudangras-Hybriden vom Dickdarm stärker auf den Pansen verlagert.

#### 4.7.3.2 Futteraufnahme in Beziehung zu Futterstruktur und Fasereigenschaften

Das Ausmaß der Verdauung von Zellwandkohlenhydraten im Pansen ist das Resultat zweier konkurrierender Mechanismen: Passage und Verdauung (BULL *et al.*, 1979). WALDO *et al.* (1972) entwickelten ein Modell für die Zellwandverdauung im Pansen,

wonach die im Gesamttrakt potenziell verdauliche Cellulosefraktion sowohl durch Verdauung als auch durch Passage aus dem Pansen „verschwindet“, während die unverdauliche Fraktion nur durch Passage entfernt werden kann. Nach MERTENS (1977) lässt sich dabei die potenziell verdauliche Fraktion in eine schnell und langsam fermentierbare Fraktion unterteilen. Die Verdauung der Zellwandbestandteile beginnt jedoch erst mit einer zeitlichen Verzögerung nach der Futteraufnahme. Die zeitliche Verzögerung des Fermentationsbeginns („lag phase“) entspricht *in vivo* nach WECHSLER (1981) der Zeitspanne, die die cellulolytischen Bakterien zum Anheften an die Futterpartikel benötigen.

Nach TAMMINGA und VAN VUUREN (1988) ist die Futteraufnahme abhängig vom Pansenvolumen, der Rate der Reduzierung der Partikelgröße, der Abbaurrate von Partikeln, der Passagerate fester Bestandteile in den unteren Verdauungstrakt und der Entfernung löslicher Fermentationsprodukte aus dem Pansen. Ein Futter verbleibt solange im Pansen, bis die Partikel klein genug sind, diesen zu verlassen, was durch Wiederkauen und Mikrobenabbau erreicht wird (GRENET, 1989). Das heißt, dass schwer abbaubare bzw. besonders stark lignifizierte Futtermittelbestandteile lange im Pansen zurückgehalten werden. Da der Pansen mit schwer verdaulichen Futtermitteln gefüllt ist, wird die weitere Futteraufnahme beschränkt (GRENET, 1989). HOWE *et al.* (1988) zeigen dementsprechend eine verringerte Futteraufnahme mit zunehmender Reife (Lignifizierung) des Futters. Gerade für den Abbau physiologisch reifer, faserreicher Futtermittel ist ein großer Pool an Pansenmikroben notwendig (VAN DER MEER und VAN ES, 1987). Diese Futtermittel selbst liefern aber nach SUEDEKUM *et al.* (1995) oft zu wenig leicht verfügbare Energiequellen, um den Mikrobepool zu erhalten. Dadurch wird der Abbau gehemmt und die Futteraufnahme verringert. Phenolische Monomeren tragen zur schlechten Futterverdaulichkeit bei und hemmen so indirekt auch die Aufnahme (SUEDEKUM *et al.*, 1995).

Zahlreiche Untersuchungen belegen, dass beim Wiederkäuer die Verdaulichkeit von der Höhe der Futteraufnahme beeinflusst wird (VAN SOEST, 1975). Mit steigender Futteraufnahme ist ein Rückgang der Verdaulichkeit zu verzeichnen. Das Erscheinen potenziell verdaulicher Futterbestandteile im Kot weist darauf hin, dass ein bestimmter Teil der aufgenommenen und durch den Wiederkäuer eigentlich nutzbaren Substanz den Abbauvorgängen im Magen-Darm-Trakt entgeht, was als Ergebnis der

Konkurrenz zwischen Abbau und Passage anzusehen ist (SCHNEIDER und FLACHOWSKY, 1991). Dabei verhält sich der Anteil, der sich der Verdauung entzieht, direkt proportional zur Passagerate und zur Verdaulichkeit und umgekehrt proportional zur Abbaurate (VAN SOEST, 1992). Nach SCHNEIDER und FLACHOWSKY (1991) sind folglich die langsam abbaubaren Pflanzenbestandteile (Zellwandkomponenten) am stärksten betroffen, die schnell abgebauten Fraktionen (Zellinhalt) werden nicht bzw. weniger beeinflusst. Je höher die Verdaulichkeit der Zellwandfraktion ist, umso größer ist der mögliche Verdaulichkeitsrückgang. Die Verdaulichkeit der Zellwände ist andererseits vom Grad der Inkrustierung (Lignin) abhängig, so dass der Gehalt an verdaulichen Zellwandbestandteilen (NDF) ein entscheidendes Kriterium für die Höhe der zu erwartenden Verdaulichkeitsminderungen bei einzelnen Futtermitteln ist (SCHNEIDER und FLACHOWSKY, 1991).

COLENBRANDER *et al.* (1975) stellen in ihren Untersuchungen mit Maisganzpflanzensilagen beim Vergleich von bm-Hybriden mit Normalhybriden bei den bm-Hybriden neben signifikant niedrigeren Gehalten an NDF, ADF, Cellulose und Lignin auch signifikant höhere Verdaulichkeiten der NDF- und ADF-Fractionen sowie der Cellulose fest. In einem von diesen Autoren durchgeführten Fütterungsversuch erbringt die bm<sub>3</sub>-Mutante signifikant höhere T-Aufnahmen sowie bessere tägliche Lebendmassezunahmen. Diese Beobachtung machen auch KURTZ *et al.* (2004), die in einer Versuchsreihe bei Bullen, die mit Maissilage einer bm<sub>3</sub>-Variante gefüttert wurden, im Vergleich zur Kontrollgruppe um 16 % erhöhte Futteraufnahmen und um 5,8 % bessere tägliche Zunahmen feststellen können. Bei Verfütterung von Silage aus bm<sub>3</sub>-Mais wird von HUNTER (1979) eine um 29 % höhere T-Aufnahme festgestellt. Die höhere T-Aufnahme im Versuch wurde mit der schnelleren Verdauung aufgrund der geringeren Lignifizierung der Cellulose und Hemicellulose begründet. Höhere Verdaulichkeiten der NDF-Fraktion von bm<sub>3</sub>-Mutanten ermitteln auch TJARDES *et al.* (2000) und TINE *et al.* (2001). Die Arbeiten von OBA und ALLEN (1999, 2000) zeigen ähnliche Ergebnisse. Sie finden für die bm<sub>3</sub>-Mutanten eine signifikant höhere NDF-Verdaulichkeit nach 30-stündiger *in vitro*-Inkubation als im Fall der Normalhybriden. Auch COX und CHERNY (2001) ermitteln bei bm-Hybriden eine deutlich höhere NDF-Verdaulichkeit und stellen bei Versuchen an Milchkühen auch verbesserte Milchleistungen fest.

Durch den Gehalt an NDF bzw. deren Verdaulichkeit allein kann die ernährungsphysiologische Qualität der Faser nicht ausreichend charakterisiert werden. Wesentliches Kriterium hierfür ist nach HOVELL *et al.* (1986), ALLEN und MERTENS (1988) und ROBERTSON (1988) die Rate des ruminalen Faserabbaus, beruhend auf deren Anteil an abbaubarer bzw. nicht abbaubarer Faser.

Zusätzlich zu den Wirkungen der Futterstruktur auf das Pansenmilieu und die mikrobiellen Umsetzungen im Pansen beeinflussen noch weitere, weniger bekannte Fasereigenschaften von Futtermitteln das Pansenmilieu. Bei der Beschreibung ruminaler Abbaueigenschaften gewannen in der Wiederkäuer- und in der Nicht-Wiederkäuer-Ernährung auch physikalischen Eigenschaften der Faserbestandteile, wie z.B. Viskosität, Porosität, Wasserbindevermögen, Dichte u.a. zunehmend an Bedeutung (ROBERTSON *et al.*, 1980; McBURNEY *et al.*, 1981; VAN SOEST und JONES, 1988). Die wichtigste der physikalischen Eigenschaften der Faser ist die Pufferkapazität, deren Größe durch die Kationen-Austausch-Kapazität der Zellwandstrukturen und zum Teil durch die Ammoniakbildung aus Proteinen beeinflusst wird. Die Kationen-Austausch-Kapazität (CEC) wurde durch McBURNEY *et al.* (1981, 1983) und VAN SOEST (1985) eingeführt. Die CEC drückt die Eigenschaft und die Fähigkeit der Zellwände (NDF) zur Bindung von Metallionen aus und wird durch funktionelle Gruppen (Carboxyl-, Amino-, phenolische Hydroxyl-Gruppen) hervorgerufen, die insbesondere in den Pectinen und Hemicellulosen, aber auch im Lignin vorkommen (SCHNEIDER und FLACHOWSKY, 1991). Diese Eigenschaft von Zellwandstrukturen, Metallionen (z.B.  $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$ ) umkehrbar an der Oberfläche zu binden und bei sinkendem pH-Wert im Pansen gegen Protonen ( $H^+$ -Ionen) auszutauschen, kann somit zur Stabilisierung des Milieus in den Vormägen beitragen. McBURNEY *et al.* (1983) konnten eine signifikante (negative) Beziehung zwischen der CEC und dem Verhältnis Hemicellulose+Cellulose zu Lignin nachweisen. Neben der Pufferwirkung im Pansen und im Dünndarm werden Einflüsse auf die Verfügbarkeit verschiedener Elemente (z.B. Zn, Fe, Cu, Mg) sowie die Bedingungen für das Anhaften der Pansenbakterien an die Zellwand diskutiert. Die Anlagerung der Pansenmikroben an die Zellwand - beide sind negativ geladen - soll über divalente Kationen erfolgen (SCHNEIDER und FLACHOWSKY, 1991). Die Verschlechterung der Haftbedingungen bei niedrigem pH-Wert (Austausch gegen  $H^+$ ) stellt nach SCHNEIDER und FLACHOWSKY (1991) eine weitere potenzielle Ursache für die

Verringerung des Celluloseabbaus bei konzentratreicher Fütterung dar. Die potenzielle Bedeutung der CEC als ein Kriterium der Faserqualität wird durch die Beziehungen zu *in vitro*-Fermentierbarkeit verschiedener Faserquellen deutlich. Tendenziell sind die höchsten Fermentationsraten und der geringste unfermentierbare Rückstand bei solchen Ausgangsstoffen zu verzeichnen, die die höchste CEC aufweisen (VAN SOEST, 1985; VAN SOEST und JONES, 1988). WILLIAMS *et al.* (1989) schlagen aufgrund der unterschiedlichen Bindungseigenschaften der Fasern eine Differenzierung der NDF-Gehaltsangaben vor. Hierbei soll nicht nur der Rohfutteranteil der Ration und dessen NDF-Gehalt Berücksichtigung finden, sondern auch das Verhältnis der Strukturkohlenhydrate Cellulose und Hemicellulose zu Lignin. Dadurch soll der unterschiedlichen Kationen-Austausch-Kapazität Rechnung getragen werden.

#### 4.7.3.3 Einflüsse des Reifeprozesses

Mit zunehmendem Pflanzenalter im Verlauf der Reife nehmen das sekundäre Dickenwachstum und die Lignifizierung zu. Der Halmanteil steigt im Verhältnis zum Blattanteil (OESTMANN *et al.*, 1995). Die Verdaulichkeit von Blättern verringert sich jedoch weniger als die der stärker lignifizierten Halme (THEANDER, 1989). JUNG und VOGEL (1986) stellen an acht Gräserarten fest, dass mit zunehmender Reife die Zellwandkonzentrationen in der Trockenmasse ansteigt, dabei aber der Ligningehalt in der Zellwand einen exponentiellen Zuwachs aufweist. Die Cellulosekonzentrationen steigen in diesen Versuchen an, sie zeigten aber keine Beziehung zum Ligningehalt. Der Hemicellulosenanteil in der Zellwand nimmt bei steigendem Ligninanteil erst stark ab, bleibt in der Folge aber ziemlich konstant (BURRITT *et al.*, 1984).

In Gräsern steigt mit zunehmender Reife besonders der *p*-Cumarsäure-Gehalt und das *p*-Cumarsäure:Ferulasäure-Verhältnis an. Der Ferulasäure-Gehalt nimmt zwar auch zu, aber nicht so beständig wie der *p*-Cumarsäure-Gehalt (BURRITT *et al.*, 1984). JUNG und VOGEL (1986) erklären das damit, dass *p*-Cumarsäure eng mit dem steigenden Ligningehalt im Zusammenhang steht, während Ferulasäure hauptsächlich mit Hemicellulosen verbunden ist, deren Synthese mit zunehmender Reife geringer wird. BURRITT *et al.* (1984) schätzen eine Korrelation zwischen steigenden

Gehalten an *p*-Cumarsäure und Lignin mit der Reife von  $r = 0,89$  ( $P < 0,01$ ). IYAMA *et al.* (1990) finden eine Zunahme des Anteils äthergebundener Ferulasäuren und eine Abnahme estergebundener Ferulasäuren mit zunehmender Reife bei Weizeninternodien - ein deutlicher Beleg für Veränderungen in den Bindungstypen während der Reife (IYAMA *et al.*, 1991).

VAN SOEST *et al.* (1978) stellen fest, dass durch höhere Temperaturen während des Pflanzenwachstums die Lignifizierung verstärkt wird. ENGELS (1987) kann das für Maispflanzen bestätigen. Außerdem entdeckt er, dass im Warmen gewachsene Maispflanzen mehr Syringyleinheiten enthalten, während im Kalten gewachsene Pflanzen mehr Koniferyleinheiten aufweisen. Widrige Verhältnisse wie Trockenheit und Hitze begünstigen die Lignineinlagerungen, selbst in den sonst kaum lignifizierten Geweben des Mesophylls und der Parenchymbündelscheiden (AKIN, 1988). Steigender Stress in der Nährstoffversorgung der Pflanzen führt zu steigenden Gehalten an Lignin und kondensierten Tanninen, deren Monomeren über den gleichen Syntheseweg gebildet werden (BARRY und MANLEY, 1986). Auch Trocknungsverfahren können auf den Ligningehalt wirken. Wenn Futtermittel bei Temperaturen von über 50 °C getrocknet werden, nehmen die analytisch ermittelten Lignin- und Fasergehalte zu. Dieser Effekt tritt besonders dann auf, wenn hohe Anfangsfeuchtigkeiten bestehen (VAN SOEST, 1964, 1965).

#### 4.7.4 Einfluss des Genotypen auf Zusammensetzung und ruminale Abbaubarkeit von Maisrestpflanzen

##### 4.7.4.1 Genotypeneinfluss der Hybriden der Versuchsreihe V3 auf die ruminale Abbaubarkeit der Restpflanzen

In den vorliegenden Versuchen mit Maisrestpflanzenmaterial - V3 und V4 - dient die Versuchsreihe V3 dazu, den Einfluss des  $bm_3$ -Genotypen auf die chemische Zusammensetzung des Pflanzenmaterials sowie dessen Abbaukinetik und die effektive Abbaubarkeit im Pansen zu untersuchen. In den folgenden Betrachtungen bezüglich der Versuchsreihe V3 werden die Sorten Antares- $BM_3$  und Helix- $BM_3$  zusammengefasst als  $bm_3$ -Hybriden betrachtet, während die Sorte Byzance- $\frac{1}{2}BM_3$  den Normalhybriden zugeordnet wird. Die vorliegenden Beobachtungen, nach denen sich die

Hybride mit  $\frac{1}{2}bm_3$ -Mutation weder in der Pflanzenzusammensetzung noch vom Abbauverhalten signifikant von der normalen Variante unterscheidet, wurde zwischenzeitlich auch seitens der Pflanzenzüchtung bestätigt. Während in einer Reihe von Versuchen mit Maisganzpflanzen, Restpflanzen bzw. Teilen von Restpflanzen (i.d.R. Stängel) niedrigere Gehalte an NDF, ADF, ADL und Cellulose im Ausgangsmaterial bei den  $bm_3$ -Varianten im Vergleich mit Normal-Varianten gefunden werden (COLENBRANDER *et al.*, 1975; CONE und ENGELS, 1993; TOVAR-GOMEZ *et al.*, 1997), sind in der Versuchsreihe V3 keine grundsätzlich geringeren Gehalte an Zellwandbestandteilen bei  $bm_3$ -Hybriden festzustellen.

In der Tabelle 81 ist die Zellwandzusammensetzung der Versuchsreihe V3 zusammengefasst nach Normal-Hybriden (+  $\frac{1}{2}bm_3$ ) und reinen  $bm_3$ -Hybriden im Reifeverlauf dargestellt.

Tab. 81: Einfluss des  $bm_3$ -Genotyps auf die Zusammensetzung der Zellwand der Maisrestpflanzen der Versuchsreihe V3

EZP	Gruppe <sup>1</sup>	(n)	T (%)	% d.T					
				NDF	ADF	HEM	CEL	ADL	KL
1	1	(4)	22,4 <sup>a</sup>	58,5 <sup>a</sup>	36,3 <sup>a</sup>	22,2 <sup>a</sup>	31,6 <sup>a</sup>	4,67 <sup>a</sup>	8,16 <sup>a</sup>
	2	(2)	20,9 <sup>a</sup>	57,6 <sup>a</sup>	34,6 <sup>a</sup>	23,0 <sup>a</sup>	31,8 <sup>a</sup>	2,87 <sup>b</sup>	6,05 <sup>b</sup>
2	1	(4)	22,3 <sup>a</sup>	62,0 <sup>a</sup>	39,7 <sup>a</sup>	22,4 <sup>b</sup>	34,4 <sup>a</sup>	5,28 <sup>a</sup>	9,07 <sup>a</sup>
	2	(2)	21,3 <sup>a</sup>	63,5 <sup>a</sup>	38,5 <sup>a</sup>	25,0 <sup>a</sup>	35,4 <sup>a</sup>	3,19 <sup>b</sup>	6,68 <sup>b</sup>
3	1	(4)	32,3 <sup>a</sup>	69,6 <sup>a</sup>	43,6 <sup>a</sup>	26,0 <sup>a</sup>	37,7 <sup>a</sup>	5,85 <sup>a</sup>	9,12 <sup>a</sup>
	2	(2)	32,0 <sup>a</sup>	69,2 <sup>a</sup>	42,4 <sup>a</sup>	26,8 <sup>a</sup>	38,8 <sup>a</sup>	3,58 <sup>a</sup>	5,74 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Gruppe 1: Normal- und  $\frac{1}{2}bm_3$ -Hybriden, Gruppe 2:  $bm_3$ -Hybriden; Signifikanzschwelle  $P < 0,05$

Wie aus der Tabelle 81 hervorgeht, zeigen die zwei  $bm_3$ -Hybriden im Vergleich mit den Normal-Varianten zu keinem der drei Erntezeitpunkte signifikante Unterschiede bezüglich dem NDF-, ADF-, Hemicellulosen- und Cellulosegehalt der Restpflanze. Unterschiede lassen sich lediglich im Ligningehalt feststellen, bei dem die  $bm_3$ -Hybriden während der gesamten Reifeperiode signifikant niedrigere Gehalte (ADL und KL) aufweisen. Zusätzlich zu den Einzelfraktionen der Zellwand ist in Tabelle 82 das Verhältnis der Strukturkohlenhydrate (Hemicellulosen + Cellulose) zu Lignin dargestellt, welches in Arbeiten von McBURNEY *et al.* (1981) in Beziehung zur

Kationenaustauschkapazität bzw. zur Pufferkapazität von Futtermitteln im Pansen gesetzt wird. MERTENS (1983) und WILLIAMS *et al.* (1989) benutzen das reziproke Verhältnis von Hemicellulosen + Cellulose zu Lignin, um Einflüsse des Futtermittels auf die Futteraufnahme zu beschreiben.

Tab. 82: Einfluss des Sorten-Genotyps der Restpflanzen der Versuchsreihe V3 auf das Verhältnis der Strukturkohlenhydrate (Hemicellulose + Cellulose) zu Lignin

	AN	AN-BM <sub>3</sub>	BY	BY-½BM <sub>3</sub>	HX	HX-BM <sub>3</sub>
(HEM+CEL)/ADL	10,4 <sup>c</sup>	17,8 <sup>b</sup>	11,6 <sup>c</sup>	11,6 <sup>c</sup>	10,9 <sup>c</sup>	19,9 <sup>a</sup>
(HEM+CEL)/KL	6,21 <sup>b</sup>	9,86 <sup>a</sup>	6,61 <sup>b</sup>	6,87 <sup>b</sup>	6,85 <sup>b</sup>	9,87 <sup>a</sup>

AN: Antares; BY: Byzance; HX: Helix; Signifikanzschwelle P<0,05

Wie der Tabelle 82 zu entnehmen ist, weisen die zwei reinen bm<sub>3</sub>-Hybriden signifikant höhere Anteile von Strukturkohlenhydraten im Verhältnis zum Ligningehalt auf. In der Tabelle 83 ist die Abbaukinetik und die potenzielle bzw. effektive Abbaubarkeit der Varianten der Versuchsreihe V3 zusammengefasst nach Normal-Hybriden und reinen bm<sub>3</sub>-Hybriden zu den im Reifeverlauf fortschreitenden drei Erntezeitpunkten dargestellt.

Tab. 83: Einfluss des bm<sub>3</sub>-Genotyps auf das Abbauverhalten der Maisrestpflanzen der Versuchsreihe V3 im Pansen

EZP	Gruppe <sup>1</sup>	(n)	A (%)	a (%)	b (%)	c (%h <sup>-1</sup> )	t <sub>0</sub> (h)	p16 <sup>2</sup> (%)	P8 <sup>3</sup> (%)
1	1	(4)	25,5 <sup>a</sup>	34,2 <sup>a</sup>	40,4 <sup>b</sup>	3,85 <sup>a</sup>	1,40 <sup>a</sup>	50,6 <sup>b</sup>	45,3 <sup>a</sup>
	2	(2)	18,3 <sup>b</sup>	35,2 <sup>a</sup>	46,6 <sup>a</sup>	4,15 <sup>a</sup>	1,85 <sup>a</sup>	56,1 <sup>a</sup>	47,8 <sup>a</sup>
2	1	(4)	27,9 <sup>a</sup>	30,8 <sup>a</sup>	41,3 <sup>b</sup>	3,38 <sup>a</sup>	2,05 <sup>a</sup>	45,2 <sup>a</sup>	40,5 <sup>a</sup>
	2	(2)	18,4 <sup>b</sup>	28,1 <sup>a</sup>	53,6 <sup>a</sup>	3,70 <sup>a</sup>	3,20 <sup>a</sup>	48,6 <sup>a</sup>	39,7 <sup>a</sup>
3	1	(4)	31,1 <sup>a</sup>	22,3 <sup>a</sup>	46,7 <sup>b</sup>	3,25 <sup>a</sup>	3,15 <sup>a</sup>	36,5 <sup>b</sup>	31,6 <sup>a</sup>
	2	(2)	18,8 <sup>b</sup>	21,4 <sup>a</sup>	59,9 <sup>a</sup>	3,30 <sup>a</sup>	2,30 <sup>a</sup>	43,5 <sup>a</sup>	34,8 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Gruppe 1: Normal- und ½bm<sub>3</sub>-Hybriden, Gruppe 2: bm<sub>3</sub>-Hybriden

<sup>2</sup>potenzielle Abbaubarkeit nach 16-stündiger Inkubation

<sup>3</sup>effektive Abbaubarkeit bei einer Passagerate von 8 %h<sup>-1</sup>

Signifikanzschwelle P<0,05

Während die T-Verluste der  $bm_3$ -Hybriden im Vergleich zu den Normal-Varianten nach 16-stündiger Inkubation zum ersten und dritten Erntezeitpunkt signifikant - zum zweiten Erntezeitpunkt in der Tendenz - größer waren, zeigen sich bei der effektiven Abbaubarkeit ( $k= 0,08$ ) nur tendenziell höhere mittlere Abbaubarkeiten der  $bm_3$ -Hybriden. Die maximalen Unterschiede liegen dabei zum letzten Erntezeitpunkt bei etwa drei Prozent. Die deutlichsten Unterschiede zwischen den Varianten treten in Bezug auf den Anteil der nicht abbaubaren Fraktion (A) auf, wo die Mutanten im Reifeverlauf mit 7 %, 10 % und 12 % ansteigend geringere Gehalte unabbaubarer Bestandteile aufweisen, was insgesamt auf eine geringere Unverdaulichkeit der Zellwand (NDF) hinweisen könnte. Begründet war die Abnahme der unabbaubaren Fraktion bei den  $bm_3$ -Hybriden dabei - anders als es TOVAR-GOMEZ *et al.* (1997) beschreiben - nicht durch einen Anstieg der löslichen bzw. schnell abbaubaren Fraktion (a), sondern offensichtlich durch einen signifikant höheren Gehalt an abbaubarer Fraktion (b), die zudem in der Tendenz eine höhere Abbaurate aufweist (c). Auch die Erklärung von TOVAR-GOMEZ *et al.* (1997), die die höheren effektiven Abbaubarkeiten zusätzlich durch generell geringere Gehalte an Zellwandkomponenten - vor allem einem niedrigeren Gehalt an Cellulose - begründen, lässt sich in der vorliegenden Versuchsreihe V3 nicht bestätigen. Aufgrund der Eigenschaften von  $bm_3$ -Mutanten, die durch eine deutliche Abnahme zellwandständiger ester-gebundener *p*-Cumarsäure und Lignin-Syringyleinheiten gekennzeichnet sind (CHABBERT *et al.*, 1993), liegt der Schluss nahe, dass, wie von GOTO *et al.* (1994) berichtet, die höheren Abbaubarkeiten von Zellwand-Polysacchariden in  $bm_3$ -Mais, verglichen mit den Normal-Genotypen, eher durch die signifikante Beziehung zu den niedrigeren Gehalten an Lignin, ester-gebundenen *p*-Cumarsäuren, äther-gebundenen Ferula- und *p*-Cumarsäuren zu erklären sind. Der Gesamtphenolgehalt erklärt nach MARVIN *et al.* (1995) 67 % der Variationen in der Verdaulichkeit der Stängelzellwand, während das Verhältnis von *p*-Cumarsäure zu Ferulasäure etwa 60 % der Unterschiede zwischen  $bm_3$ -Genotypen und Normal-Hybriden ausmacht (FRITZ *et al.*, 1990).

In der Tabelle 84 sind die signifikanten Beziehungen zwischen den Zellwandfraktionen der Maisrestpflanzen der Versuchsreihe V3 und der effektiven ruminalen Abbaubarkeit der T ( $P8$ ,  $k= 0,08$ ) im Mittel der Erntezeitpunkte dargestellt. Wie schon zuvor

werden dabei die Normal-Hybriden und die reinen  $bm_3$ -Hybriden zu Gruppen zusammengefasst.

Tab. 84: Signifikante Korrelationen ( $r$ ) zwischen den Zellwandfraktionen der Maisrestpflanzen der Versuchsreihe V3 und der effektiven ruminalen Abbaubarkeit der T bei einer Passage rate von  $8\%h^{-1}$  in Abhängigkeit des Genotyps im Mittel der Erntezeitpunkte

Gruppe	(n)	NDF	ADF	HEM	CEL	ADL	KL	$\frac{HEM+CEL}{ADL}$	$\frac{HEM+CEL}{KL}$
N <sup>1</sup>	(12)	-0,97 <sup>c</sup>	-0,96 <sup>c</sup>	-0,80 <sup>b</sup>	-0,96 <sup>c</sup>	-0,82 <sup>c</sup>	n.s.	0,84 <sup>c</sup>	n.s.
$bm_3$	(6)	-0,97 <sup>b</sup>	-0,97 <sup>b</sup>	-0,96 <sup>b</sup>	-0,98 <sup>c</sup>	n.s.	n.s.	0,97 <sup>b</sup>	n.s.
Ges.	(18)	-0,96 <sup>c</sup>	-0,96 <sup>c</sup>	-0,75 <sup>c</sup>	-0,94 <sup>c</sup>	-0,49 <sup>a</sup>	n.s.	0,84 <sup>c</sup>	n.s.

<sup>1</sup>Normal- und  $\frac{1}{2}bm_3$ -Hybriden

Signifikanzschwelle: <sup>a</sup>= $P < 0,05$ ; <sup>b</sup>= $P < 0,01$ ; <sup>c</sup>= $P < 0,001$ ; n.s.=  $P > 0,05$

Anders als z.B. in den Arbeiten von PARYS *et al.* (2000a) und TOLERA *et al.* (1999), die keine deutlichen Beziehungen zwischen den Gehalten an Zellwandmaterial und den Ergebnissen der *in situ*-Abbaubarkeit feststellen können, lassen sich in der Versuchsreihe V3, wie in Tabelle 84 dargestellt, signifikante Einflüsse der einzelnen Zellwandfraktionen auf den Grad der effektiven ruminalen Abbaubarkeit nachweisen. Während sich bezüglich der NDF-, ADF- und Cellulose-Fraktion, unabhängig vom Genotyp, jeweils Korrelationen  $r \geq -0,96$  darstellen lassen, zeigen sich in Bezug auf den ADL-Gehalt signifikante Zusammenhänge nur bei den Normal-Hybriden. Dies legt den Schluss nahe, dass bei  $bm_3$ -Hybriden weniger der quantitative ADL-Gehalt eine Rolle bei dem ruminalen Abbau spielt, sondern eher Art und Grad der Vernetzung der Strukturkohlenhydrate mit der Lignin-Fraktion. Auch der höhere Grad der Beziehung zwischen dem Strukturkohlenhydrat-Lignin-Verhältnis und der effektiven Abbaubarkeit der  $bm_3$ -Hybriden ( $r = 0,97$ ) weist in diese Richtung. Insgesamt scheint die Ligninfraktion bei Betrachtung einer genetischen relativ inhomogenen Sortenzusammenstellung kein guter Maßstab zur Beurteilung des Abbauverhaltens der Restpflanzen im Pansen zu sein. Die Messung der Ligninfraktion in Form von Klason-Lignin als Alternative zur klassischen ADL zeigt in diesem Zusammenhang keinen positiven Effekt.

Während VERBIC *et al.* (1995) der ADF-Fraktion in ihrem Versuch eine wichtige Funktion bei der Klärung von Unterschieden der effektiven T-Abbaubarkeit über den

Fasergehalt in den Pflanzen zuschreiben, weist der ADF-Gehalt bei den Varianten der Versuchsreihe V3 gegenüber der NDF-Fraktion keinen Vorteil bei der Beurteilung der Abbaubarkeit der Restpflanzen von Mais auf. Die deutliche Beziehung der Hybriden der Versuchsreihe V3 zwischen NDF-Gehalt im Ausgangsmaterial der Restpflanzen und der effektiven ruminalen Abbaubarkeit im Mittel der Erntezeitpunkte ( $B = 0,93$ ) ist nachfolgend in der Abbildung 18 grafisch dargestellt.

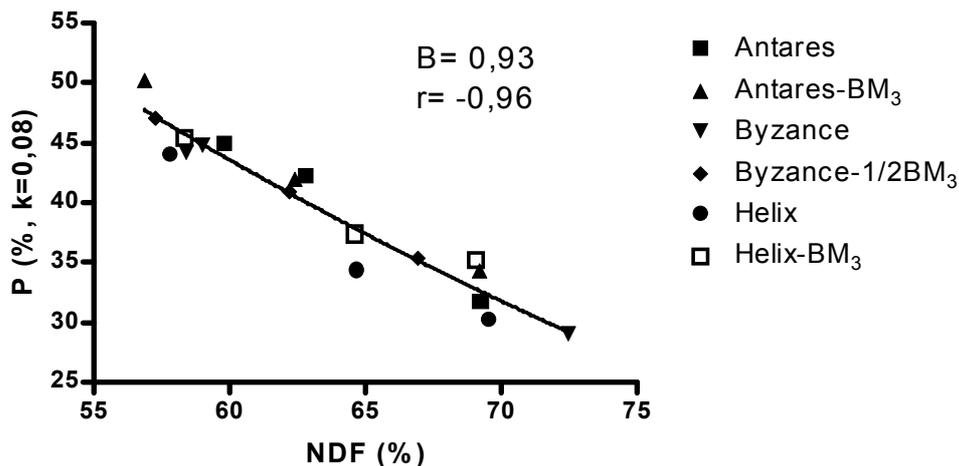


Abb. 18: Beziehung zwischen NDF-Gehalt zur Ernte und effektiver ruminaler Abbaubarkeit ( $P, k = 0,08$ ) des Restpflanzenmaterials der Versuchsreihe V3 ( $r$  signifikant für  $p < 0,01$ )

#### 4.7.4.2 Genotypeneinfluss der Hybriden der Versuchsreihe V4 auf die ruminale Abbaubarkeit der Restpflanzen

In der Versuchsreihe V4, bei der die ruminale Abbaukinetik der Restpflanze von sechs genetisch unterschiedlichen Maishybriden untersucht wird, liegen keine Sorten mit  $bm_3$ -Mutation vor. Die Sorten mit der relativ niedrigsten bzw. der relativ höchsten effektiven ruminalen Abbaubarkeit ( $k = 0,08$ ) der Versuchsreihe V4 sind Helga (36,5 %) bzw. Goldoli (41,9 %; Kapitel 3.6.4, Tab. 70). Bei Helga handelt es sich um einen typischen Körnermaistyp, der bezüglich der Strukturkohlenhydrate (NDF, ADF, Cellulose) nach eigener Analytik keine signifikanten Unterschiede im Sortenvergleich aufweist, jedoch mit mittleren 5,6 % den relativ höchsten Ligningehalt in der Restpflanzentrockenmasse zeigt. Die geringe ruminale Abbaubarkeit lässt sich für die Hybride Helga über den im Sortenvergleich relativ höchsten Gehalt unabbaubarer Pflanzenbestandteile ( $A, 32,4 \%$ ) begründen, der aus einem niedrigen Anteil der nicht löslichen aber abbaubaren Fraktion ( $b, 38,0 \%$ ) und einer geringen Abbaurrate ( $c, 4,5 \%/h$ ) resultiert (siehe Tab. 67, Kap. 3.6.3). Die effektive Abbaubarkeit

( $k= 0,08$ ) der Sorte Helga weist lediglich im Verhältnis zur NDF-Fraktion des Ausgangsmaterials signifikante Beziehung auf ( $r = -0,99$ ,  $P<0,05$ ,  $n=3$ ), woraus sich schlussfolgern lässt, dass der höhere Lignifizierungsgrad des Restpflanzenmaterials primär die Abbaubarkeit des Zellwandmaterials (NDF) negativ beeinflusst.

Bei der Hybride mit der relativ höchsten effektiven Abbaubarkeit der Restpflanze *in situ*, Goldoli, handelt es sich um eine reine Silomaisorte, die - wie aus der Tabelle 63 (Kap. 3.6.1) ersichtlich - die signifikant niedrigsten Gehalte an NDF (62,3 %), ADF (37,6 %), ADL (4,0 %) und Cellulose (33,6 %) im Sortenvergleich aufweist. Der hohen ruminalen Abbaubarkeit der Restpflanze von Goldoli liegt der signifikant niedrigste Anteil unabbaubarer Zellwandbestandteile (A, 22,8 %) und der relativ höchste Anteil an löslichen bzw. schnell abbaubaren Bestandteilen (a, 33,5 %) der Restpflanze im Vergleich der Sorten der Versuchsreihe V4 zugrunde (siehe Tab. 67, Kap. 3.6.3). Die deutliche Beziehung zwischen der offensichtlich hohen Abbaubarkeit der Strukturkohlenhydratfraktion und dem niedrigen Ligningehalt in der Restpflanzen-T drückt sich auch in der signifikanten Beziehung zwischen der effektiven ruminalen Abbaubarkeit ( $k= 0,08$ ) und der ADF-Fraktion ( $r = -0,99$ ,  $P<0,01$ ,  $n=3$ ), der ADL-Fraktion ( $r = -0,99$ ,  $P<0,05$ ,  $n=3$ ) und dem Cellulosegehalt ( $r = -0,99$ ,  $P<0,05$ ,  $n=3$ ) aus.

In der Tabelle 85 ist ergänzend das Verhältnis der Strukturkohlenhydrate (Hemicellulose + Cellulose) zu Lignin dargestellt.

*Tab. 85: Einfluss des Sorten-Genotyps der Restpflanzen der Versuchsreihe V4 auf das Verhältnis der Strukturkohlenhydrate (Hemicellulose + Cellulose) zu Lignin*

	AT	EL	GO	HE	PG	PR
(HEM+CEL)/ADL	12,3 <sup>c</sup>	14,5 <sup>a</sup>	14,7 <sup>a</sup>	10,8 <sup>d</sup>	13,3 <sup>bc</sup>	14,3 <sup>ba</sup>
(HEM+CEL)/KL	7,05 <sup>a</sup>	7,13 <sup>a</sup>	7,55 <sup>a</sup>	6,13 <sup>a</sup>	7,39 <sup>a</sup>	7,26 <sup>a</sup>

AT: Attribut; EL: Elide; GO: Goldoli; HE: Helga; PG: PG013621; PR: Prelude  
Signifikanzschwelle  $P<0,05$

Wie aus der Zusammenstellung in Tabelle 85 hervorgeht, zeigt die Hybride Helga die signifikant niedrigsten Gehalte an Hemicellulose und Cellulose pro Einheit Lignin, was auf einen hohen Vernetzungsgrad innerhalb der Zellwandfraktionen hindeutet. Die Hybride Goldoli weist relativ zur Einheit Lignin die höchsten Gehalte an Strukturkohlenhydraten im Vergleich der Sorten auf, was ein Hinweis auf einen eher

geringen Vernetzungsgrad mit der Ligninfraktion darstellen könnte. In der Tabelle 86 sind die signifikanten Beziehungen zwischen den Zellwandfraktionen der Maisrestpflanzen der Versuchsreihe V4 und der effektiven ruminale Abbaubarkeit der T (P8,  $k=0,08$ ) zu den jeweiligen Erntezeitpunkten im Sortenmittel dargestellt.

*Tab. 86: Signifikante Korrelationen (r) zwischen den Zellwandfraktionen der Maisrestpflanzen der Versuchsreihe V4 und der effektiven ruminale Abbaubarkeit der T bei Passageraten von  $8\%h^{-1}$  in Abhängigkeit des Erntezeitpunktes*

EZP	(n)	NDF	ADF	HEM	CEL	ADL	KL	$\frac{HEM+CEL}{ADL}$	$\frac{HEM+CEL}{KL}$
1	(6)	-0,89 <sup>a</sup>	-0,96 <sup>b</sup>	n.s.	-0,96 <sup>b</sup>	-0,87 <sup>a</sup>	n.s.	n.s.	n.s.
2	(6)	-0,93 <sup>b</sup>	-0,82 <sup>a</sup>	n.s.	-0,82 <sup>a</sup>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
3	(6)	-0,86 <sup>a</sup>	-0,82 <sup>a</sup>	n.s.	-0,87 <sup>a</sup>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Ges.	(18)	-0,98 <sup>c</sup>	-0,97 <sup>c</sup>	-0,83 <sup>c</sup>	-0,98 <sup>c</sup>	-0,78 <sup>c</sup>	-0,67 <sup>b</sup>	0,73 <sup>c</sup>	0,52 <sup>a</sup>

Signifikanzschwelle: <sup>a</sup>= $P<0,05$ ; <sup>b</sup>= $P<0,01$ ; <sup>c</sup>= $P<0,001$ ; n.s.=  $P>0,05$

Aus der Zusammenstellung in Tabelle 86 geht hervor, dass bei relativ jungen Restpflanzen (Erntezeitpunkt 1) mit insgesamt geringen Anteilen an Zellwandmaterial (NDF) und einem niedrigen Lignifizierungsgrad die Bedeutung der ADF-Fraktion und des Gehaltes an Cellulose gegenüber dem NDF-Gehalt ansteigt. Unter der Voraussetzung einer in der Pflanzenentwicklung sortenspezifisch unterschiedlich stark einsetzenden Lignifizierung kann zu einem frühen Zeitpunkt der Ligningehalt einzelner Sorten einen größeren Einfluss auf die ruminale Abbaubarkeit gewinnen, indem die Zugänglichkeit zu den Zellinhaltsstoffen durch die Ligninprotektion erschwert wird. Mit zunehmender Reife und einer gleichmäßigeren Lignifizierung der Sorten nimmt offensichtlich die Bedeutung des quantitativen Ligningehaltes auf die Abbaubarkeit ab, während die Bedeutung des ansteigenden Zellwandgehaltes (NDF) und möglicherweise des Vernetzungsgrades mit Lignin in der Zellwand zunimmt. Die Bedeutung der Zellwandfraktion - repräsentiert durch NDF - der Restpflanzen der Hybriden der Versuchsreihe V4 auf die effektive ruminale Abbaubarkeit im Reifeverlauf ( $B=0,96$ ) ist in der Abbildung 19 graphisch dargestellt.

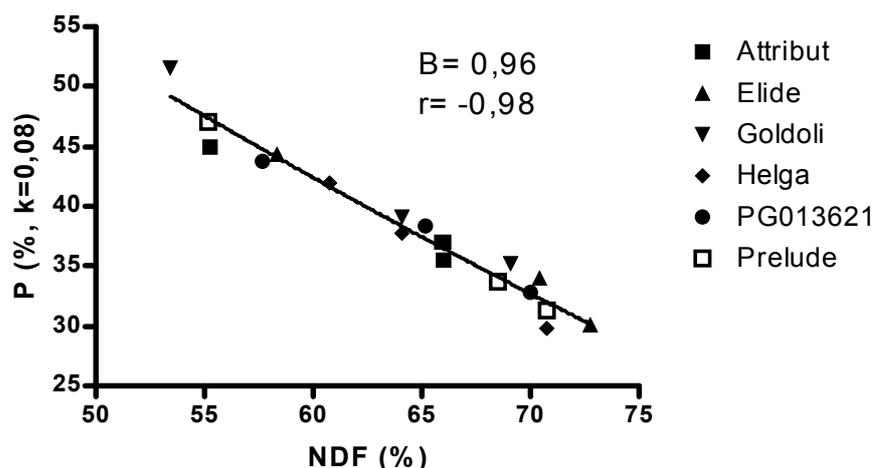


Abb. 19: Beziehung zwischen NDF-Gehalt zur Ernte und effektiver ruminaler Abbaubarkeit ( $P$ ,  $k = 0,08$ ) des Restpflanzenmaterials der Versuchsreihe V4 ( $r$  signifikant für  $p < 0,05$ )

Nachfolgend ist in den Tabellen 87 und 88 der Einfluss des Genotyps -  $bm_3$ - und Normal-Hybriden - auf Zellwandzusammensetzung und Abbaukinetik der Maisrestpflanzen zusammengefasst über die Versuchsreihen V3 und V4 im Mittel der Erntezeitpunkte dargestellt.

Tab. 87: Einfluss des Genotyps auf die Zusammensetzung der Zellwand der Maisrestpflanzen der Versuchsreihen V3 und V4 im Mittel der Erntezeitpunkte

Gruppe <sup>1</sup>	(n)	T (%)	% d.T					
			NDF	ADF	HEM	CEL	ADL	KL
1	(30)	25,8 <sup>a</sup>	64,0 <sup>a</sup>	39,9 <sup>a</sup>	24,1 <sup>a</sup>	35,0 <sup>a</sup>	4,84 <sup>a</sup>	8,82 <sup>a</sup>
2	(6)	24,7 <sup>a</sup>	63,4 <sup>a</sup>	38,5 <sup>a</sup>	24,9 <sup>a</sup>	35,3 <sup>a</sup>	3,21 <sup>b</sup>	6,16 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Gruppe 1: Normal- und  $\frac{1}{2}bm_3$ -Hybriden, Gruppe 2:  $bm_3$ -Hybriden  
Signifikanzschwelle  $P < 0,05$

Tab. 88: Einfluss des Genotyps auf das Abbauverhalten der Maisrestpflanzen der Versuchsreihen V3 und V4 im Mittel der Erntezeitpunkte

Gruppe <sup>1</sup>	(n)	A (%)	a (%)	b (%)	c (%h <sup>-1</sup> )	t <sub>0</sub> (h)	p16 <sup>2</sup> (%)	P8 <sup>3</sup> (%)
1	(30)	27,4 <sup>a</sup>	29,6 <sup>a</sup>	43,0 <sup>b</sup>	3,92 <sup>a</sup>	3,73 <sup>a</sup>	45,2 <sup>b</sup>	38,6 <sup>a</sup>
2	(6)	18,5 <sup>b</sup>	28,2 <sup>a</sup>	53,4 <sup>a</sup>	3,72 <sup>a</sup>	2,45 <sup>a</sup>	49,4 <sup>a</sup>	40,7 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Gruppe 1: Normal- und ½bm<sub>3</sub>-Hybriden, Gruppe 2: bm<sub>3</sub>-Hybriden

<sup>2</sup>potentielle Abbaubarkeit nach 16-stündiger Inkubation

<sup>3</sup>effektive Abbaubarkeit bei einer Passagerate von 8 %h<sup>-1</sup>

Signifikanzschwelle P<0,05

Die Tabelle 89 fasst die signifikanten Korrelationen zwischen den Zellwandfraktionen der Maisrestpflanzen der Versuchsreihen V3 und V4 sowie der effektiven ruminalen Abbaubarkeit der T (k= 0,08) in Abhängigkeit des Erntezeitpunktes zusammen.

Tab. 89: Signifikante Korrelationen (r) zwischen den Zellwandfraktionen der Maisrestpflanzen der Versuchsreihe V3 und V4 sowie der effektiven ruminalen Abbaubarkeit der T bei Passageraten von 8%h<sup>-1</sup> in Abhängigkeit des Erntezeitpunktes

EZP	(n)	NDF	ADF	HEM	CEL	ADL	KL	$\frac{HEM+CEL}{ADL}$	$\frac{HEM+CEL}{KL}$
1	(12)	-0,74 <sup>b</sup>	-0,82 <sup>b</sup>	n.s.	-0,75 <sup>b</sup>	n.s.	-0,60 <sup>a</sup>	0,72 <sup>b</sup>	n.s.
2	(12)	-0,89 <sup>c</sup>	-0,85 <sup>c</sup>	n.s.	-0,87 <sup>c</sup>	n.s.	n.s.	0,73 <sup>b</sup>	n.s.
3	(12)	-0,82 <sup>b</sup>	-0,84 <sup>c</sup>	n.s.	-0,63 <sup>a</sup>	n.s.	-0,62 <sup>a</sup>	n.s.	n.s.
Ges.	(36)	-0,98 <sup>c</sup>	-0,96 <sup>c</sup>	-0,79 <sup>c</sup>	-0,95 <sup>c</sup>	-0,59 <sup>c</sup>	-0,52 <sup>b</sup>	0,79 <sup>c</sup>	n.s.

Signifikanzschwelle: <sup>a</sup>=P<0,05; <sup>b</sup>=P<0,01; <sup>c</sup>=P<0,001; n.s.= P>0,05

Eine Verbesserung des Futterwertes von Mais kann, wie schon einleitend beschrieben, entweder durch die Selektion innerhalb der genetischen Variation, die zwischen Normal-Genotypen besteht, oder durch die Nutzung der brown-midrib Gene erfolgen. Der Maisgenotyp hat, wie dargestellt, messbaren Einfluss auf die chemische Zusammensetzung und die *in situ*-Abbaukinetik. Die Unterschiede in der *in situ*-Trockenstoffabbaubarkeit von bm<sub>3</sub>-Maissorten gegenüber ihren korrespondierenden „Normal“-Varianten oder zwischen verschiedenen „Normal“-Varianten kann in Beziehung zu einem unterschiedlichen Gehalt an Zellwandbestandteilen, verschiedenen

Gehalten an schnell löslichen, verdaulichen Bestandteilen, unterschiedlichen Anteilen der unlöslichen Fraktion, deren Abbaurate und generellen Unterschieden in der Unverdaulichkeit der Zellwand stehen.

Die höhere T-Abbaubarkeit, die innerhalb der Versuchsreihe V3 bei  $bm_3$ -Mais im Vergleich mit den entsprechenden Normal-Typen vorliegt, wird durch eine Reihe von Studien bestätigt (LECHTENBERG *et al.*, 1972; WELLER *et al.*, 1984; CONE und ENGELS, 1993; GOTO *et al.*, 1994). Die Zunahme der T-Abbaubarkeit hängt dabei in vorliegender Arbeit weniger mit einer oft beschriebenen grundsätzlichen Abnahme von Zellwandbestandteilen, sondern im Wesentlichen mit einer Zunahme der Zellwandabbaubarkeit zusammen. Diese Zunahme des möglichen Zellwandabbaus in den  $bm_3$ -Maisgenotypen könnte zum einen den geringeren Ligningehalten, zum anderen den Veränderungen in der Ligninzusammensetzung und der damit veränderten Verknüpfungsintensität mit den Strukturkohlenhydraten (HEM + CEL) zugeschrieben werden, die mit der Mutationen verbunden ist.

Prinzipiell lässt sich feststellen, dass mit zunehmender Pflanzenreife der Zellwandgehalt ansteigt, die ruminale Abbaubarkeit abnimmt und die Verdaulichkeit zurückgeht (CONE und ENGELS, 1993). Die Unterschiede, die bezüglich der ruminale Abbaukinetik zwischen Material von Maisrestpflanzen in  $bm_3$ - und „normalen“ Maisarten feststellbar sind, können - jedoch mit einer größeren Variation - auch zwischen „normalen“ Hybriden beobachtet werden. Im Vergleich des Restpflanzenmaterials der „normalen“ Maishybriden sind die mittleren effektiven T-Abbaubarkeiten ( $k = 0,08$ ) zwar annähernd so hoch wie bei den  $bm_3$ -Hybriden, sie zeigen jedoch eine geringfügig größere Variation innerhalb der Genotypen (36,2 - 41,9 %) gegenüber den  $bm_3$ -Varianten (39,3 - 42,1 %). Die Unterschiede in der Höhe des ruminale Abbaus zwischen Normal-Hybriden und  $bm_3$ -Mutanten liegen im Wesentlichen nicht in einer Veränderung der löslichen Fraktion (a) begründet, sondern - wie aus Tabelle 88 hervorgeht - in einer etwa 10 % höheren Abbaubarkeit der nicht-löslichen Zellwandbestandteile (b). Während sich, in der Versuchsreihe V4 deutlicher als in der Versuchsreihe V3, zum ersten Erntezeitpunkt der ruminale Abbau noch in etwa zu gleichen Teilen aus a-Fraktion (leicht löslich, schnell abbaubar; V4: 37,3 %, V3: 34,6 %) und b-Fraktion (nicht löslich, aber abbaubar; V4: 38,3 %, V3: 42,4 %) zusammensetzt, findet mit zunehmender Reife eine Abnahme der löslichen

Bestandteile - und damit verbunden ein steigender Anteil der b-Fraktion - am ruminalen Abbau statt.

Aus den vorliegenden Arbeiten mit Restpflanzenmaterial (V3 und V4) lässt sich bezüglich des Sorteneffektes der Schluss ziehen, dass die häufig in der Literatur beschriebenen Verbesserungen der Leistungsparameter bei Tieren, denen Maissilage aus  $bm_3$ -Genotypen im Vergleich zu Silage aus „normalen“ Genotypen verfüttert wird, wohl eher durch die Unterschiede in der absoluten Höhe des ruminalen Zellwandabbaus der Restpflanzenfraktion begründet sind, als primär durch die Abbaurate der Zellwände.

In den Abbildungen 20 und 21 ist der Zusammenhang zwischen der mittleren effektiven ruminalen Abbaubarkeit (Passagerate 8 %/h,  $k = 0,08$ ) der Versuchsreihen V3 und V4 und dem NDF- bzw. ADF-Gehalt im Reifeverlauf dargestellt.

In einer Vielzahl von Veröffentlichungen zur ruminalen Abbaubarkeit von Maisstängeln, Maisrestpflanzen und Maissilage (MARTEN *et al.*, 1975, JOHNSON *et al.*, 1985; KÖHLER *et al.*, 1989; FLACHOWSKY und SCHNEIDER, 1993; VERBIC und STEKA, 1995) werden signifikante Beziehungen zwischen der T-Abbaubarkeit bzw. effektiver ruminaler Abbaubarkeit und dem NDF- und ADF-Gehalt in einer Größenordnung von  $r > -0,90$  nachgewiesen. Die Arbeiten wurden jedoch in der Regel nur mit Material eines Erntezeitpunktes (Siloreife) durchgeführt, wodurch es nicht möglich war, die Beziehung zwischen Abbaubarkeit der Restpflanze bzw. von Restpflanzenbestandteilen und der Zellwandzusammensetzung der Restpflanze im Reifeverlauf darzustellen.

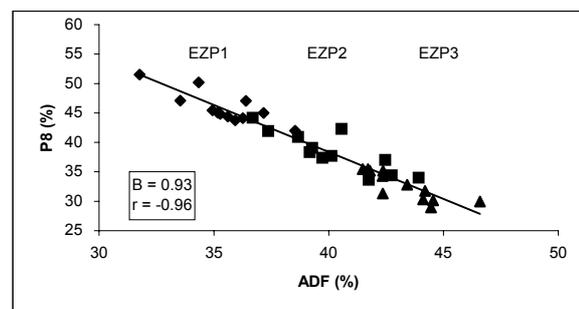
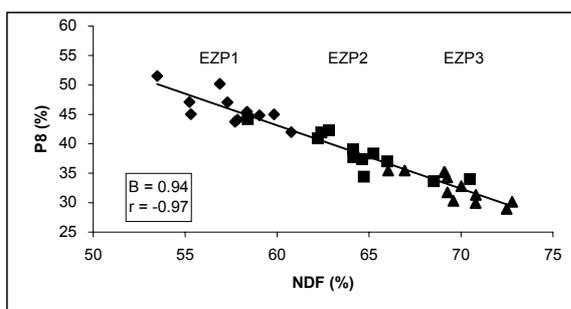
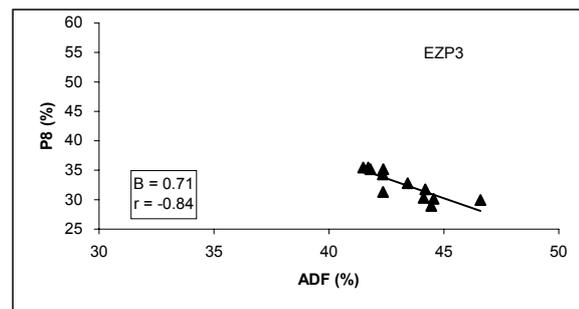
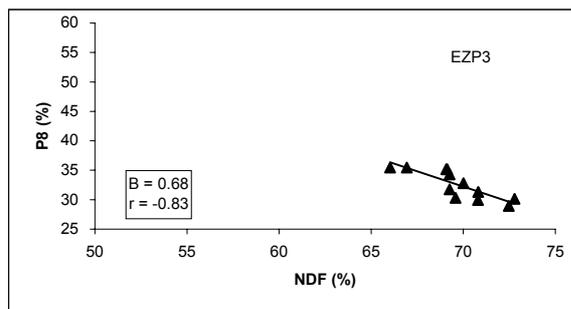
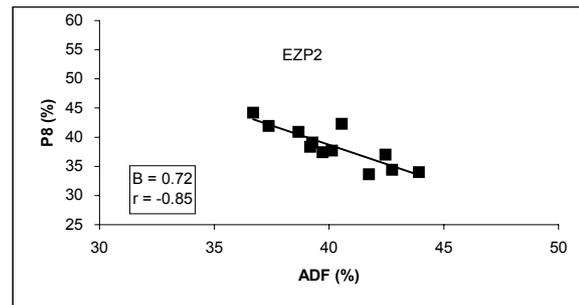
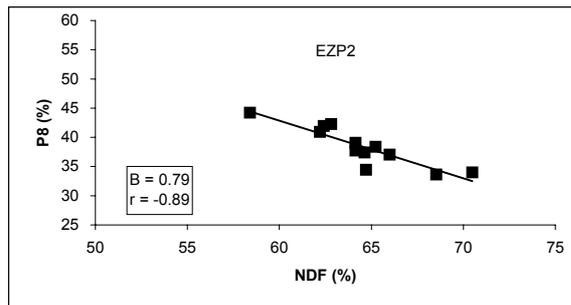
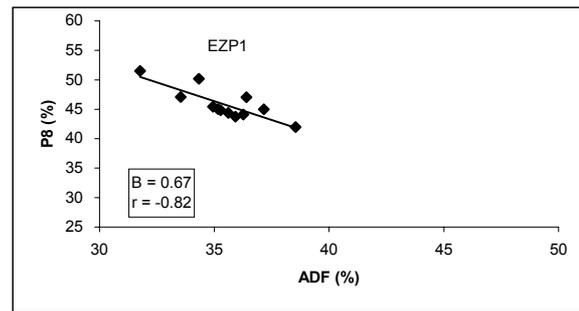
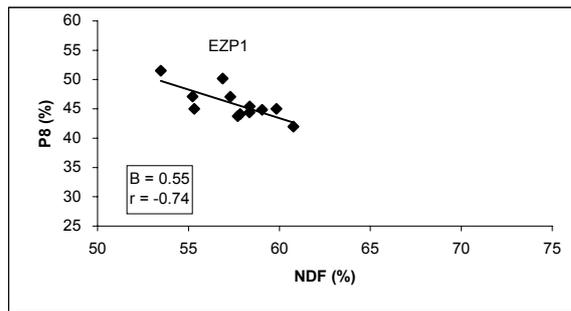


Abb. 20: Zusammenhang zwischen effektiver ruminaler Abbaubarkeit ( $k=0,08$ ; P8 %) und dem NDF-Gehalt im Reifeverlauf

Abb. 21: Zusammenhang zwischen effektiver rum. Abbaubarkeit ( $k= 0,08$ ; P8 %) und dem ADF-Gehalt im Reifeverlauf

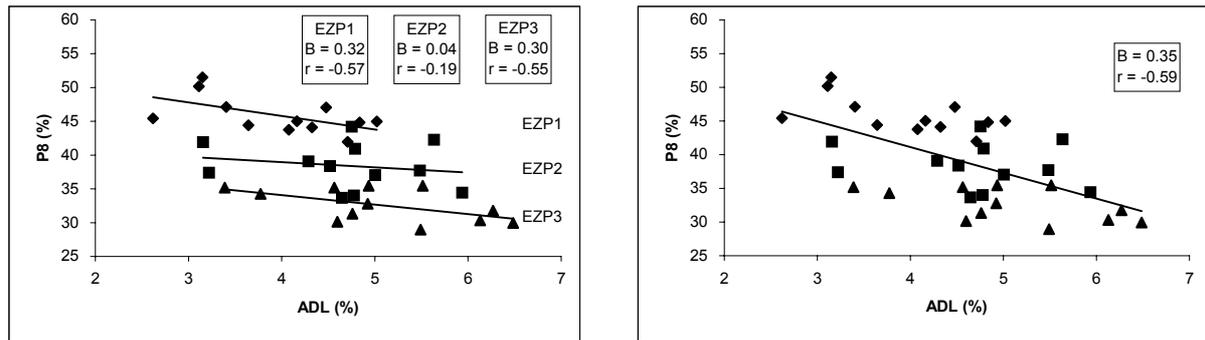


Abb. 22: Zusammenhang zwischen effektiver ruminarer Abbaubarkeit ( $k = 0,08$ ; P8 %) und dem ADL-Gehalt im Reifeverlauf

Aus den Abbildungen 20 und 21 geht hervor, dass die Beziehung zwischen Zellwandzusammensetzung (NDF, ADF) und effektiver Abbaubarkeit der Restpflanzen in Abhängigkeit der Erntezeitpunkte variiert. Die in diesem Zusammenhang geringsten Abhängigkeiten im Vergleich der Erntezeitpunkte waren mit Korrelationskoeffizienten von  $-0,74$  für NDF bzw.  $-0,82$  für ADF zum ersten Erntezeitpunkt zu beobachten. Mit fortschreitender Reife des Restpflanzenmaterials wiesen die insgesamt zwölf Sorten der Versuchsreihen V3 und V4 Korrelationskoeffizienten von ca.  $r = -0,85$  für die Beziehung zwischen effektiver T-Abbaubarkeit und dem NDF- und ADF-Gehalt der Restpflanze auf. Lediglich bei der Betrachtung der zwölf Sorten über den gesamten Erntezeitraum ( $n=36$ ) können mit  $r = -0,97$  für NDF bzw.  $-0,96$  für ADF signifikante Zusammenhänge von  $r > -0,90$  nachgewiesen werden.

In der Abbildung 22 ist der Zusammenhang zwischen der mittleren effektiven ruminalen Abbaubarkeit (Passagerate 8 %/h,  $k=0,08$ ) der Versuchsreihen V3 und V4 und dem ADL-Gehalt der Restpflanze im Reifeverlauf dargestellt. Während FLACHOWSKY und SCHNEIDER (1993) in einer Arbeit mit Maisrestpflanzen signifikante Beziehungen zwischen effektiver T-Abbaubarkeit und dem ADL-Gehalt der Restpflanze von  $r = -0,93$  feststellen, ist dieser Zusammenhang – wie aus der Abbildung 22 ersichtlich – in vorliegender Arbeit innerhalb keines Erntezeitpunktes statistisch abzusichern. Für den ADL-Gehalt kann lediglich bei der Betrachtung der zwölf Sorten über den gesamten Erntezeitraum ( $n=36$ ) ein mit  $r = -0,59$  eher mäßiger Zusammenhang nachgewiesen werden.

Zur Einschätzung der ruminalen Abbaubarkeit von Maisrestpflanzen in Bezug auf die physiologische Reife scheinen NDF- und ADF-Gehalte des Restpflanzenmaterials

nicht in jedem Fall ausreichend gute Parameter darzustellen. Die Qualität der Aussagen zur effektiven ruminalen Abbaubarkeit in Abhängigkeit von NDF und ADF ist sehr stark an die Größe und den Grad der Homogenität des verwendeten Sortenpools gebunden. Mit fortschreitendem Reifeverlauf und der damit einhergehenden stärkeren Differenzierung in der Zusammensetzung der Maisrestpflanze in Abhängigkeit der Pflanzengenetik scheint zudem der Grad der Beziehung einzelner Zellwandfraktionen zur ruminalen Abbaubarkeit zu variieren und folglich nicht konstant zu verlaufen. Der ADL-Gehalt der Restpflanze dürfte grundsätzlich keine geeignete Größe zur präzisen Schätzung der effektiven ruminalen Abbaubarkeit der Restpflanzen-Trockensubstanz darstellen.

Bessere Ansätze zur Klärung der Unterschiede in der ruminalen Abbaubarkeit der Maisrestpflanzen ergeben sich – wie in Kapitel 4.7.4.2 dargestellt – möglicherweise bei der Betrachtung der Verhältnisse der nicht abbaubaren Fraktion (A), der löslichen/schnell abbaubaren Fraktion (a) und der unlöslichen/potentiell abbaubaren Fraktion (b).

## 5. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit soll durch die Erweiterung der Datengrundlage auf Basis von *in situ*-Versuchen einen Beitrag zu einer verbesserten Einschätzung des Einflusses der Pflanzengenetik und der physiologischen Reife von Körnern und Restpflanzen verschiedener Maishybriden auf die ruminale Abbaubarkeit leisten. Um eine höhere Praxisrelevanz der erarbeiteten Ergebnisse sicherzustellen, wurden diese im Fall der Maiskörner jeweils im Kontext der in der landwirtschaftlichen Praxis gebräuchlichen Konservierungsverfahren - Silierung und Heißlufttrocknung im Vergleich mit frischen Maiskörnern - dargestellt. Dadurch war es möglich, neben dem Einfluss der Sorten und des Erntezeitpunktes beide Faktoren in Wechselwirkung mit dem jeweils verwendeten Konservierungsverfahren zu diskutieren.

Die insgesamt fünf Versuchsreihen zur ruminale Abbaubarkeit der Maispflanze, die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt wurden, setzten sich aus drei Versuchsreihen mit Maiskörnern und zwei Versuchsreihen mit Maisrestpflanzen zusammen. Die Sorten zur Messung der ruminale T-Abbaubarkeit von Maiskörnern wurden zeitgleich zu vier im Reifeverlauf fortschreitenden Zeitpunkten geerntet, während die Ernte der Sorten für die Abbaubarkeitsversuche mit Restpflanzenmaterial zeitgleich zu drei unterschiedlichen Zeitpunkten erfolgte.

Als Messmethodik wurde die *in situ*-Technik gewählt. Dabei werden Futterproben in Nylonbeuteln über eine Fistel direkt in den Pansen von Wiederkäuern eingebracht. Somit ist es möglich, charakteristische ruminale Abbaukurven zu erstellen und unter Berücksichtigung der Passagerate die effektive ruminale Abbaubarkeit zu schätzen.

Die Bestimmung der T-Verluste von Maiskörnern *in situ* wurde bei der Versuchsreihe V1 mit siliertem Körnermaterial von sechs unterschiedlichen Maishybriden (Achat, Antares, Byzance, Helga, Mondeo und Oldham) durchgeführt. Bei den Versuchsreihen V2 und V5 wurde frisches Körnermaterial von 12 (Abondance, Achat, Avenir, Byzance, Antares, Fjord, Helga, Mondeo, Helix, Helix-BM<sub>3</sub>, NX0451 und Oldham) bzw. 11 (Banguy, Batawax, Byzance, Delitop, Gavott, Gelber Badischer Landmais, Helga, NX0451, NX0761, N23-C1 und Oldham) verschiedenen Maishybriden verwendet. Das auf 3mm vermahlene Körnermaterial der jeweiligen Varianten (Sorte x Erntezeitpunkt) der Versuchsreihen V1, V2 und V5 wurden zur Ermittlung der T-Ver-

luste mittels *in situ*-Methodik für 0, 2, 4, 8, 16, 24 und 48 h im Pansen von 3-5 pansenfistulierten Milchkühen inkubiert.

Die Bestimmung der T-Verluste von Maisrestpflanzen (Ganzpflanze mit Lieschen ohne Kolben) *in situ* wurde bei den Versuchsreihen V3 (Antares, Antares-BM<sub>3</sub>, Byzance, Byzance- $\frac{1}{2}$ BM<sub>3</sub>, Helix und Helix-BM<sub>3</sub>) und V4 (Attribut, Elide, Goldoli, Helga, PG013621 und Prelude) jeweils mit Material von sechs verschiedenen Maishybriden durchgeführt. Das auf 3mm vermahlene, gefriergetrocknete Restpflanzenmaterial der jeweiligen Varianten der Versuchsreihe V3 und V4 wurde im Rahmen der durchgeführten *in situ*-Messreihen für 0, 2, 4, 8, 16, 24, 48, 72 und 96 h im Pansen von drei pansenfistulierten Milchkühen inkubiert.

## 5.1 Maiskörner

In der Versuchsreihe V1 lag die effektive Abbaubarkeit der silierten Körner, gemittelt über Erntezeitpunkte und Sorten, bei angenommenen Passageraten ( $k$ ) von 2 %/h, 4 %/h, 6 %/h und 8 %/h bei 89,4 %, 87,1 %, 85,6 % und 84,6 %. Im Mittel der Erntezeitpunkte zeigten dabei die Körner der Sorte Antares, bei der es sich in Bezug auf den Endospermtyp um eine Sorte mit „flint“-Typ-Endosperm handelt, mit 80,7 % die im Sortenvergleich relativ niedrigsten effektiven Abbaubarkeiten im Pansen ( $k=0,08$ ). Helga wies als eine Sorte mit „dent“-Typ-Endosperm mit 86,8 % die relativ höchste effektive Abbaubarkeit der Körnertrockensubstanz im Pansen auf.

Die effektive ruminale Abbaubarkeit ( $k=0,08$ ) des silierten Körnermaterials nahm mit zunehmender Reife im Sortenmittel, ausgehend von 86,9 % zum EZP1, auf 80,7 % zum EZP4 ab. Damit lag der Unterschied in der effektiven Abbaubarkeit der Körnertrockensubstanz in Abhängigkeit des Erntezeitpunktes bei den silierten Varianten von V1 mit etwa 6 % in derselben Größenordnung wie die Unterschiede, die dem Sorteneinfluss zuzuschreiben waren. Eine detaillierte Betrachtung der ruminalen Abbaukinetik zeigte, dass mit zunehmender Reife der Anteil der schnell abbaubaren bzw. löslichen Fraktion ( $a$ ) an der abgebauten Körnertrockensubstanz von 82,6 % zum ersten Erntezeitpunkt (EZP1) auf 76,0 % zum letzten Erntezeitpunkt (EZP4) abnahm, während entsprechend der Anteil der nicht-löslichen, aber abbaubaren Fraktion ( $b$ ) von 16,8 % zum EZP1 auf 22,9 % zum EZP4 anstieg, und die konstante Abbaurrate von  $b$  ( $c$ ) von 10,7 % auf 6,0 % zurückging.

In der Versuchsreihe V2 lag die effektive Abbaubarkeit der frischen Körner, gemittelt über Erntezeitpunkte und Sorten, bei angenommenen Passageraten ( $k$ ) von 2 %/h, 4 %/h, 6 %/h und 8 %/h bei 83,1 %, 73,7 %, 67,5 % und 63,1 %. Bezüglich der Genetik zeigten die Körner der Sorte Fjord („flint“-Typ-Endosperm) im Mittel der Erntezeitpunkte mit 60,5 % die im Sortenvergleich relativ niedrigsten effektiven Abbaubarkeiten im Pansen ( $k= 0,08$ ), während die Körner der Sorte Helga („dent“-Typ-Endosperm) mit 68,5 % die relativ höchste effektive Abbaubarkeit der Körnertrockensubstanz im Pansen aufwies.

Im Verlauf der Reife nahm die effektive ruminale Abbaubarkeit ( $k= 0,08$ ) des frischen Körnermaterials im Sortenmittel von 75,7 % zum EZP1 auf 54,8 % zum EZP4 ab. Der Einfluss des Erntezeitpunktes auf die Höhe der effektiven ruminale Abbaubarkeit war damit im Fall der frischen Maiskörner von V2 in etwa doppelt so groß wie der mittlere Einfluss der Sorte auf den Grad des ruminale Abbaus. Hinsichtlich der Abbaukinetik zeigten die Varianten von V2 einen abnehmenden Anteil an schnell abbaubarer bzw. löslicher Fraktion ( $a$ ) von 51,0 % zum EZP1 auf 28,9 % zum EZP4, während entsprechend der Anteil der nicht-löslichen, aber abbaubaren Fraktion ( $b$ ) von 48,3 % zum EZP1 auf 71,1 % zum EZP4 anstieg, und die konstante Abbaurrate von  $b$  ( $c$ ) von 8,9 % auf 4,7 % zurückging.

In der Versuchsreihe V5 lag die effektive Abbaubarkeit der frischen Körner, gemittelt über Erntezeitpunkte und Sorten, bei angenommenen Passageraten ( $k$ ) von 2 %/h, 4 %/h, 6 %/h und 8 %/h bei 84,8 %, 76,2 %, 70,3 % und 66,1 %. Die Sorte 'Gelber Badischer Landmais' wies als Sorte mit „flint“-Typ-Endosperm im Mittel der Erntezeitpunkte mit 53,8 % die im Sortenvergleich relativ niedrigste effektive Abbaubarkeit der Körnertrockensubstanz im Pansen ( $k= 0,08$ ) auf, während Helga wiederum als Vertreter einer Sorte mit „dent“-Typ-Endosperm eine relativ hohe effektive Abbaubarkeit der Körner-T im Pansen von 73,6 % zeigte. Die Hybriden, bei denen im Sortenvergleich neben Helga mit 79,5 % bzw. 75,1 % die relativ höchsten effektiven Abbaubarkeiten der Körner-T gemessen wurden, waren jedoch die Sorten Batawax (waxy-Typ-Hybrid, relativ wenig Amylose in der Stärke) und N23-C1 (Amylose-Extender-Typ). In Abhängigkeit der Stärkezusammensetzung zeigte der Amylose-Extender-Typ und die „waxy“-Typ-Hybride im Mittel der Erntezeitpunkte eine um etwa 12 % bis 16 % höhere ruminale Abbaubarkeit der Körnertrockensubstanz im Vergleich zu den Normal-Typen von V5.

Die effektive ruminale Abbaubarkeit ( $k = 0,08$ ) des frischen Körnermaterials nahm im Verlauf der Reife im Sortenmittel wiederum sehr deutlich von 83,0 % zum EZP1 auf 54,1 % zum EZP4 ab. Die ruminale Abbaukinetik zeigte in den Versuchsreihen V1 und V2 entsprechendes Bild. Mit zunehmender Reife sank der Anteil an schnell abbaubarer bzw. löslicher Fraktion ( $a$ ) von 59,1 % zum EZP1 auf 25,8 % zum EZP4, während der Anteil der nicht-löslichen, aber abbaubaren Fraktion ( $b$ ) von 39,8 % zum EZP1 auf 74,2 % zum EZP4 anstieg und die konstante Abbaurate von  $b$  ( $c$ ) von 13,0 % auf 5,5 % abnahm.

Bezüglich der Konservierung lässt sich feststellen, dass bei einem Vergleich der Ergebnisse von V1 mit V2 und V5 die Körnertrockenmasse bei einer angenommenen Passagerate ( $k$ ) von 8 %/h bei siliertem Material (V1) mit 84,6 % gegenüber 63,1 % und 66,1 % bei frischem Material (V2 und V5) eine um durchschnittlich 20 % höhere effektive ruminale Abbaubarkeit im Mittel der Erntezeitpunkte aufwies.

Bei einem weiteren Vergleich mit heißluftgetrocknetem Material (KURTZ, 2002) zeigten sich dagegen deutlich verringerte mittlere effektive Abbaubarkeiten von 49,0 % (Passagerate 8 %/h) gegenüber den frischen Körnern (um 16 %) bzw. den silierten Körnern (um 36 %).

Bezüglich des Genotypen der verschiedenen Maissorten ließ sich zusammenfassend zu V1, V2 und V5 feststellen, dass Sorten mit einem „flint“-Typ-Endosperm im Mittel der Erntezeitpunkte je nach Konservierungsverfahren zwischen 4 % und 14 % niedrigere effektive ruminale Abbaubarkeiten der Körnertrockenmasse aufwiesen als Sorten mit „dent“-Typ-Endosperm.

## 5.2 Maisrestpflanzen

In der Versuchsreihe V3 lag die effektive Abbaubarkeit der Trockensubstanz der frischen Restpflanzen gemittelt, über Erntezeitpunkte und Sorten, bei angenommenen Passageraten von 2 %/h, 4 %/h, 6 %/h und 8 %/h, bei 54,7 %, 46,9 %, 42,5 % und 39,7 %. Im Mittel der Erntezeitpunkte zeigte dabei die Sorte Helix bei einer angenommenen Passagerate von 8 %/h mit 36,3 % die im Sortenvergleich relativ niedrigsten effektiven Abbaubarkeiten im Pansen, während für Antares-BM<sub>3</sub> mit 42,1 % die relativ höchste effektive Abbaubarkeit der Restpflanzentrockensubstanz im Pansen ermittelt wurde.

Die effektive ruminale Abbaubarkeit ( $k= 0,08$ ) des frischen Restpflanzenmaterials nahm im Verlauf der Reife im Sortenmittel ausgehend von 46,1 % zum ersten Erntezeitpunkt (EZP1) auf 32,7 % zum letzten Erntezeitpunkt (EZP3) ab. Die reduzierte ruminale Abbaubarkeit war durch einen mit zunehmender Reife sinkenden Anteil der schnell abbaubaren bzw. löslichen Fraktion (a) von 34,6 % zum EZP1 auf 22,0 % zum EZP3 begründet, während der Anteil der nicht-löslichen, aber abbaubaren Fraktion (b) von 42,4 % zum EZP1 auf 51,1 % zum EZP3 anstieg.

Im Vergleich von Normal-Hybriden und  $bm_3$ -Hybriden bezüglich der Zusammensetzung der Restpflanzenfraktionen konnten keine signifikanten Unterschiede in den Gehalten von NDF, ADF, Hemicellulose und Cellulose festgestellt werden. Lediglich im ADL-Gehalt wiesen die  $bm_3$ -Hybriden mit 3,21 % signifikant geringere Gehalte gegenüber den Normal-Hybriden mit 4,84 % auf. Der deutlichste Einfluss der brownmidrib-Mutation zeigte sich bezüglich der Höhe der nicht-abbaubaren Fraktion (A), bei der die  $bm_3$ -Hybriden im Vergleich zu den Normal-Hybriden im Mittel der Erntezeitpunkte mit 18,5 % zu 27,4 % deutlich niedrigere Gehalte aufwiesen. Die Unterschiede in der Höhe der effektiven ruminale Abbaubarkeit ( $k= 0,08$ ) zwischen den Normal-Hybriden und den  $bm_3$ -Hybriden waren im Mittel der Erntezeitpunkte bei den Varianten von V3 mit etwa 2,1 % (N: 38,6 %,  $bm_3$ : 40,7 %) jedoch nur relativ gering.

In der Versuchsreihe V4 lag die effektive Abbaubarkeit der Trockensubstanz, gemittelt über Erntezeitpunkte und Sorten, für die Passageraten von 2 %/h, 4 %/h, 6 %/h und 8 %/h bei 51,6 %, 44,9 %, 40,8 % und 38,3 % des Restpflanzenmaterials. Im Mittel der Erntezeitpunkte zeigte die Sorte Helga bei einer angenommenen Passagerate von 8 %/h mit 36,5% die im Sortenvergleich relativ niedrigsten effektiven Abbaubarkeiten im Pansen, während die Sorte Goldoli mit 41,9 % die relativ höchste effektive Abbaubarkeit der Restpflanzentrockensubstanz im Pansen aufwies.

Im Verlauf der Reife nahm die effektive ruminale Abbaubarkeit ( $k= 0,08$ ) des frischen Restpflanzenmaterials im Sortenmittel, ausgehend von 45,6 % zum ersten Erntezeitpunkt (EZP1), auf 32,5 % zum letzten Erntezeitpunkt (EZP3), ab, während gleichzeitig der durchschnittliche Zellwandgehalt der Sorten in Form von NDF, ADF und ADL von 56,8 %, 35,0 % und 3,86 % zum EZP1 auf 69,9 %, 43,4 % und 5,04 % zum EZP3 anstieg. Hinsichtlich der Abbaukinetik zeigten die Varianten von V4 einen abnehmenden Anteil an schnell abbaubarer bzw. löslicher Fraktion (a) von 37,3 % zum EZP1 auf 24,5 % zum EZP3, während entsprechend der Anteil der nicht-

löslichen, aber abbaubaren Fraktion (b) von 38,3 % zum EZP1 auf 47,0 % zum EZP3 zunahm.

Der im Vergleich der Sorten relativ höchste Anteil an nicht-abbaubarer Restpflanzenfraktion (A) *in situ* wurde mit 32,4 % für die Sorte Helga festgestellt, während das Restpflanzenmaterial der Sorte Goldoli mit 22,8 % den relativ geringsten Anteil der nicht-abbaubaren Fraktion (A) aufwies.

Zusammenfassend lässt sich zu den Versuchsreihen V3 und V4 feststellen, dass der Gehalt an NDF, ADF und Cellulose der Restpflanze deutliche Beziehungen zur Höhe der effektiven ruminalen Abbaubarkeit der Trockensubstanz im Pansen zeigt ( $r > -0,95$ ), während der quantitative ADL-Gehalt nur von untergeordneter Relevanz war ( $r < -0,60$ ). Die beobachtete Beziehung zwischen den NDF- und ADF-Gehalten im Restpflanzenmaterial der Sorten und dem Grad der effektiven ruminalen Abbaubarkeit der Restpflanzentrockensubstanz war jedoch nicht über den gesamten Reifeverlauf konstant, sondern variierte in Abhängigkeit des Erntezeitpunktes. Während zum ersten Erntezeitpunkt die Höhe der effektiven ruminalen Abbaubarkeit (Passagerate 8 %/h) relativ besser mit dem ADF-Gehalt der Maisrestpflanze erklärbar war, zeigte zum zweiten Erntezeitpunkt der NDF-Gehalt des Restpflanzenmaterials eine deutlichere Korrelation zur effektiven ruminalen Abbaubarkeit. Beim letzten Erntezeitpunkt war eine relativ gute Interpretation der Höhe des ruminalen Abbaus sowohl über die NDF- als auch über die ADF-Fraktion der Restpflanze möglich.

## 6. Summary

The aim of the present study was to investigate the influence of plant genotype and maturity of the kernels and residual plants of different maize hybrids on the ruminal degradability. The results of the maize kernels were presented in context of commonly used conservation methods (ensiling and hot-air drying in comparison to fresh material) in order to achieve a higher relevance for the livestock farming. Therefore besides the influence of the factors genotype and harvest date a discussion of the interactions of the mentioned factors with the respective conservation method was possible.

A total of five trials (V1 – V5) for the determination of the ruminal degradability of the maize plant were carried out. Three of the trials were done with maize kernels (V1, V2, V5); the remaining two trials with maize residual plants (V3, V4). The varieties of maize designated for measuring the ruminal dry matter degradability of maize kernels were harvested simultaneously at four different harvest dates (HD) which were proceeded with plant maturity. The harvest of the maize varieties destined for the degradability trials with residual plant material occurred simultaneously at three different dates.

For measuring the ruminal degradability the *in situ* technique was used. Thereby feed samples enclosed in nylon bags are placed in the rumen of ruminants through a rumen fistula. Thus it is possible to generate characteristic ruminal degradation curves. Additionally, by considering the rate of passage of undigested feed particles the effective ruminal degradability can be estimated.

The measurement of *in situ* maize kernel dry matter (DM) loss in trial V1 has been carried out with ensiled corn material of six different maize hybrids (Achat, Antares, Byzance, Helga, Mondeo and Oldham). In trial V2 and V5 fresh corn material of 12 (Abondance, Achat, Avenir, Byzance, Antares, Fjord, Helga, Mondeo, Helix, Helix-BM<sub>3</sub>, NX0451 and Oldham) and 11 (Banguy, Batawax, Byzance, Delitop, Gavott, Gelber Badischer Landmais, Helga, NX0451, NX0761, N23-C1 and Oldham) different maize hybrids were used, respectively.

For determination of the dry matter losses by the *in situ* method in V1 (ensiled and freeze dried), V2 and V5 (freeze dried), corn material of the respective variant (genotype x harvest date) grounded through a 3 mm sieve was incubated in the rumen of 3 – 5 ruminal cannulated dairy cows for 0, 2, 4, 8, 16, 24, and 48 h.

The measurement of *in situ* dry matter losses of the residual plant material (whole plant with husk without kernel and cob) was carried out with material from six different maize hybrids for trial V3 (Antares, Antares-BM<sub>3</sub>, Byzance, Byzance-½BM<sub>3</sub>, Helix and Helix-BM<sub>3</sub>) and trial V4 (Attribut, Elide, Goldoli, Helga, PG013621 and Prelude). The residual plant material of trial V3 and V4 was freeze dried and grounded through a 3 mm sieve. For the *in situ* measurement the samples were incubated for 0, 2, 4, 8, 16, 24, 48, 72, and 96 h in the rumen of 3 ruminal cannulated dairy cows.

Taking the average of harvest dates and varieties, the ensiled kernels of the hybrids of trial V1 showed effective ruminal degradabilities of 89.4 %, 87.1 %, 85.6 % and 84.6 %, assuming passage rates (k) of 2 %/h, 4 %/h, 6 %/h and 8 %/h. The kernels of the hybride Antares classified as flint-type maize showed the lowest degradability in the rumen (k= 0.08) with an effective degradability of 80.7 % as mean of the harvest dates. In comparison of the varieties the kernels of hybride Helga showed the highest effective degradability with 86.8 %, taking the average of all harvest dates. The hybride Helga is categorized as dent-type maize. Assuming a passage rate of 8 %/h the effective average degradability of varieties declined from 86.9 % at the HD1 to 80.7 % at the HD4.

The fresh kernels of the hybrids of trial V2 showed effective ruminal degradabilities of 83.1 %, 73.7 %, 67.5 % and 63.1 % as average of the harvest dates and varieties based on passage rates (k) of 2 %/h, 4 %/h, 6 %/h and 8 %/h. In dependence on the genotype the kernels of the hybride Fjord (flint-type maize) showed the lowest effective degradability in the rumen (k= 0.08) with 60.5 % as mean of the harvest dates. Contrary, the kernels of hybrid Helga (dent-type maize) showed the highest effective degradability with 68.5 % in relation of varieties (average of all harvest dates). Assuming a passage rate of 8 %/h the effective average degradabilities of the varieties in trial V2 decreased from 75.7 % at the HD1 to 54.8 % at the HD4.

The fresh kernels of the hybrids used in trial V5 showed effective ruminal degradabilities of 84.8 %, 76.2 %, 70.3 % and 66.1 % (average of the harvest dates and varieties) with respect to passage rates (k) of 2 %/h, 4 %/h, 6 %/h and 8 %/h. The kernels of the variety “Gelber Badischer Landmais” classified as flint-type maize showed the lowest effective degradability in the rumen (k= 0.08) with a value of 53.8 % as a mean of harvest dates. The kernels of the dent-type hybrids Batawax (waxy-type) and N23-C1 (amylose-extender-type) revealed the highest effective degradability in relation of the varieties with 79.5 % and 75.1 % (mean of all harvest dates), respectively. Assuming a passage rate of 8 %/h the effective average degradabilities of the varieties declined from 83.0 % at the HD1 to 54.1 % at the HD4.

The fresh residual plant material of the hybrids of trial V3 showed effective ruminal degradabilities of 54.7 %, 46.9 %, 42.5 % and 39.7 %, taking the average of harvest dates and varieties with respect to passage rates (k) of 2 %/h, 4 %/h, 6 %/h and 8 %/h. In dependence of the genotype, the residual plant material of the variety Helix (“normal”-hybride) revealed the lowest effective ruminal degradability with 36.3 % (k= 0.08) as a mean of the harvest dates. Contrary the residual plant of hybride Antares-BM<sub>3</sub> (brown midrib mutant) had the highest effective degradability with 42.1 % in relation of the varieties (mean of all harvest dates). The effective average degradabilities of varieties decreased from 46.1 % at the HD1 to 32.7 % at the HD3 based on a passage rate of 8 %/h.

Concerning the cell wall content no significant differences in the amount of the NDF-, ADF-, hemicellulose-, and cellulose-fraction between “normal”-hybrides and brown midrib mutants were obvious. Merely concerning the lignin fraction the brown midrib mutants showed a lower ADL content in the residual plant of 3.21 % in comparison to 4.84 % of the “normal”-hybrides. Therefore the difference regarding the effective ruminal degradability (k= 0.08) between “normal”-hybrides (N) and brown midrib mutants (BM<sub>3</sub>) in average of harvest dates and varieties was relatively small (N: 38.6 %; BM<sub>3</sub>: 40.7 %) in trial V3.

The hybrids of trial V4 showed effective ruminal degradabilities of the fresh residual plant material of 51.6 %, 44.9 %, 40.8 % and 38.3 % (average of the harvest dates and varieties) with respect to passage rates (k) of 2 %/h, 4 %/h, 6 %/h and 8 %/h.

The lowest effective ruminal degradability as a mean of the harvest dates was obvious with 36.5 % ( $k= 0.08$ ) for the residual plant material of the variety Helix. Contrary the residual plant material of the hybride Goldoli showed the highest effective degradability of 41.9 % in relation of the varieties (mean of all harvest dates). Assuming a passage rate of 8 %/h the effective average degradabilities of the varieties declined from 45.6 % at the HD1 to 32.5 % at the HD3.

## 7. Literaturverzeichnis

AFRC (Agricultural and Food Research Council), 1993: Energy and protein requirements of ruminants. CAB International, Wallingford, UK, 159pp.

AKIN, D.E. (1988): Biological structure of lignocellulose and its degradation in the rumen. *Anim. Feed Sci. Technol.* 21, 295-310

AKIN, D.E., HANNA, W.W., RIGSBY, L.L. (1986a): Normal-12 and brown midrib-12 sorghum. 1. Variations in tissue digestibility. *Agron. J.* 78, 827-832

AKIN, D.E., HANNA, W.W., SNOOK, M.E., HIMMELSBACH, D.S., BARTON, F.E., II, WINDHAM, W.R. (1986b): Normal-12 and brown midrib-12 sorghum. 2. Chemical variations and digestibility. *Agron. J.* 78, 832-837

AKIN, D.E. (1980): Attack of lignified grass cell walls by a facultatively anaerobic bacterium. *Appl. Environ. Microbiol.* 40, 809-820

AKIN, D.E. (1986): Interaction of ruminal bacteria and fungi with southern forages. *J. Anim. Sci.* 63, 962-977

AKIN, D.E. (1989a): Histological and physical factors affecting digestibility of forages. *Agron. J.* 81, 17-25

AKIN, D.E., BRENNER, R. (1988): Degradation of polysaccharides and lignin by ruminal bacteria and fungi. *Appl. Environ. Microbiol.* 54, 1117-1125

AKIN, D.E., BORNEMAN, W.S. (1990): Role of rumen fungi in fiber degradation. *J. Dairy Sci.* 73, 3023-3032

AKIN, D.E., CHESSON A. (1990): Lignification as the major factor limiting forage feeding value especially in warm conditions. *Proc. XVI Int. Grassland Congr.*, Nice, France, pp. 1753-1760

AKIN, D.E., LYON, C.E., WINDHAM, W.R., RIGSBY, L.L. (1989): Physical degradation of lignified stem tissues by ruminal fungi. *Appl. Environ. Microbiol.* 55, 611-616

ALLEN, M. S., MERTENS, D. R. (1988): Evaluation constraints on fiber digestion by rumen microbes. *J. Nutr.* 118, 261-270

AMOS, H.E., AKIN, D.E. (1978): Rumen protozoal degradation of structurally intact forage tissues. *Appl. Environ. Microbiol.* 36, 513-522

ANDRIEU, J., DEMARQUILLY, C., SAUVANT, D. (1988): In Tables de la valeur nutritive des aliments. In Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, 351-443

ANDRIEU, J., DEMARQUILLY, C., DARDENNE, P., BARRIERE, Y., LILA, M., MAUPETIT, P., RIVIERE, F., FEMENIAS, N. (1993): Composition and nutritive value of whole plants fed fresh to sheep. I. Factors of variation. *Ann. Zootech.* 42, 221-249

- ANDRIEU, J., BARRIERE, Y., DEMARQUILLY, C. (1999): Digestibilité et valeur énergétique des ensilages de maïs: le point sur des méthodes de prévision au laboratoire. *Prod. Anim.* 12, 391-396
- ARGILLIER, O., BARRIERE, Y., HEBERT, Y. (1995a): Genetic variation and selection criterion for digestibility traits of forage maize. *Euphytica* 82, 175-184
- ARGILLIER, O., HEBERT, Y., BARRIERE, Y. (1995b): Relationships between biomass yield, grain production, lodging susceptibility and feeding value in silage maize. *Maydica* 40, 125-136
- ARGILLIER, O., BARRIERE, Y. (1996a): Valeur alimentaire et inscription des variétés de maïs ensilage aux catalogues officiels en Europe. *Fourrages* 146, 131-140
- ARGILLIER, O., BARRIERE, Y. (1996b): Genotypic variation for digestibility and composition traits of forage maize and their changes during the growing season. *Maydica* 41, 279-285
- AUFRERE, J., MICHALET-DOREAU, B. (1988): Comparison of methods for predicting digestibility of feeds. *Anim. Feed Sci.* 20, 249-254
- BARRIERE, Y., DEMARQUILLY, C., HEBERT, Y., DARDENNE, J., ANDRIEU, P., EMILIE, J. C.; LILA, P., MAUPETIT, M. (1991): Influences de la variabilité génétique et environnementale sur la digestibilité in vitro ou in vivo du maïs fourrage. *Agronomie* 11, 151-167
- BARRIERE, Y., EMILE, J.C. (1990): Effet des teneurs en grain et de la variabilité génétique sur la valeur énergétique du maïs ensilage mesurée par des vaches laitières. *Agronomie* 10, 201-212
- BARRIERE, Y., TRAINEAU, R., EMILE, J.C., HEBERT, Y. (1992): Variation and covariation of silage maize digestibility estimated from digestion trials with sheep. *Euphytica* 59, 61-72
- BARRIERE, Y., ARGILLIER, O., CHABBERT, B., TOLLIER, M.T., MONTIES, B. (1994): Breeding silage maize with the brown-midrib genes. Feeding value and biochemical characteristics. *Agronomie* 14, 15-25
- BARRIERE, Y., ARGILLIER, O. (1993): Brown-midrib genes of maize: a review. *Agronomie (Paris)* 13, 865-876
- BARRIERE, Y., ARGILLIER, O., MECHIN, V. (1998a): In vivo digestibility and biomass yield in normal and bm3 hybrids, made from crossing early and medium late lines of maize. *Maydica* 43, 131-136
- BARRIERE, Y., EMILE, J.C. (2000): Le maïs fourrage. III Evaluation et perspectives de progrès génétique sur les caractères de valeur alimentaire. *Fourrages* 163, 221-238

- BARRY, T.N., MANLEY, T.R. (1986): Interrelationships between the concentrations of total condensed tannin, free condensed tannin and lignin in LOTUS sp. and their possible consequences in ruminant nutrition. *J. Sci. Food Agric.* 37, 248-254
- BEYER, M., JENTSCH, W., HOFFMANN, L. (1993): Einfluß der Stärkeherkünfte Gerste, Mais und Kartoffeln und ihrer Rationsanteile auf die Nährstoffverdaulichkeit und die Energieverwertung bei Wiederkäuern 3. Mitteilung - Energieverwertung beim Rind. *Arch. Anim. Nutr.* 44, 265-281
- BLANK, R., SÜDEKUM, K.-H., IMMIG, I., KLEIMANS, J. (1998): Synchroner Abbau von Kohlenhydraten und Rohprotein in den Vormägen - Eine neue Variable für die Rationsgestaltung?. *Übers. Tierernährung.* 26, 157-188
- BLÜMMEL, M., BECKER, K. (1997): The degradability characteristics of fifty-four roughages and roughage neutral-detergent fibres as described by in vitro gas production and their relationship to voluntary feed intake, *B. J. Nutr.* 77, 757-768
- BLÜMMEL, M., MAKKAR, H.P.S., BECKER, K. (1997a): In vitro gas production: a technique revisited. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 77, 24-34
- BÖHM, F., SCHWARZ, F.J., KIRCHGESSNER, M. (1983): Zum Futterwert von Maissilage mit unterschiedlicher Reife bei der Silierung. *Bayer Landw. Jahrbuch* 60, 893-902
- BRODERICK, G.A., WALLACE, R.J., ØRSKOV, E.R. (1991): Control of rate and extent of protein degradation. In: T. Tsuda, Y. Susaki, and R. Kawashima (Hrsg.) *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants.* p54. Academic Press, San Diego, CA.
- BULL, L.S., RUMPLER, W.V., SWEENEY, T.F., ZINN, R.A. (1979): Influence of ruminal turnover on site and extent of digestion. *Fed. Proc.* 38, 2713-2719
- BUNTING, E.S. (1975): The question of grain content and forage quality in maize: comparisons between isogenic fertile and sterile plants. *J. Agric. Sci.* 85, 455-463
- BURRITT, E.A., BITTNER, A.S., STREET, J.C., ANDERSON, M.J. (1984): Correlations of phenolic acids and xylose content of cell wall with in vitro dry matter digestibility of three maturing grasses. *J. Dairy Sci.* 67, 1209-1213
- CHABBERT, B., TOLLIER, M.T., MONTIES, B., BARRIERE, Y., ARGILLIER, O. (1994): Biological variability in lignification of maize - expression of the brown midrib bm3 mutation in 3 maize cultivars. *J. Sci. Food Agric.* 64, 349-355
- CHAMP, M., COLONNA, P. (1993): Importance de l'endommagement de l'amidon dans les aliments pour animaux. *INRA Prod. Anim.* 6, 185-198
- CHASE, L.E. (1993): Starch digestion in dairy cow - what are the limits? *Proc. Cornell Nutr. Conf. for Feed Manufacturers, Rochester,* 90-97

- CHEN, K.H., HUBER, J.T., THEURER, C.B., SWINGLE, R.S., SIMAS, J., CHAN, S.C., WU, Z., SULLIVAN, J.L. (1994): Effect of steam flaking of corn and sorghum grains on performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 77, 1038-1043
- CHERNEY, D.J.R., SICILIANO-JONES, J., PELL, A.N. (1993): Technical note: Forage in vitro dry matter digestibility as influenced by fiber source in the donor cow diet. *J. Anim. Sci.* 71, 1335-1338
- CHESSON, A. (1988): Lignin-polysaccharide complexes of the plant cell wall and their effect on microbial degradation in the rumen. *Anim Feed Sci. Technol.* 21, 219-228
- CHESSON, A., ØRSKOV, E.R. (1984): Microbial degradation in the digestive tract in Straw and other fibrous by-products as feed (F. SUNDSTØL/E. OWEN eds). *Developments in Animal and Veterinary Sciences.* 14, Elsevier, Amsterdam, pp. 305-339
- CHRISTIANSON, D.D., NIELSEN, H.C., KHOO, U., WOLF, M.J., WALL, J.S. (1969): Isolation and chemical composition of protein bodies and matrix protein in corn endosperm. *Plant Physiol.* 46, 372-301
- COLENBRANDER, V.F., LECHTENBERG, V.L., BAUMANN, L.F. (1975): Feeding value of low lignin corn silage. *J. Anim. Sci.* 41, 332-339
- CONE, J.W. (1991): Degradation of starch in feed concentrates by enzymes, rumen fluid and rumen enzymes. *J. Sci. Food Agric.* 54, 23-29
- CONE, J.W., ENGELS, F.M. (1993): The influence of ageing on cell wall composition and degradability of three maize genotypes. *Anim. Feed Sci. Technol.* 40, 331-342
- CONE, J.W., VAN GELDER, A.H., DRIEHUIS, F. (1997): Description of gas production profiles with a tree-phasis model. *Anim. Feed Sci. Technol.* 66, 31-45
- CONE, J.W., VAN GELDER, A.H., VISSCHER, G.J.W., OUDSHOORN, L. (1996): Influence of rumen fluid and substrate concentration on fermentation kinetics measured with a fully automated time related gas production apparatus. *Anim. Feed Sci. Technol.* 61, 113-128
- COORS, J.G., ALBRECHT, K.A., BURES, E.J. (1997): Ear-fill effects on yield and quality of silage corn. *Crop Sci.* 37, 243-247
- CORREA, C.E.S., SHAVER, R.D., PEREIRA, M.N., LAUER, J.G., KOHN, K. (2002): Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. *J. Dairy Sci.* 85, 3008-3012
- COTTRIL, B.R. (1993): Characterization of nitrogen in ruminant feeds. In: *Recent Advances in Animal Nutrition - 1993* (P.C. GARNSWORTHY/D.J.A. COLE Hrsg.) Nottingham University Press, Nottingham, pp. 39-53
- COX, W.J., CHERNY, D.J.R. (2001): Influence of brown midrib, leafy, and transgenic hybrids on corn forage production. *Agron. J.* 93, 790-796

- DACCORD, R. (1994): Bewertung von Silomais in der Milchviehfütterung und Rindermast. Bericht über die 21. Tierzuchttagung, Gumpenstein, BAL: 33-35
- DE BOEVER, J.L., COTTYN, B.G., WAINMAN, F.X., VANACKER, J.M. (1986): The use of an enzymatic technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of compound feedstuffs for ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 14, 203-214
- DE BOEVER, J.L., VAN WAES, J., COTTYN, B.G., BOUCQUE, CH.V. (1994): The prediction of forage maize digestibility by near infrared reflection spectroscopy. *Neth. J. Agric. Sci.* 42, 105-113
- DE VISSER, H., KLOP, A., VAN DER KOELEN, C.J., VAN VUUREN, A.M. (1998): Starch supplementation of grass harvested at two stages of maturity prior to ensiling: Intake, digestion and degradability by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81, 2221-2227
- DEGENHARDT, H. (1996): NIRS-Untersuchungen zur Erfassung futterwertrelevanter Qualitätsparameter von Silomaisorten in einem Gerätenetzwerk. Dissertation Universität Halle-Wittenberg. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 163
- DEINUM, B., STEG, A., HOF, G. (1984): Measurement and prediction of digestibility of forage maize in the Netherlands. *Anim. Feed Sci. Technol.* 10, 301-313
- DEINUM, B. (1988): Genetic and environmental variation in quality of forage maize in Europe. *Neth. J. Agric. Sci.* 36, 400-403
- DEMARQUILLY, C. (1994): Facteurs de variation de la valeur nutritive du maïs ensilage. *Prod. Anim.* 7, 177-189
- DHANOVA, M.S. (1988): On the analysis of dacron bag data for low degradability feeds. *Grass Forage Sci.* 43, 441-444
- DIERCHEN, E., HOFFMANN, M., BOLDT, E., ULBRICH, M. (1982): Untersuchungen zum Einfluss verschiedener Faktoren auf Kennzahlen der Pansenprotozoen bei Mastbullen *Arch. Tierern.* 32, 209-220
- DUVICK, D.N. (1961): Protein granules of maize endosperm cells. *Cereal Chem.* 38, 374-385
- EADIE, J., MARGRET, J., HYLDGAARD-JENSEN, S.O., MANN, R.S., REID, R.S. (1970): Observations on the microbiology and biochemistry of the rumen in cattle given different quantities of a pelleted barley ration. *Br. J. Nutr.* 24, 157-177
- EKINCI, C., BRODERICK, G.A. (1997): Effect of processing high moisture ear corn on ruminal fermentation and milk yield. *J. Dairy Sci.* 80, 3298
- ENGELHARDT, W.V., BREVES, G. (2000): Lehrbuch der Physiologie der Haustiere. Enke im Hippokrates Verlag GmbH, Stuttgart

- ENGELS, F.M. (1987): Changes in the physical/chemical structures of cell walls during growth and degradation. In: Degradation of lignocellulosics in ruminants and industrial processes (J.M. VAN DER MEER/B.A. RIJKENS/M.P. FERRANTI Hrsg.). Elsevier Applied Science, London, pp. 13-20
- ETTLE, T. (2000): Vergleichende Untersuchungen zur Protein- und Stärkebewertung in der Milchviehfütterung. Dissertation, Technische Universität München
- ETTLE, T., LEBZIEN, P., FLACHOWSKY, G., SCHWARZ, F.J. (2001): Effect of harvest date and variety on ruminal degradability of ensiled maize grains in dairy cows. Arch. Anim. Nutr. 55, 69-84
- FAICHNEY, G.J. (1975): The use of marker to partition digestion within the gastrointestinal tract of ruminants. In: Digestion and Metabolism in the Ruminant (I.W. McDONALD/A.C.I. WARNER Hrsg.) University of New England Publishing Unit, Armidale, pp. 277-291
- FAIREY, N.A. (1980): The effects of hybrid maturity, date of planting, and date of harvesting on growth and development of forage maize. Can J. Plant Sci. 60, 1367-1375
- FAIREY, N.A. (1980): Hybrid maturity and the relative importance of grain and stover for the assessment of the forage potential of maize genotypes grown in marginal and non-marginal environments. Can J. Plant Sci. 60, 539-545
- FESTENSTEIN, G.N. (1958): Cellulolytic enzymes from sheep-rumen liquor microorganisms. Biochem. J. 69, 562-567
- FESTENSTEIN, G.N. (1959): Substrate specificity of rumen cellulolytic enzymes. Biochem. J. 72, 75-79
- FLACHOWSKY, G. (1994): Einsatz von maisstärkehaltigen Futtermitteln. Krafffutter 6: 224-232
- FLACHOWSKY, G., SCHNEIDER, M., OCHRIMENKO, W.I., RICHTER, G.H., LÖHNERT, H.-J. (1988): Methodische Hinweise zur Anwendung der Nylonbeutel-Technik beim Wiederkäuer. Schriftenreihe der Lehrgangseinrichtung für Fütterungsberatung Jena-Jemderoda 11, 20-26
- FLACHOWSKY, G., PEYKER, W., SCHNEIDER, A., HENKEL, K. (1993): Fibre analyses and in sacco degradability of plant fractions of two corn varieties harvested at various times. Anim. Feed Sci. Technol. 43, 41-50
- FLACHOWSKY, G., SCHNEIDER, A., SCHAARMANN, G. (1994a): Was sind und was bewirken Ballaststoffe? Teil I: Definition und chemische Charakteristik Ernährungsumschau 41, 415-419
- FONNESBECK, P.V. (1976): Estimating nutritive value from chemical analyses in: 1st Int. Symp. feed composition, anim. nutr. requirements and computerization of diets. (P.V. FONNESBECK/L.E. HARRIS/L.C. KEARL eds). Utah Agric. Exp. Sta., Utah States Univ., Logan, pp. 219-231

FORD, C.W. (1978): Effect of partial delignification on the in vitro digestibility of cell wall polysaccharides in *Digesta decumbens* (Pangola grass). *Austr. J. agric. Res.* 29, 1157-1166

FORSBERG, C.W., LAM, K. (1977): Use of adenosine 5'-triphosphate as an indicator of the microbiota biomass in rumen contents. *Appl. environm. Microbiol.* 33, 528-537

FRENCH, D. (1973): Chemical and physical properties of starch. *J. Anim. Sci.* 37, 1048-1061

FRITZ, J.O., MOORE, K.J., JASTER, E.H. (1990): Digestion kinetics and cell wall composition of brown midrib sorghum x Sudangrass morphological components. *Crop. Sci.* 30, 213-219

FUWA, H., GLOVER, D.V., FUJITA, S., SUGIMOTO, Y., INOUCHI, N., SUGIHARA, M., YOSHIOKA, S., YAMADA, K. (1999): Structural and physiochemical properties of endosperm starches possessing different alleles at the amylose-extender and waxy locus in maize (*Zea mays L.*). *Starch* 51, 147-151

GAILLARD, B.D. (1962): Relationship between cell-wall constituents of roughages and digestibility of organic matter. *JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE* 59, 369pp

GAILLARD, B.D.E., RICHARDS, G.N. (1975): Presence of soluble lignin-carbohydrate complexes in the bovine rumen. *Carbohydr. Res.* 42, 135-145

GALLAIS, A., POLLACSEK, M., HUGUET, L. (1976): Possibilités de sélection du maïs en tant que plante fourragère. *Ann. Amélior. Plantes* 26, 591-605

GARLEB, K.A., BOURQUIN, L.D., HSU, J.T., WAGNER, G.W., SCHMIDT, S.J., FAHEY, G.C., Jr. (1991): Isolation and chemical analyses of nonfermented fiber fractions of oat hulls and cottonseed hulls. *J. Anim. Sci.* 69, 1255-1271

GAUDILLERE, M., MONTIES, B. (1989): Biochemical and biosynthetic studies on lignification of gramineae. In: *Plant cell wall polymers, biogenesis and biodegradation* (N.G. LEWIS/M.G. PAICE Hrsg.). ACS Symposium Series 399. American Chemical Society, Washington, D.C., pp. 182-192

GEISSLER, CH., HOFFMANN, M., HICKEL, B. (1976): Ein Beitrag zur gaschromatographischen Bestimmung flüchtiger Fettsäuren. *Arch. Tierern.* 26, 123-129

GOERING, H.J., VAN SOEST, P.J. (1970): Forage fibre analysis. (Apparatus, Reagents, Procedure and some Applications). *Agr. Res. Service Agr. Handbook No.379*, Washington

GOTO, M., MATSUOCA, J., SATO, T., EHARA, H., MORITA, O. (1994): Brown midrib mutant maize with reduced levels of phenolic acids ether-linked to the cell walls. *Anim. Feed Sci. Technol.* 48, 27-38

- GRENET, E., BARRY, P. (1988): Colonization of thick-walled plant tissues by anaerobic fungi. *Anim. Feed Sci. Technol.* 19, 25-31
- GRENET, E. (1989): Light microscopy as a method to evaluate structure and degradation of plant cell walls. In: *Physico-chemical characterisation of plant residues for industrial and feed use* (A. CHESSON/E.R. ØRSKOV Hrsg.). Elsevier Applied Science, London, pp. 65-79
- GROSS, F. (1979): Nährstoffgehalt und Verdaulichkeit von Silomais 1. Mitteilung: Bewertung von Silomais. *Das wirtschaftseigene Futter* 25, 215-225
- GROSS, F., PESCHKE, W. (1980b): Nährstoffgehalt und Verdaulichkeit von Silomais 2. Mitteilung: Nährstoffgehalt und Verdaulichkeit von Maisstroh. *Das wirtschaftseigene Futter* 26, 104-117
- GROSS, F., PESCHKE, W. (1981): Gehalt an Nährstoffen und ihre Verdaulichkeit (Schwein) in Körnermais und Maiskolben. *Das wirtschaftseigene Futter* 27, 45-64
- GRUBER, L., KOPALV, H., LETTNER, F., PARRER, F. (1983): Einfluss des Erntezeitpunktes auf den Nährstoffgehalt und den Ertrag von Silomais. *Das wirtschaftseigene Futter* 29, 87-109
- GURRATH, P.A., DHILLON, B.S., POLLMER, W.G., KLEIN, D., ZIMMER, E. (1991): Utility of inbred line evaluation in hybrid breeding for yield and stover digestibility in forage maize. *Maydica* 36, 65-68
- HALL, M.B. (2002): Starch: Analysis, availability, and feeding. Pioneer "Seeds of Animal Nutrition" Symposium - 64th Cornell Nutrition Conference, Syracuse, NY
- HARRISON, D.G., MCALLAN, A. (1998): Factors affecting microbial growth yield in the reticulo-rumen Ed Rackebusch Y and Thivend, In: "Digestive physiol. and metabolism in ruminants", Lancaster, MTP PressLtd, p. 205
- HERRERA-SALDANA, R.E., GOMEZ-ALARCON, R., TORABI, M., HUBER, J.T. (1990): Influence of synchronizing protein and starch degradation in the rumen on nutrient utilization and microbial protein synthesis. *J. Dairy Sci.* 73, 142-148
- HERTER, U., ARNOLD, A., SCHUBIGER, F., MENZI, M. (1996a): Verdaulichkeit, das wichtigste Qualitätsmerkmal bei Silomais. *Agrarforschung* 3, 535-538
- HERTER, U., ARNOLD, A., SCHUBIGER, F., MENZI, M. (1996b): Sorte, Ort, Jahr und Reife bestimmen die Silomaisqualität. *Agrarforschung* 3, 539-542
- HÖNER, K. (2001): Einfluss von Silagen aus unterschiedlichen Maishybriden auf die Umsetzungen im Verdauungstrakt von Milchkühen. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover
- HOGAN, J.P. (1964): The digestion of food by grazing shep. 1. The rate of flow of digesta. *Austr. J. Agric. Res.* 15, 384-396

HOGAN, J.P., WESTON, R.H. (1967): The digestion of chopped and ground roughage by sheep. 2. The digestion of nitrogen and some carbohydrate fractions in the stomach and intestines. *Austr. J. Agric. Res.* 18, 803-819

HOVELL, F.D., NGAMBI, J. W.W., BARBER, W.P., KYLE, D.J. (1986): The voluntary intake of hay by sheep in the relation to its degradability in the rumen as measured in nylon bags. *Anim. Production* 42, 111-119

HOWE, J.C., BARRY, T.N., POPAY, A.I. (1988): Voluntary intake and digestion of gorse (*Ulex europaeus*) by goats and sheep. *J. Agric. Sci. Camb.* 111, 107-114

HRIC.I., KALLUS, B., LEBZIEN, P., SCHWARZ, F.J (2000): Einfluss des Reifestadiums auf die in situ-Abbaubarkeit von Maiskörnern verschiedener Sorten im Pansen von Milchkühen. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 9, 136

HUBER, J.T., THEURER, C.B., SIMAS, J.M., SANTOS, F.P., CHEN, K.H. (1994): Effect of shifting site on starch digestibility on performance of dairy cows. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 4, 39

HUNT, C.W., KEZAR, W., VINANDE, R. (1992): Yield, chemical composition, and ruminal fermentability of corn whole plant, ear and stover as affected by hybrid. *J. Prod. Agric.* 5, 286-290

HUNTER, R.B. (1978): Selection and evaluation procedures for whole-plant corn silage. *Can J. Plant Sci.* 58, 661-678

HUNTER, R.B. (1979): Verfahren zur Selektion und Beurteilung von Mais für Ganzmaissilage. *Übersicht Tierernährung* 7, 51-72

HUNTIGTON, G.B. (1997): Starch utilization by ruminants: From basics to the bunk. *J. Anim. Sci.* 75, 852-867

HUNTINGTON, J.A., GIVENS, D.I. (1995): The in situ technique for studying the rumen degradation of feeds: A review of the procedure. *Nutr. abstr. and rev.* 65, 63-93

IYAMA, K., KASUYA, N., LAM, T.B.T., STONE, B.A. (1991): Lignin in wheat internodes: linkages between phenylpropane units. *J. Sci. Food Agric.* 56, 551-560

IYAMA, K., LAM, T.B.T., STONE, B.A. (1990): Phenolic acid bridges between polysaccharides and lignin in wheat internodes. *Phytochemistry* 29, 733-737

IRLBECK, N.A., RUSSEL, J.B., HALLAUER, A.R., BUXTON, D.R. (1993): Nutritive value and ensiling characteristics of maize stover as influence by hybrid maturity and generation, plant density and harvest day. *Anim. Feed Sci. Technol.* 41, 51-65

JENTSCH, W., WITTENBURG, H. (1993): Ergebnisse aus vergleichenden Untersuchungen von Parametern der Pansenfermentation und zur Verdaulichkeit von Futterrationen bei Rind und Schaf. *Arch. Anim. Nutr.* 43, 345-361

JEROCH, H., FLACHOWSKY, G., WEIßBACH, F. (1993): Futtermittelkunde. Gustav-Fischer-Verlag, Jena

JOHNSON, L.M., HARRISON, J.H., DAVIDSON, D., ROBUTTI, J.L., SWIFT, M. (2002): Corn silage management I: Effects of hybrid, maturity, and mechanical processing on chemical and physical characteristics. *J. Dairy Sci.* 85, 833-853

JOHNSON, D.E., HILL, T.M., WARD, G.M., JOHNSON, K.A., BRANINE, M.E., CARMEAN, B.R., LODMANN, D.W. (1993): Ruminants and other animals. Pages 199-229 in M.A.K. Khalil, ed. Atmospheric methane: sources, sinks, and role in global change. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Germany

JOY, M.T., DEPETERS, E.J., ZINN, R.A. (1997): Effects of corn processing on the site and extent of digestion in lactating cows. *J. Dairy Sci.* 80, 2087-2097

JUNG, H.G. (1985): Inhibition of structural carbohydrate fermentation by forage phenolics. *J. Sci. Food Agric.* 36, 74-80

JUNG, H.G., VOGEL, K.P. (1986): Influence of lignin on digestibility of forage cell wall material. *J. Anim. Sci.* 62, 1703-1712

KAMPHUES, J. (1998): Probleme der art- und bedarfsgerechten Fütterung landwirtschaftlicher Nutztiere. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.* 105, 117-123

KELLNER, R.J., KIRCHGESSNER, M., KREUZER, M. (1985): Einfluss verschiedener Stärkeanteile und Stärkearten in halbsynthetischen Rationen auf die Verdaulichkeit der Nährstoffe beim Schaf. *Landwirtschaftliche Forschung*, 38, 287-297

KOLB, E. (1989): Die Verdauung im Wiederkäuermagen. Lehrbuch der Physiologie der Haustiere, VEB Gustav Fischer Verlag, Jena

KOTARSKI, S.F., WANISKA, R.D., THURN, K.K. (1992): Starch hydrolysis by the ruminal microflora. *J. Nutr.* 122, 178-190

KURTZ, H. (2002): Vergleichende Untersuchung zum Einfluss der Konservierungsform, des Erntezeitpunktes und der Sorte von Silomais auf die ruminale Abbaubarkeit von Maiskörnern. Diplomarbeit, Technische Universität München.

KURTZ, H., ETTLE, T., SCHWARZ, F.J. (2003): Ruminale Abbaubarkeit von Maisstärke - Einfluss von Kornreife und Konservierungsform. *Mais* 2/2003, 31, 71-74

KURTZ, H., FLAßHOFF, F., SCHWARZ, F.J. (2004): Effects of brown-midrib-3 mutation in silage corn on ruminal degradability, digestibility and performance of beef cattle. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 13, 82

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

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

LECHTENBERG, V.L., RHYKERD, C.L., BAUMAN, L.F., BARNES, R.F., MULLER, L.D. (1972): Laboratory and in-vitro evaluation of inbred and F2 populations of brown midrib mutants of zeo-mays I. *AGRONOMY JOURNAL* 64, 657pp

LI, P.X., HARDACRE, A.K., CAMPANELLA, O.H., KIRKPATRICK, K.J. (1996): Determination of albumen characteristics of 38 corn hybrids using the Stenvert Hardness Test. *Cereal Chem.* 73, 466-471

LINDBERG, J.E., KNUTSSON, P.G. (1981): Effect of bag pore size on the loss of particulate matter and on the degradability of cell wall fiber. *Agric. Environ.* 6, 171-182

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

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

LOPEZ, S., DIJKSTRA, J., FRANCE, J. (2000): Prediction of energy supply in ruminants, with emphasis on forages. In: *Forage evaluation in ruminant nutrition* (D.I. GIVENS/E. OWEN/R.F.E. AXFORD/H.M. OMED Hrsg.) CAB International, Wallingford, UK, pp. 63-94

LOPEZ, S., HOVELL, F.D.DeB., MANYUCHI, B, SMART, R.I. (1995): Comparison of sample preparation methods for the determination of the rumen degradation characteristics of fresh and ensiled forages by the nylon bag technique. *Anim. Sci.* 60, 439-450

LOWE, S.E., THEODOROU, M.K., TRINCI, A.P.J. (1987): Cellulases and xylanase of an anaerobic rumen fungus grown on wheat straw, wheat straw holocellulose, cellulose and xylan. *Appl. Environ. Microbiol.* 53, 1216-1223

LUNDEVALL, J.P., BUXTON, D.R., HALLAUER, A.R., GEORGE, J.R. (1994): Forage quality variation among maize inbreds: in vitro digestibility and cell-wall components. *Crop Sci.* 34, 1672-1678

MADSEN, J., HVELPLUND, T. (1994): Prediction of in situ protein degradability in the rumen. Results of an european ringtest. *Livestock Prod. Sci.* 39, 201-212

MAHADEVAN, S., SAUER, F:D:, ERFLE, J.D. (1987): Preparation of protease from mixed rumen microorganisms and its use for the in vitro determination of the dagradability of true protein in feedstuffs. *Can. J. Anim. Sci.* 67, 55-64

- MAINKA, C. (1990): Futterbewertung von Silomais mit der Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS). Dissertation Universität. Kiel. Landbauforschung Völkenrode Sonderheft 119
- MARQUARDT, D.W. (1963): An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters. *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics*. 11, 431-441
- MARVIN, H.J.P., KRECHTING, C.F., VAN LOO, E.N., SNIJDERS, C.H.A., DOLSTRA, O. (1995): Relationship between stalk cell wall digestibility and fibre composition in maize. *J. Sci. Food Agric.* 69, 215-221
- MATTHE, A., LEBZIEN, P., FLACHOWSKY, G. (1999): Influence of maize grain drying process on its in situ degradability in dairy cows. *J. Anim. and Feed Sci.* 8, 379-386
- McALLISTER, T.A., RODE, L.M., CHENG, K.J., BUCHANAN-SMITH, J.G. (1992): Effect of formaldehyde-treated barley or escape protein on the ruminal environment and digestion in steers. *Can. J. Anim. Sci.* 72, 317
- McBURNEY, M.I., VAN SOEST, P.J., CHASE, L.E. (1981): Cation exchange capacity and buffering capacity of neutral-detergent fibres. *J. Sci. Food Agric.* 34, 910
- McBURNEY, M. I., VAN SOEST, P.J., CHASE, L.E. (1983): Cation-exchange capacity and buffering capacity of neutral-detergent fibers. *J. Sci. Food Agric.* 34, 910
- MCCARTHY, R.D., KLUSMEYER, T.H., VICINI, J.L., CLARK, J.H., NELSON, D.R. (1989): Effects of source of protein and carbohydrate on ruminal fermentation and passage of nutrients to the small intestine of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 72, 2002-2016
- McDONALD, I. (1981): A revised model for estimation of protein degradability in the rumen. *J. Agric. Sci., Camb.* 96, 251-252
- MECHIN, V., ARGILLIER, O., BARRIERE, Y., MENANTEAU, V. (1998): Genetic variation in stems of normal and brown midrib 3 maize inbred lines. Towards similarity for in vitro digestibility and cell wall composition. *Maydica* 43, 205-210
- MECHIN, V., ARGILLIER, O., MENANTEAU, V., BARRIERE, Y., MILA, I., POLLET, B., LAPIERRE, C. (2000): Relationship of cell wall composition to in vitro cell wall digestibility of maize inbred line stems. *J. Sci. Food Agric.* 80, 574-580
- MEHREZ, A.Z., ØRSKOV, E.R. (1977): A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agric. Sci. Camb.* 88, 645-650
- MEIJER, G.A.L.; KLOP, A.; DE VISSER, H.; VAN VUUREN, A.M. (1999): Effect of starch on the degradation of neutral detergent fibre in rumen and large intestine of dairy cows. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 8, 82

- MEISSER, M., WYSS, U. (1998): Wettereinfluss auf Wachstum und Reifung von Silomais.  
*Agrarforschung* 5, 317-320
- MENKE, K.H., RAAB, L., SALEWSKI, A., STEINGAß, H., FRITZ, D. (1979): The estimation of the digestibility and metabolisable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they were incubated with rumen liquor. *J. Agric. Sci., Camb.* 93, 217-222
- MERTENS, D.R. (1983): Using neutral detergent fiber to formulate dairy rations and estimate the net energy content of feeds. *Cornell Nurt. Conf., Ithaca, N.Y.*
- MERTENS, D.R. (1977): Dietary fiber components: relationship to the rate and extent of ruminal digestion. *Fed. Proc.* 36, 187-192
- MERTENS, D.R., LOFTEN, J.R. (1980): The effect of starch on forage fiber digestion kinetics in vitro. *J. Dairy Sci.* 63, 1437-1446
- MERTENS, D.R. (2002): Measuring, modeling and feeding. Pioneer "Seeds of Animal Nutrition" Symposium - 64th Cornell Nutrition Conference, Syracuse, NY
- MICHALET-DOREAU, B., PHILIPPEAU, C., DOREAU, M. (1997): In situ and in vitro ruminal starch degradation of untreated and formaldehyde-treated wheat and maize. *Reprod. Nutr. Dev.* 37, 305-312
- MICHALET-DOREAU, B., CHAMPION, M. (1995): Influence of maize genotype on rate of ruminal starch degradation. *Ann. Zootech. (Suppl.)* 44, 191
- MICHALET-DOREAU, B., OULD-BAH, M.Y. (1992): In vitro and in sacco methods for the estimation of dietary nitrogen degradability in the rumen: a review. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 40, 57-86
- MILLS, J.A.N., FRANCE, J., DIJKSTRA, J. (1999a): A review of starch digestion in the lactating dairy cow and proposals for a mechanistic model: 1. Dietary starch characterisation and ruminal starch digestion. *J. Anim. Feed Sci.* 8, 291-340
- MINATO, H., ENDO, A., HIGUSHI, M., OOTOMO, Y., UEMURA, T. (1966): Ecological treatise on the rumen fermentation. I. The fractionation of bacteria attached to the rumen digesta solids. *J. gen. appl. Microbiol.* 12, 39-52
- MOIR, K.W. (1972): The effect of different extraction procedures on the recovery of cell walls in forage and faeces from cattle and sheep. *J. agric. Sci. Camb.* 78, 351-353
- MONTIES, B., CALET, C. (1992): Variability in lignification and utilisation of grasses. *Proc. 14th Gen. Meeting, European Grassland Federation, Lahti, Finland*, pp. 111-129
- MORRISON, I.M. (1983): The effect of physical and chemical treatments on the degradation of wheat and barley straws by rumen liquor-pepsin and pepsin-cellulase systems. *J. Sci. Food Agric.* 34, 1323-1329

- NOCEK, J.E., TAMMINGA, S. (1991): Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.* 74, 3598 - 3629
- NOCEK, J. E. (1988): In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *J. Dairy Sci.* 71, 2051-2069
- NORRIS, F.H., BARNES, R.F., MOORE, F.E., SHENK, F.S. (1976): Predicting forage quality by infrared spectroscopy. *J. Anim. Sci.* 43, 889-897
- OBA, M., ALLEN, M.S. (1999): Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on dry matter intake and productivity of high yielding dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82, 135-142
- OBA, M., ALLEN, M. S. (2000): Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent fiber. 3. Digestibility and microbial efficiency. *J. Dairy Sci.* 83, 1350-1358
- OBA, M., ALLEN, M. S. (2003): Effects of corn grain conservation method on ruminal digestion kinetics for lactating dairy cows at two dietary starch concentrations. *J. Dairy Sci.* 86, 184-194
- OESTMANN, A., SÜDEKUM, K.-H., VOIGT, K., STANGASSINGER, M. (1995): Zur Rolle von Lignin und phenolischen Monomeren in Futtermitteln für Wiederkäuer I. Vorkommen und Nachweisverfahren. *Übers. Tierern.* 23, 105-131
- OHLDE, G.W., BECKER, K., AKIN, D.E., RIGSBY, L.L., LYON, C.E. (1992): Differences in rumen bacterial degradation of morphological fractions in eight cereal straws and the effect of digestion on different types of tissues and mechanical properties of straw stalks. *Anim. Feed Sci. Technol.* 36, 173-186
- OLIVEIRA, J.S., HUBER, J.T., SIMAS, J.M., THEURER, C.B., SWINGLE, R.S. (1995): Effect of sorghum grain processing on site and extent of digestion of starch in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 78, 1318-1327.
- ORPIN, C.G. (1984): The role of ciliate protozoa and fungi in the rumen digestion of plant cell walls. *Anim. Feed Sci. Technol.* 10, 121-143
- ØRSKOV, E.R. (1986): Starch digestion and utilization in ruminants. *J. Anim. Sci.* 63, 1624-1633
- ØRSKOV, E.R. (1992): Protein nutrition in ruminants. Academic Press, London, UK
- ØRSKOV, E.R., McDONALD, J. (1979): The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.(Camb.)* 92, 499-503
- OULD-BAH, M.Y. (1989): Adaption de la technique in sacco à l'étude de la dégradation dans le rumen de l'azote des fourrages, et application à l'étude des fourrages verts et conservés. Thèse, Univ. Sci. Techn. Languedoc, 186 pp.

OVENELL, K.H., NELSON, M.L., FORSETH, J.A., PARISH, S.M. (1996): Variation in chemical composition and nutritional quality among barley cultivars for ruminants. 2. Digestion, ruminal characteristics and in situ disappearance kinetics. *Can. J. Anim. Sci.* 78, 377-388

OWENS, F.N., ZINN, R.A., Kim, Y.K. (1986): Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *J. Anim. Sci.* 63, 1634-1648

PARYS, C., LEBZIEN, P., MATTHE, A., FLACHOWSKY, G. (2000a): In sacco Abbaubarkeit von Mais-Restpflanzen im Pansen von Milchkühen. 112. VDLUFA-Kongress in Stuttgart-Hohenheim, Kurzfassungen der Vorträge. 178

PELL, A.N., SCHOFIELD, P. (1993): Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. *J. Dairy. Sci.* 76, 1063-1073

PHILIPPEAU, C., LANDRY, J., MICHALET-DOREAU, B. (1998): Influence of the biochemical and physical characteristics of the maize grain on ruminal starch degradation. *J. Agric. Food Chem.* 46, 4287-4291

PHILIPPEAU, C., MICHALET-DOREAU, B. (1997): Influence of genotype and stage of maturity on rate of ruminal starch degradation. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 68, 25-35

PHILIPPEAU, C., MICHALET-DOREAU, B. (1998): Influence of genotype and ensiling of corn grain on in situ degradation of starch in the rumen. *J. Dairy Sci.* 81, 2178-2184

PHILIPPEAU, C., MARTIN, C., MICHALET-DOREAU, B. (1999): Influence of grain source on ruminal characteristics and rate, site and extent of digestion in beef steers. *J. Anim. Sci.* 77, 1587-1596

PHILIPPEAU, C., LANDRY, J., MICHALET-DOREAU, B. (2000): Influence of the protein distribution of maize endosperm on ruminal starch degradability. *J. Sci. Food Agric.* 80, 404-408

PHIPPS, R.H. (1996): A crop from over there that's doing rather well over here: Forage maize in the diet of the lactating cow. *J. roy. Agric. Soc. Engl.* 157, 103-115

POND, K.R., ELLIS, W.C., AKIN, D.E (1984): Ingestive mastication and fragmentation of forages. *J. Anim. Sci.* 58, 1567-1574

POORE, M.H., MOORE, J.A., SWINGLE, R.S., ECK, T.P., BROWN, W.H. (1993a): Response of lactating Holstein cows to diets varying in fibre source and ruminal starch degradability. *J. Dairy Sci.* 76, 2235-2243

POORE, M.H., MOORE, J.A., SWINGLE, R.S., ECK, T.P., SWINGLE, R.S., THEURER, C.B. (1993b): Effect of fibre source and ruminal starch degradability on site and extent of digestion in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76, 2244-2253

RATSCHOW, J.P. (1986): Zur Ernte und Konservierung von Körnermais und CCM Mais 4, 16-18

- REMOND, D., CABRERA-ESTRADA, J.I., CHAMPION, M., CHAUVEAU, M., COUDURE, R., PONCET, C. (2004): Effect of corn particle size on site and extent of starch digestion in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87, 1389-1399
- ROBERTSON, J.A. (1988): Physicochemical characteristics of food and the digestion of starch and dietary fibre during gut transit. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 47, 143
- ROBERTSON, J.A., EASTWOOD, M.A., YEOMAN, M.M. (1980): An investigation into the physical properties of fibre prepared from several carrot varieties at different stages of development. *J. Sci. Food Agric.* 31, 633-642
- ROHR, K., LEBZIEN, P., DAENICKE, R., SCHAFFT, H. (1989): Zum Einfluß von Futtergetreide in Milchviehrationen auf die Verdauungsvorgänge und Leistungsparameter  
*Landbauforschung Völkenrode.* 23, 233-236
- ROONEY, L.W., PFLUFELDER, R.L. (1986): Factors affecting starch digestibility with special emphasis on Sorghum and Corn. *J. Anim. Sci.* 63, 1607-1623
- RUSSEL, J.R. (1986): Influence of harvest date on the nutritive value and ensiling characteristics of maize stover. *Anim. Feed Sci. Technol.* 14, 11-27
- RUSSEL, R.B., O'CONNOR, J.D., FOX, D.G., VAN SOEST, P.J., SNIFFEN, C.J. (1992): A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. *J. Anim. Sci.* 70, 3551-3561
- SARKANEN, K.V., LUDWIG, C.H. (1971): Definition and nomenclature in: Lignins. Occurrence, formation, structure and reactions (K.V. SARKANEN/C.H. LUDWIG eds). Wiley-Interscience, New York, pp. 1-18
- SAS INSTITUTE INC. (1988): SAS/STAT User's Guide Release 6.03 Edition, SAS Circle Box 8000, Cary NC, 27512-8000
- SATTER, L.D., ROFFLER, R.E. (1975): Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 58, 1219-1237
- SCHNEIDER, M., FLACHOWSKY, G. (1991): Aspekte zur Faser in der Wiederkäuerernährung. *Arch. Anim. Nutr.* 41, 3-2
- SCHRÖDER, A. (1987): In Vivo- und In Sacco-Untersuchungen bei Milchkühen zur ruminalen Abbaubarkeit des Rohproteins unterschiedlich behandelter Sojaextraktionsschrote. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität Kiel
- SCHULDT, A. (1989): Einfluss der Getreideart, der technischen Behandlung von Getreide sowie der Rationsgestaltung auf Ort und Ausmaß der Verdauung der Getreidestärken in Milchkühen. Dissertation, Agrarwissenschaftliche Fakultät, Kiel
- SCHWARZ, F.J., PEX, E.J. KIRCHGESSNER, M. (1996): Zum Sorteneinfluß von Silomais auf Verdaulichkeit und Energiegehalt von Maissilage bei Rind und Schaf. *Wirtschaftseig. Futter* 42, 161-172

- SHULL, J.M., CHANDRASHEKAR, A., KIRLEIS, A.W., EJETA, G. (1990): Development of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) endosperm in varieties of varying hardness. Food Structure 9, 253-267
- SINGLETON, V.L., KRATZER, F.H. (1969): Toxicity and related physiological activity of phenolic substances of plant origin. J. Agric. Food Chem. 17, 497-512
- SLYTER, L.L., SATTER, L.D., DINIUS, D.A. (1979): Effect of ruminal ammonia concentration on nitrogen utilization by steers. J. Anim. Sci. 48, 906-912
- STERN, M.D., ORTEGA, M.E., SATTER, L.D. (1983): Retention time in rumen and degradation of protein supplements fed to lactating dairy cattle. J. Dairy Sci. 66, 1264-1271
- STERN, M.D., BACH, A., CALSAMIGLIA, S. (1997): Alternative technique for measuring nutrient digestion in ruminants J. Anim. Sci. 75, 2256-2276
- STEWART, C.S. (1986): Rumen function with special reference to fibre digestion in: Anaerobic bacteria in habitats other than man (E.M. BARNES/G.C. READ eds). Blackwell, Oxford, pp. 263-286
- STREETER, M.N., WAGNER, D.G., HIBBERD, C.A., MITCHEL, C.A., OLTJEN, J.W. (1990): Effect of variety of sorghum grain on digestion and availability of dry matter and starch in vitro. Anim. Feed Sci. Technol. 29, 279-187
- STREETER, M.N., WAGNER, D.G., OWENS, F.N., HIBBERD, C.A. (1990a): The effect of pure and partial yellow endosperm sorghum grain hybrids on site and extent of digestion in beef steers. J. Anim. Sci. 69, 2571-2584
- STREETER, M.N., WAGNER, D.G., HIBBERD, C.A., OWENS, F.N. (1990b): Comparison of corn with four sorghum grain hybrids: site and extent of digestion in steers. J. Anim. Sci. 68, 3429-3440
- STREHLER, A. (1976): Konservierung von Körnermais  
AID Bonn-Bad Godesberg
- SÜDEKUM, K.-H., OESTMANN, A., STANGASSINGER, M. (1995): Zur Rolle von Lignin und phenolischen Monomeren in Futtermitteln für Wiederkäuer II. Einfluß auf die Verdauung pflanzlicher Gerüstsubstanzen. Übers. Tierern. 23, 229-260
- SÜDEKUM, K.-H., HASSELMANN, A. (1989): Ausmaß und Ort der Verdauung von Zellwandbestandteilen in Wiederkäuern. Übers. Tierern. 17, 191-227
- SULLINS, R.D., ROONEY, L.W. (1975): Light and scanning electron-microscopic studies of waxy and nonwaxy endosperm sorghum varieties. CEREAL CHEMISTRY 52, 361-366
- TAMMINGA, S., A.M. VAN VUUREN, C.J. VAN DER KOELEN, R.S. KETELAAR, P.I. VAN DER TOGT (1990): Ruminal behaviour of structural carbohydrates, non-structural carbohydrates and crude protein from concentrate ingredients in dairy cows. Neth. J. Agric. Sci 38, 513-526

- TAMMINGA, S. (1979): Protein degradation in the forestomachs of ruminants. *J. Anim. Sci.* 49, 1615-1630
- TAMMINGA, S., VAN VUUREN, A.M. (1988): Formation and utilization of end products of lignocellulose degradation in ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 21, 141-159
- THEANDER, O. (1989): Plant cell walls - their chemical properties and rumen digestion. In: *The roles of protozoa and fungi in ruminant digestion* (J.V. NOLAN/R.A. LENG/D.I. DEMEYER Hrsg.). Penambul Books, Armidale, N.S.W., pp. 1-12
- THEANDER, O., WESTERLUND, E.A. (1986): Studies on dietary fiber. 3. Improved procedures for analysis of dietary fiber. *J. Agric. Food Chem.* 34, 330-336
- THEODOROU, M.K., WILLIAMS, B.A., DHANOA, M.S., McALLAN, A.B., FRANCE, J. (1994): A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 48, 185-197
- THEURER, C.B. (1986): Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *J. Anim. Sci.* 63, 1649-1662
- THEURER, C.B., HUBER, J.T., DELGADO-ELORDUY, A., WANDERLEY, R. (1999): Invited Review: Summary of steam-flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82, 1950-1959
- THIVEND, K. (1970): Utilization of maize starch by ruminants *Ann. Biol. Biochimie Biophysiks* 11, 292
- TILLEY, J.M.A., TERRY, R.A. (1963): A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Brit. Grassl. Soc.* 18, 104-111
- TINE, M.A., McLEOD, K.R., ERDMAN, R.A., BALDWIN, R.L. (2001): Effects of brown midrib corn silage on the energy balance of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 84, 885-895
- TJARDES, K.E., BUSKIRK, D.D., ALLEN, M.S. (2000): Brown midrib-3 corn silage improves digestion but not performance of growing beef steers. *J. Anim. Sci.* 78, 2957-2965
- TOLERA, A., BERG, T., SUNDSTOL, F. (1999): The effect of variety on maize grain and crop residue yield and nutritive value of the stover. *Anim. Feed Sci. Technol.* 79, 165-177
- TOTHI, R., LUND, P., WEISBJERG, M.R., HVELPLUND, T. (2003): Effect of expander processing on fractional rate of maize and barley starch degradation in the rumen of dairy cows estimated using rumen evacuation and in situ techniques. *Anim. Feed Sci. Technol.* 104, 71-94
- TOVAR-GOMEZ, M.R., EMILE, J.C., MICHALET-DOREAU, B., BARRIERE, Y. (1997): in situ degradation kinetics of maize hybrid stalks. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 68, 77-88

- VAN DER MEER, J.M., VAN ES, A.J.H. (1987): Optimal degradation of lignocellulosic feeds by ruminants and in vitro digestibility tests. In: Degradation of lignocellulosics in ruminants and in industrial processes (J.M. VAN DER MEER/B.A. RIJKENS/M.P. FERRANTI Hrsg.) Elsevier Applied Science, London, pp. 21-34
- VAN SOEST, P.J. (1982): Nutritional ecology of the ruminant. O & B Books Inc., Corvallis
- VAN SOEST, P.J., MERTENS, D.R., DEINUM, B. (1978): Preharvest factors influencing quality of conserved forage. *Anim. Sci.* 47, 712-720
- VAN SOEST, P.J. (1985): In recent advances in Animal nutrition. Haresign and Cole, Butterworths Pub., 55
- VAN SOEST, P.J., JONES, L.H.P. (1988): Trace element analytical chemistry in medicine and biology. Walter de Gruyter & Co., Berlin
- VAN SOEST, P.J. (1992): Fiber in the diets of animals and man - a citation-classic commentary on use of detergents in the analysis of fibrous feeds .4. Determination of plant cell-wall constituents by VANSOEST, P.J. and WINE, R.H. and development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages and nutritional ecology of the ruminant by VAN SOEST, P.J.. *AGRICULTURE BIOLOGY & ENVIRONMENTAL SCIENCES* 26, 8-8
- VAN SOEST, P.J. (1994): Nutritional ecology of the ruminant Cornell University Press, 2nd ed.
- VAN SOEST, P.J., WINE, R.H. (1967): Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 50, 50-55
- VAN SOEST, P.J. (1964): New chemical procedures for evaluation forages. *J. Anim. Sci.* 23, 838-845
- VAN SOEST, P.J. (1965): Use of detergents in analysis of fibrous feeds. III. Study of effects of heating and drying on yield of fiber and lignin in forages. *J. Assoc. Offic. Anal. Chem.* 48, 785-790
- VAN SOEST, P.J. (1975): in McDONALD, I.W. and A.C.I. WARNER (Hrsg.): Digestion and Metabolism in the Ruminant. Univ. New England Publ. Unit, Armidale, 351
- VAN VUUREN, A.M., KLOP, A., VAN DER KOELEN, C.J., DE VISSER, H. (1999): Starch and stage of maturity of grass silage: Site of digestion and intestinal nutrient supply in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82, 143-152
- VAN WAES, J., CARLIER, L., VAN WAES, C., VAN BOCKSTAELE, E. (1997): Evaluation of quality characteristics in official trials with silage maize varieties in Belgium. *Neth. J. Agric. Sci.* 45, 277-289

- VANZANT, E.S., COCHRAN, R.C., TITGEMEYER, E.C. (1998): Standardization of in situ techniques for ruminant feedstuff evaluation. *J. Anim. Sci.* 76, 2717-2729
- VAREL, V.H., JUNG, H.G. (1986): Influence of forage phenolics on ruminal fibrolytic bacteria and in vitro fiber degradation. *Appl. Environ. Microbiol.* 52, 275-280
- VARGA, G.A., HOOVER, W.H. (1983): Rate and extent of Neutral Detergent Fibre degradation of feedstuff. *J. Dairy Sci.* 66, 2109-2115
- VERBIC, J., STEKAR, J.M.A., RESNIK-CEPON, M. (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
- WALDO, D.R., SMITH, L.W., COX, E.L. (1972): Model of cellulose disappearance from the rumen. *J. Dairy Sci.* 55, 125-129
- WATSON, S.A. (1987): Measurement and maintenance of quality. In: S.A. Watson and P.E. Ramstad (Ed.) *Corn Chemistry and Technology*. pp 125-183. American Association of Cereal Chemistry Inc., St Paul, MN
- WECHSLER, F.S. (1981): Mathematical models for kinetics of fibre digestion and their application to tropical forages grown in controlled environments. Ph. D. Thesis, Univ. of Georgia, zit. n. Stewart (1986)
- WEDIG, C.L., JASTER, E.H., MOORE, K.J. (1988): Effect of brown midrib and normal genotypes of sorghum x sudangrass on ruminal fluid and particulate rate of passage from the rumen and extent of digestion at various sites along the gastrointestinal tract in sheep. *J. Anim. Sci.* 66, 559-565
- WEIßBACH, F. (1993): Bewerten wir die Qualität des Silomaises richtig? *Mais* 4/93, 162-165
- WELLER, R.F., PHIPPS, R.H., GRIFFITH, E.S. (1984): The nutritive value of normal and brown midrib-3 maize. *J. agric. Sci. Camb.* 103, 223-227
- WERMKE, M. (1985): Trockenmasse-Ertrag, Gerüstsubstanzengehalt und Verdaulichkeit von Silomais in Abhängigkeit von Genotyp, Pflanzenalter und Standort. *Landwirtschaftl. Forschung* 38, 384-394
- WIDYOBROTO, B.P., PEYRAUD, J.L. (1993): Effect of varying the proportion of concentrate with the same starch content in the diet on the passage rate and the ruminal digestion in dairy cows. *Ann Zootech.* 42, 154
- WILLIAMS, C.B., OLTENACU, P.A., SNIFFEN, C.J. (1989): Application of neutral detergent fibre in modelling feed intake, lactation, response, and body weight changes in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 72, 652-663
- WINDHAM, W.R., AKIN, D.E. (1984): Rumen fungi and forage fiber degradation. *Appl. Environ. Microbiol.* 48, 473-476

WOLF, D.P., COORS, J.G., ALBRECHT, K.A., UNDERSANDER, D.J., CARTER, P.R. (1993a): Forage quality of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations. *Crop Sci.* 33, 1353-1359

WOLF, D.P., COORS, J.G., ALBRECHT, K.A., UNDERSANDER, D.J., CARTER, P.R. (1993b): Agronomic evaluations of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations. *Crop Sci.* 33, 1359-1365

YU, P., EGAN, A.R., HOLMES, J.H.G., LEURY, B.J. (1998): Influence of dry roasting of whole faba beans (*vicia faba*) on rumen degradation characteristics in dairy cows, II: Starch. *Asian-Australian J. Anim. Sci.* 11, 503-509

ZIMMER, E., WERMKE, M. (1986): Improving the nutritive value of maize. In: DOLSTRA, O. and MIEDEMA, P. (Hrsg.). *Breeding of silage maize. Proceedings of the 13th Congress of the Maize and Sorghum Section of EUCARPIA*, 9-12 September 1985, Wageningen, the Netherlands, Pudoc, Wageningen, 91-100

## 8. Tabellenanhang

Tab. A0: Beschreibende Sortenliste der Versuchsreihen V1 – V5

Nummer	Name*	Züchter*	Versuch	Getestetes Material	Jahr der Zulassung*	Land der Zulassung*	Nutzungs- richtung*	Hybridform*	Korntyp*	Anmerkungen
1	Abundance	Syngenta Seeds	V2	K	1998	F	S	T- Dreiweghybride	Zw	
2	Achat	KWS Mais	V1, V2	K,K	1996		S, K	S- Einfachhybride	(Ha)	
3	Antares	Syngenta Seeds	V1, V2, V3	K,K,R	1993	F	S, K	S- Einfachhybride	Zw/(Ha)	
4	Antares-BM <sub>3</sub>	Syngenta Seeds	V3	R						Versuchssorte bm <sub>3</sub>
5	Attribut	Saaten-Union	V4	R	1997		S	T- Dreiweghybride	(Ha)	
6	Avenir	Syngenta Seeds	V2	K	(1996)	F, UK	S	S- Einfachhybride	Zw	
7	Barguy	Limagrain Nickerson	V5	K	1992	F	S, K	S- Einfachhybride	Zw/(Ha)	
8	Batawax	Syngenta Seeds	V5	K	2000	F	K	S- Einfachhybride	Zw/(Za)	"waxy"-Typ von NK Baxter
9	Byzance	Syngenta Seeds	V1, V2, V3, V5	K,K,R,K	1996	F	S, K	S- Einfachhybride	Zw	
10	Byzance-1/2BM <sub>3</sub>	Syngenta Seeds	V3	R						Versuchssorte 1/2bm <sub>3</sub>
11	Delitop	Syngenta Seeds	V5	K	2003	F	S, K	S- Einfachhybride	(Ha)	
12	Elide	Advanta GmbH	V4	R	1996	F	S, K	S- Einfachhybride	Zw	
13	Fjord	AgroMais Saatzucht	V2	K	1999		S, K	S- Einfachhybride	(Ha)	
14	Gavott	KWS Mais	V5	K	2000		S, K	S- Einfachhybride	(Ha)	
15	Gelber Badischer Landmais		V5	K	1958		K	(OS- Offenbestäubend)	Ha	Ausgangsmaterial für Hybridzüchtung
16	Goldoli	Saaten-Union	V4	R	1996	F	S	T- Dreiweghybride	Zw	
17	Helga	Pioneer Hi-Bred	V1, V2, V4, V5	K,K,R,K	1989		S, K	S- Einfachhybride	Za	
18	Helix	KWS Mais	V2, V3	K,R	1994		S, K	S- Einfachhybride	Zw	
19	Helix-BM <sub>3</sub>	KWS Mais	V2, V3	K,R						Versuchssorte bm <sub>3</sub>
20	Mondeo	KWS Mais	V1, V2	K,K	1997		S, K	S- Einfachhybride	Zw	
21	NX0451 (NK-Cool)	Syngenta Seeds	V2, V5	K,K	2004		S	S- Einfachhybride	Zw/(Za)	
22	NX0761 (NK-Bull)	Syngenta Seeds	V5	K	2004		S	S- Einfachhybride	Zw	
23	N23-C1	Syngenta Seeds	V5	K	(USA)	USA	S	S- Einfachhybride	Za	NK Brand N23-C1
24	Oldham	Syngenta Seeds	V1, V2, V5	K,K,K	1999		S, K	T- Dreiweghybride	Zw	
25	PG013621	Syngenta Seeds	V4	R	-		S	S- Einfachhybride	Zw	Versuchssorte "low-lignin"
26	Prelude	Syngenta Seeds	V4	R	1999	F	S, K	S- Einfachhybride	Zw/(Ha)	

\*Quelle: Bundessortenamt, Hannover: Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen (großkörnig), Hackfrüchte (außer Kartoffeln); Landbuch Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 160, 3001 Hannover

Tab. A1: pH-Werte im Pansensaft der Tiere zu Versuchsbeginn von Versuchsreihe V1

Datum	Uhrzeit	pH-Wert		
		Tier I	Tier II	Tier III
27.07.02	07:00	7,10	6,97	7,03
	07:30	7,05	6,65	6,85
	08:00	6,88	6,48	6,82
	08:30	6,90	6,58	6,79
	09:00	6,85	6,56	6,80
	09:30	6,82	6,60	6,60
	10:00	6,71	6,49	6,61
	10:30	6,65	6,55	6,69
28.07.02	10:30	6,61	6,63	6,84
29.07.02	10:30	6,68	6,44	6,57

Tab. A2: pH-Werte im Pansensaft der Tiere zu Versuchsbeginn von Versuchsreihe V2

Datum	Uhrzeit	pH-Wert		
		Tier I	Tier II	Tier III
23.11.02	07:00	7,32	7,02	6,99
	07:30	7,15	6,75	6,93
	08:00	6,87	6,35	6,49
	08:30	6,74	6,31	6,46
	09:00	6,72	6,29	6,53
	09:30	6,67	6,43	6,58
	10:00	6,66	6,44	6,48
	10:30	6,73	6,47	6,48
24.11.02	08:00	6,75	6,20	6,48
	10:30	6,64	6,47	6,54

Tab. A3.1: pH-Werte im Pansensaft der Tiere zu Versuchsbeginn von Versuchsreihe V3

Datum	Uhrzeit	pH-Wert		
		Tier I	Tier II	Tier III
14.04.03	07:00	6,99	6,99	6,95
	07:30	6,31	6,20	6,17
	08:00	6,61	6,48	6,40
	08:30	6,65	6,47	6,38
	09:30	6,67	6,61	6,66
	10:30	6,72	6,60	6,68
	11:30	6,70	6,63	6,73

Tab. A3.2: pH-Werte im Pansensaft der Tiere zu Versuchsende von Versuchsreihe V3

Datum	Uhrzeit	pH-Wert		
		Tier I	Tier II	Tier III
03.05.03	07:00	7,04	7,10	7,11
	07:30	6,21	6,22	6,64
	08:00	6,41	6,47	6,68
	08:30	6,47	6,56	6,74
	09:30	6,47	6,71	6,79
	10:30	6,53	6,73	6,78
	11:30	6,61	6,73	6,85

*Tab. A4.1: pH-Werte im Pansensaft der Tiere zu Versuchsbeginn von Versuchsreihe V4*

Datum	Uhrzeit	pH-Wert		
		Tier I	Tier II	Tier III
02.07.03	07:00	7,08	7,02	7,01
	07:30	6,70	6,75	6,65
	08:00	6,77	6,71	6,65
	08:30	6,80	6,72	6,74
	09:30	6,82	6,63	6,75
	10:30	6,81	6,65	6,79
	11:30	6,77	6,79	6,82

*Tab. A4.2: pH-Werte im Pansensaft der Tiere zu Versuchsende von Versuchsreihe V4*

Datum	Uhrzeit	pH-Wert		
		Tier I	Tier II	Tier III
27.07.03	07:00	6,97	7,02	7,01
	07:30	6,50	6,65	6,56
	08:00	6,52	6,61	6,53
	08:30	6,52	6,58	6,40
	09:00	6,53	6,59	6,40
	09:30	6,50	6,49	6,54
	10:30	6,52	6,66	6,53
	11:30	6,68	6,71	6,69

*Tab. A5.1: pH-Werte im Pansensaft der Tiere zu Versuchsbeginn von Versuchsreihe V5*

Datum	Uhrzeit	pH-Wert				
		Tier I	Tier II	Tier III	Tier IV	Tier V
19.11.03	07:00	7,09	6,96	6,94	6,89	6,92
	07:30	6,60	6,54	6,63	6,67	6,73
	08:00	6,67	6,64	6,64	6,71	6,80
	08:30	6,78	6,71	6,72	6,74	6,80
	09:30	6,86	6,75	6,78	6,77	6,88
	10:30	6,84	6,80	6,78	6,88	6,78
	11:30	6,77	6,74	6,81	6,84	6,87

*Tab. A5.2: pH-Werte im Pansensaft der Tiere zu Versuchsbeginn von Versuchsreihe V5*

Datum	Uhrzeit	pH-Wert				
		Tier I	Tier II	Tier III	Tier IV	Tier V
12.12.03	07:00	7,09	7,03	7,02	6,99	7,06
	07:30	6,78	6,76	6,66	6,66	6,76
	08:00	6,80	6,78	6,66	6,68	6,54
	08:30	6,90	6,79	6,69	6,74	6,87
	09:30	6,92	6,80	6,68	6,73	6,83
	10:30	6,84	6,77	6,71	6,62	6,88
	11:30	6,91	6,89	6,68	6,67	6,79

Tab. A6:  $\text{NH}_3$ -Konzentration im Pansensaft der Tiere zu Versuchsende der Versuchsreihe V2

Datum	Uhrzeit	$\text{NH}_3$ -N-Gehalt (mg/100ml)		
		Tier I	Tier II	Tier III
23.11.02	07:00	8,3	6,8	8,4
	07:30	9,5	12,2	10,7
	08:00	12,2	11,7	11,4
	08:30	12,5	8,2	10,2
	09:30	9,2	4,0	7,5
	10:30	4,4	1,3	4,6
	11:30	3,6	1,8	3,5

Tab. A7:  $\text{NH}_3$ -Konzentration im Pansensaft der Tiere zu Versuchsende der Versuchsreihe V3

Datum	Uhrzeit	$\text{NH}_3$ -N-Gehalt (mg/100ml)		
		Tier I	Tier II	Tier III
03.05.03	07:00	6,8	7,4	7,9
	07:30	17,0	18,7	16,7
	08:00	19,3	21,7	15,9
	08:30	18,7	18,1	13,6
	09:30	7,4	7,9	5,1
	10:30	2,6	3,4	3,4
	11:30	3,1	5,4	4,8

Tab. A8:  $\text{NH}_3$ -Konzentration im Pansensaft der Tiere zu Versuchsende der Versuchsreihe V4

Datum	Uhrzeit	$\text{NH}_3$ -N-Gehalt (mg/100ml)		
		Tier I	Tier II	Tier III
27.07.03	07:00	6,2	5,7	6,2
	07:30	18,4	15,6	13,6
	08:00	21,0	17,0	19,3
	08:30	18,1	17,3	20,9
	09:30	8,8	8,5	14,9
	10:30	1,7	4,0	7,9
	11:30	1,7	4,5	5,4

Tab. A9:  $\text{NH}_3$ -Konzentration im Pansensaft der Tiere zu Versuchsende der Versuchsreihe V5

Datum	Uhrzeit	$\text{NH}_3$ -N-Gehalt (mg/100ml)				
		Tier I	Tier II	Tier III	Tier IV	Tier V
12.12.03	07:00	8,5	6,8	9,8	10,2	8,5
	07:30	11,5	16,4	16,2	17,0	13,6
	08:00	14,7	17,0	17,0	17,9	15,3
	08:30	16,0	18,3	19,8	20,0	15,3
	09:30	6,8	9,7	15,3	17,0	8,5
	10:30	3,8	6,8	8,9	9,4	6,8
	11:30	2,1	5,1	5,5	5,5	6,8

Tab. A10.: Rohrnährstoff- und Stärkegehalte der frischen Körner des Versuchs V1 im Mittel der Erntezeitpunkte

Erntezeitpunkt	T (%)	% i.d.T				
		XA	XP	XL	XF	XS
I	50,8 <sup>c</sup>	1,57 <sup>a</sup>	10,3 <sup>a</sup>	4,07 <sup>a</sup>	2,59 <sup>a</sup>	62,2 <sup>c</sup>
II	51,5 <sup>c</sup>	1,55 <sup>a</sup>	9,57 <sup>b</sup>	3,80 <sup>b</sup>	2,19 <sup>b</sup>	66,2 <sup>b</sup>
III	58,7 <sup>b</sup>	1,55 <sup>a</sup>	9,41 <sup>cb</sup>	3,88 <sup>b</sup>	2,20 <sup>b</sup>	67,5 <sup>b</sup>
IV	63,9 <sup>a</sup>	1,57 <sup>a</sup>	8,84 <sup>c</sup>	3,75 <sup>b</sup>	2,20 <sup>b</sup>	70,1 <sup>a</sup>

(n=6); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A11: Rohrnährstoff- und Stärkegehalte der frischen Körner des Versuchs V1 im Sortenmittel

Sorte	T (%)	% i.d.T				
		XA	XP	XL	XF	XS
Achat	59,0 <sup>a</sup>	1,55 <sup>bc</sup>	10,4 <sup>a</sup>	4,02 <sup>a</sup>	2,26 <sup>a</sup>	65,3 <sup>b</sup>
Antares	55,5 <sup>ba</sup>	1,55 <sup>bc</sup>	10,3 <sup>a</sup>	3,84 <sup>ba</sup>	2,27 <sup>a</sup>	65,8 <sup>b</sup>
Byzance	59,2 <sup>a</sup>	1,60 <sup>ba</sup>	9,12 <sup>b</sup>	3,80 <sup>b</sup>	2,22 <sup>a</sup>	67,1 <sup>ba</sup>
Helga	51,1 <sup>b</sup>	1,52 <sup>c</sup>	9,46 <sup>b</sup>	4,03 <sup>a</sup>	2,44 <sup>a</sup>	66,1 <sup>ba</sup>
Mondeo	55,9 <sup>ba</sup>	1,50 <sup>c</sup>	9,73 <sup>ba</sup>	3,86 <sup>ba</sup>	2,38 <sup>a</sup>	66,6 <sup>ba</sup>
Oldham	56,7 <sup>a</sup>	1,63 <sup>a</sup>	8,14 <sup>c</sup>	3,70 <sup>b</sup>	2,21 <sup>a</sup>	68,1 <sup>a</sup>

(n=4); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A12: Trockensubstanz- und Stärkegehalte der frischen Körner des Versuchs V1 im Mittel der Erntezeitpunkte

Erntezeitpunkt	Trockensubstanz (%)	Stärke (% i.d.T)
I	50,8 <sup>c</sup> ± 7,5	62,2 <sup>c</sup> ± 2,0
II	51,5 <sup>c</sup> ± 2,7	66,2 <sup>b</sup> ± 0,9
III	58,7 <sup>b</sup> ± 2,1	67,5 <sup>b</sup> ± 1,7
IV	63,9 <sup>a</sup> ± 1,5	70,1 <sup>a</sup> ± 1,4

±SD (n=6); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A13: Trockensubstanz- und Stärkegehalte der frischen Körner des Versuchs V1 im Sortenmittel

Sorte	Trockensubstanz (%)	Stärke (% i.d.T)
Achat	59,0 <sup>a</sup> ± 4,4	65,3 <sup>b</sup> ± 2,9
Antares	55,5 <sup>ba</sup> ± 8,7	65,8 <sup>b</sup> ± 4,1
Byzance	59,2 <sup>a</sup> ± 5,3	67,1 <sup>ba</sup> ± 2,5
Helga	51,1 <sup>b</sup> ± 9,6	66,1 <sup>ba</sup> ± 3,9
Mondeo	55,9 <sup>ba</sup> ± 6,5	66,6 <sup>ba</sup> ± 2,9
Oldham	56,7 <sup>a</sup> ± 6,0	68,1 <sup>a</sup> ± 4,4

±SD (n=4); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A14: Trockensubstanz- und Stärkegehalte sowie pH-Werte der Körner des Versuchs V1 nach der Silierung im Mittel der Erntezeitpunkte

Erntezeitpunkt	Trockensubstanz (%)	Stärke (% i.d.T)	pH
I	44,5 <sup>d</sup> ± 3,2	60,5 <sup>c</sup> ± 0,8	3,80 <sup>c</sup>
II	52,7 <sup>c</sup> ± 1,9	63,1 <sup>b</sup> ± 1,6	3,97 <sup>cb</sup>
III	58,6 <sup>b</sup> ± 1,7	64,1 <sup>ba</sup> ± 2,1	4,12 <sup>b</sup>
IV	62,0 <sup>a</sup> ± 1,5	65,2 <sup>a</sup> ± 1,6	4,77 <sup>a</sup>

±SD (n=6); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A15: Trockensubstanz- und Stärkegehalte sowie pH-Werte der Körner des Versuchs V1 nach der Silierung im Sortenmittel

Sorte	Trockensubstanz (%)	Stärke (% i.d.T)	pH
Achat	55,7 <sup>a</sup> ± 7,0	63,0 <sup>bc</sup> ± 1,8	4,18 <sup>a</sup>
Antares	56,4 <sup>a</sup> ± 6,7	62,3 <sup>c</sup> ± 1,9	4,13 <sup>a</sup>
Byzance	55,3 <sup>ba</sup> ± 7,9	62,6 <sup>c</sup> ± 0,8	4,25 <sup>a</sup>
Helga	51,0 <sup>c</sup> ± 9,2	64,5 <sup>ba</sup> ± 2,7	4,18 <sup>a</sup>
Mondeo	53,6 <sup>b</sup> ± 7,9	62,0 <sup>c</sup> ± 1,8	4,15 <sup>a</sup>
Oldham	54,7 <sup>ba</sup> ± 7,7	64,9 <sup>a</sup> ± 3,5	4,10 <sup>a</sup>

±SD (n=4); Signifikanzschwelle P<0,05

*Tab. A16: Veränderung des Stärkegehaltes des Körnermaterials des Versuchs V1 durch den Siliervorgang im Mittel der Erntezeitpunkte*

Erntezeitpunkt	Stärkegehalt (% i.d.T)	
	Körner siliert	Körner, frisch (zum Vergleich)
I	60,5	62,2
II	63,1	66,2
III	64,1	67,5
IV	65,2	70,1

*Tab. A17: Veränderung des Stärkegehaltes des Körnermaterials des Versuchs V1 durch den Siliervorgang im Sortenmittel*

Sorte	Stärkegehalt (% i.d.T)	
	Körner siliert	Körner, frisch (zum Vergleich)
Achat	63,0	65,3
Antares	62,3	65,8
Byzance	62,6	67,1
Helga	64,5	66,1
Mondeo	62,0	66,6
Oldham	64,9	68,1

Tab. A18: T-Verluste (%) der silierten Maiskörner des Versuchs V1 in sacco in Abhängigkeit der Inkubationszeit

Sorte	EZP	Inkubationsdauer (h)						
		0	2	4	8	16	24	48
Achat	1	83,9 ±0,2	86,2 ±0,8	78,8 ±2,0	89,7 ±2,0	95,5 ±1,1	96,5 ±1,6	99,2 ±0,1
Achat	2	84,2 ±0,1	83,5 ±1,0	81,9 ±0,5	89,2 ±2,3	93,9 ±1,4	96,2 ±1,0	98,6 ±0,1
Achat	3	81,3 ±0,1	82,5 ±1,5	77,2 ±1,0	90,8 ±0,4	94,5 ±0,3	96,4 ±0,3	97,8 ±0,2
Achat	4	78,1 ±0,1	79,8 ±0,8	71,9 ±1,0	80,2 ±0,4	88,5 ±1,7	93,4 ±1,0	97,0 ±0,4
Antares	1	82,9 ±0,0	76,3 ±0,2	80,3 ±0,5	91,9 ±0,6	95,0 ±0,6	96,7 ±0,8	98,9 ±0,1
Antares	2	78,9 ±0,3	73,8 ±0,2	78,1 ±0,4	89,2 ±1,2	92,1 ±1,2	94,9 ±1,5	98,6 ±0,1
Antares	3	75,4 ±0,3	63,0 ±0,3	73,7 ±1,7	85,7 ±1,7	91,0 ±1,3	93,0 ±1,2	97,9 ±0,2
Antares	4	71,5 ±0,1	60,6 ±1,5	70,4 ±1,1	76,6 ±0,2	86,3 ±1,9	90,7 ±1,5	96,6 ±0,3
Byzance	1	86,8 ±0,1	87,0 ±0,3	82,8 ±0,4	86,7 ±0,6	93,1 ±0,7	95,4 ±0,7	98,4 ±0,3
Byzance	2	83,9 ±0,3	85,6 ±0,5	79,9 ±0,3	84,3 ±1,2	90,7 ±0,9	94,6 ±0,8	98,2 ±0,3
Byzance	3	77,9 ±0,2	78,7 ±0,7	71,0 ±1,4	80,1 ±0,2	88,0 ±0,3	93,3 ±0,6	97,3 ±0,6
Byzance	4	72,3 ±0,3	75,2 ±0,2	67,2 ±0,6	76,0 ±0,0	82,6 ±0,6	88,9 ±0,6	93,6 ±0,7
Helga	1	83,3 ±0,1	83,9 ±1,1	85,2 ±1,0	83,1 ±2,8	92,8 ±1,2	96,3 ±0,6	98,9 ±0,1
Helga	2	88,8 ±0,1	87,8 ±0,8	88,2 ±0,9	85,6 ±1,4	93,1 ±1,3	95,0 ±0,7	98,0 ±0,2
Helga	3	85,7 ±0,1	84,1 ±1,2	82,9 ±1,0	81,0 ±3,1	90,8 ±0,9	94,7 ±0,5	97,6 ±0,4
Helga	4	86,0 ±0,2	84,4 ±1,1	83,7 ±1,2	78,5 ±1,5	90,4 ±1,0	92,2 ±0,6	95,6 ±0,3
Mondeo	1	82,7 ±0,2	84,7 ±0,2	80,0 ±0,3	88,9 ±0,7	95,4 ±0,4	96,9 ±1,1	99,0 ±0,1
Mondeo	2	85,8 ±0,0	86,4 ±0,3	76,4 ±0,2	87,0 ±2,6	95,2 ±0,1	96,9 ±1,1	98,8 ±0,3
Mondeo	3	82,2 ±0,2	84,0 ±0,1	73,5 ±0,3	81,9 ±1,3	92,4 ±0,4	96,0 ±0,9	98,3 ±0,3
Mondeo	4	76,8 ±0,2	79,5 ±0,3	69,0 ±0,4	78,1 ±0,8	88,7 ±0,0	94,1 ±1,3	97,2 ±0,5
Oldham	1	83,5 ±0,1	88,5 ±0,2	77,3 ±0,3	76,2 ±1,7	97,3 ±0,1	98,3 ±0,1	98,7 ±0,3
Oldham	2	87,0 ±0,2	88,0 ±0,6	76,4 ±0,1	75,9 ±0,3	95,3 ±0,3	96,6 ±0,6	98,2 ±0,3
Oldham	3	86,1 ±0,3	85,6 ±0,2	76,0 ±0,1	77,2 ±0,9	94,5 ±0,7	96,3 ±0,1	97,1 ±0,4
Oldham	4	83,8 ±0,1	84,0 ±0,9	71,4 ±2,0	71,6 ±0,2	94,2 ±0,6	96,1 ±0,1	96,8 ±0,5

±SEM (n=4); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A19: T-Verluste (%) der silierten Maiskörner des Versuchs V1 in sacco im Vergleich der Mittelwerte der Inkubationszeiten innerhalb des Erntezeitpunktes

Erntezeitpunkt	Inkubationsdauer (h)						
	0	2	4	8	16	24	48
I	83,9 <sup>d</sup> ±0,3	84,4 <sup>dc</sup> ±0,8	80,7 <sup>e</sup> ±0,6	86,1 <sup>c</sup> ±1,2	94,9 <sup>b</sup> ±0,4	96,7 <sup>b</sup> ±0,4	98,9 <sup>a</sup> ±0,1
II	84,8 <sup>d</sup> ±0,6	84,2 <sup>d</sup> ±1,0	80,2 <sup>e</sup> ±0,9	85,2 <sup>d</sup> ±1,1	93,4 <sup>c</sup> ±0,5	95,7 <sup>b</sup> ±0,4	98,4 <sup>a</sup> ±0,1
III	81,4 <sup>ed</sup> ±0,8	79,7 <sup>e</sup> ±1,6	75,7 <sup>f</sup> ±0,9	82,8 <sup>d</sup> ±1,1	91,9 <sup>c</sup> ±0,5	95,0 <sup>b</sup> ±0,4	97,7 <sup>a</sup> ±0,2
IV	78,1 <sup>d</sup> ±1,1	77,3 <sup>d</sup> ±1,7	72,3 <sup>e</sup> ±1,2	76,8 <sup>d</sup> ±0,6	88,5 <sup>c</sup> ±0,9	92,6 <sup>b</sup> ±0,6	96,1 <sup>a</sup> ±0,3

±SEM (n=24); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A20: T-Verluste (%) der silierten Maiskörner des Versuchs V1 in sacco im Vergleich der Mittelwerte der Inkubationszeiten innerhalb der Sorten

Sorte	Inkubationsdauer (h)						
	0	2	4	8	16	24	48
Achat	81,9 <sup>e</sup> ±0,6	83,0 <sup>e</sup> ±0,8	77,4 <sup>f</sup> ±1,1	87,5 <sup>d</sup> ±1,3	93,1 <sup>c</sup> ±0,9	95,6 <sup>b</sup> ±0,6	98,1 <sup>a</sup> ±0,2
Antares	77,2 <sup>d</sup> ±1,1	68,4 <sup>e</sup> ±1,8	75,6 <sup>d</sup> ±1,1	85,8 <sup>c</sup> ±1,6	91,1 <sup>b</sup> ±1,0	93,8 <sup>b</sup> ±0,8	98,0 <sup>a</sup> ±0,2
Byzance	80,2 <sup>d</sup> ±1,4	81,6 <sup>d</sup> ±1,3	75,2 <sup>e</sup> ±1,7	81,8 <sup>d</sup> ±1,1	88,6 <sup>c</sup> ±1,1	93,0 <sup>b</sup> ±0,7	96,9 <sup>a</sup> ±0,6
Helga	85,9 <sup>d</sup> ±0,5	85,0 <sup>d</sup> ±0,6	85,0 <sup>d</sup> ±0,7	82,0 <sup>e</sup> ±1,2	91,8 <sup>c</sup> ±0,6	94,5 <sup>b</sup> ±0,5	97,5 <sup>a</sup> ±0,3
Mondeo	81,9 <sup>d</sup> ±0,8	83,7 <sup>d</sup> ±0,7	74,7 <sup>e</sup> ±1,0	84,0 <sup>d</sup> ±1,3	92,9 <sup>c</sup> ±0,7	96,0 <sup>b</sup> ±0,6	98,3 <sup>a</sup> ±0,2
Oldham	85,1 <sup>d</sup> ±0,4	86,5 <sup>c</sup> ±0,5	75,3 <sup>e</sup> ±0,7	75,2 <sup>e</sup> ±0,7	95,3 <sup>b</sup> ±0,4	96,8 <sup>a</sup> ±0,3	97,7 <sup>a</sup> ±0,3

±SEM (n=24); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A21: Parameter der potentiellen Abbaubarkeit der silierten Maiskörner des Versuchs V1

Sorte	Erntezeitpunkt	A (%)	a (%)	b (%)	c (%h <sup>-1</sup> )	t <sub>0</sub> (h)
Achat	22.08.01	0,0	82,8	17,2	7,7	2,8
Achat	03.09.01	1,5	83,4	15,2	10,3	4,0
Achat	18.09.01	2,3	80,9	16,8	16,3	4,0
Achat	01.10.01	2,4	76,6	21,1	8,5	5,8
Antares	22.08.01	2,7	79,6	17,7	25,4	3,8
Antares	03.09.01	3,0	76,3	20,7	14,7	3,1
Antares	18.09.01	3,8	69,2	27,0	13,8	2,4
Antares	01.10.01	2,1	66,1	31,8	6,9	2,0
Byzance	22.08.01	0,0	86,1	13,9	4,1	3,8
Byzance	03.09.01	0,9	83,1	16,0	7,3	6,9
Byzance	18.09.01	1,7	75,9	22,5	7,6	5,3
Byzance	01.10.01	0,0	72,6	27,4	3,5	4,9
Helga	22.08.01	0,0	84,1	15,9	9,7	9,1
Helga	03.09.01	0,0	88,2	11,8	4,2	9,8
Helga	18.09.01	2,2	83,4	14,4	10,3	9,0
Helga	01.10.01	0,0	85,1	14,9	1,8	4,8
Mondeo	22.08.01	1,2	82,5	16,4	12,2	4,0
Mondeo	03.09.01	0,0	81,8	18,2	5,5	0,0
Mondeo	18.09.01	0,0	78,2	21,8	4,9	0,0
Mondeo	01.10.01	2,3	75,1	22,6	10,1	6,6
Oldham	22.08.01	0,0	80,2	19,8	5,3	0,0
Oldham	03.09.01	0,0	84,2	15,8	5,2	6,9
Oldham	18.09.01	0,0	83,3	16,7	5,2	6,6
Oldham	01.10.01	0,0	80,4	19,6	5,2	6,8
$\bar{x} \pm s$		1,1 ±1,2	80,0 ±5,4	19,0 ±4,8	8,6 ±5,2	4,7 ±2,8

Tab. A22: Effektive Abbaubarkeit (%) der silierten Maiskörner des Versuchs V1 im Vergleich der Mittelwerte über die Passageraten innerhalb des Erntezeitpunktes

Erntezeitpunkt	Passagerate (k, %/h)			
	2	4	6	8
I	91,0 <sup>a</sup> ±3,5	89,1 <sup>ba</sup> ±2,7	87,8 <sup>ba</sup> ±2,3	86,9 <sup>b</sup> ±2,0
II	91,2 <sup>a</sup> ±2,7	89,1 <sup>ba</sup> ±2,4	87,9 <sup>b</sup> ±2,4	87,0 <sup>b</sup> ±2,4
III	88,6 <sup>a</sup> ±3,1	86,4 <sup>ba</sup> ±2,8	84,9 <sup>b</sup> ±2,8	83,8 <sup>b</sup> ±3,0
IV	87,0 <sup>a</sup> ±2,6	83,9 <sup>ba</sup> ±2,9	82,0 <sup>b</sup> ±3,4	80,7 <sup>b</sup> ±3,8

±SEM (n=6); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A23: Effektive Abbaubarkeit (%) der silierten Maiskörner des Versuchs V1 im Vergleich der Mittelwerte über die Passageraten innerhalb der Sorte

Sorte	Passagerate (k, %/h)			
	2	4	6	8
Achat	89,6 <sup>a</sup> ±3,2	87,7 <sup>a</sup> ±3,3	86,4 <sup>a</sup> ±3,3	85,4 <sup>a</sup> ±3,4
Antares	86,2 <sup>a</sup> ±0,9	83,8 <sup>ba</sup> ±1,5	82,0 <sup>b</sup> ±2,4	80,7 <sup>b</sup> ±3,0
Byzance	88,9 <sup>a</sup> ±3,5	86,0 <sup>a</sup> ±4,4	84,3 <sup>a</sup> ±4,9	83,2 <sup>a</sup> ±5,2
Helga	89,9 <sup>a</sup> ±2,3	88,3 <sup>a</sup> ±2,0	87,3 <sup>a</sup> ±1,9	86,8 <sup>a</sup> ±1,9
Mondeo	90,7 <sup>a</sup> ±5,2	88,2 <sup>a</sup> ±4,7	86,6 <sup>a</sup> ±4,6	85,4 <sup>a</sup> ±4,5
Oldham	91,4 <sup>a</sup> ±2,3	88,8 <sup>ba</sup> ±2,1	87,1 <sup>a</sup> ±2,0	86,1 <sup>a</sup> ±1,9

±SEM (n=4); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A24: Effektive Abbaubarkeiten (%) der silierten Maiskörner des Versuchs V1 für die Passageraten von 4 %/h und 8 %/h sortiert in absteigender Reihenfolge je Erntezeitpunkt

Erntezeitpunkt	Sorte	Passagerate (k, %/h)		Erntezeitpunkt	Sorte	Passagerate (k, %/h)	
		4	8			4	8
I	Oldham	91,5		I	Byzance	89,0	
	Byzance	91,2			Achat	88,2	
	Achat	90,9			Oldham	88,1	
	Mondeo	88,9			Mondeo	86,9	
	Helga	87,4			Helga	85,9	
	Antares	84,6			Antares	83,4	
II	Mondeo	92,3		II	Helga	89,5	
	Helga	90,9			Mondeo	89,2	
	Achat	89,5			Achat	87,5	
	Oldham	88,9			Oldham	86,7	
	Byzance	87,8			Byzance	85,8	
	Antares	85,4			Antares	83,0	
III	Mondeo	90,2		III	Mondeo	86,5	
	Oldham	88,4			Oldham	86,0	
	Achat	86,9			Achat	85,2	
	Helga	86,3			Helga	85,0	
	Byzance	83,8			Byzance	80,6	
	Antares	82,8			Antares	79,3	
IV	Helga	88,5		IV	Helga	86,8	
	Oldham	86,3			Oldham	83,5	
	Achat	83,5			Achat	80,7	
	Antares	82,3			Mondeo	78,9	
	Mondeo	81,4			Byzance	77,3	
	Byzance	81,4			Antares	77,0	

Tab. A25: T-Verluste (%) der silierten Maiskörner des Versuchs V1 in Abhängigkeit der Tiere, Sorten, Erntezeitpunkte, Inkubationszeiten und Durchgänge ( $\pm$ SEM)

Tier		Sorte		Erntezeitpunkt		Inkubationszeit		Durchgang	
1	86,7 <sup>a</sup> $\pm$ 0,6	AC	88,1 <sup>ba</sup> $\pm$ 0,8	I	89,4 <sup>a</sup> $\pm$ 0,6	0	82,0 <sup>ed</sup> $\pm$ 0,5	1	87,1 <sup>a</sup> $\pm$ 0,5
2	87,2 <sup>a</sup> $\pm$ 0,6	AN	84,3 <sup>d</sup> $\pm$ 1,0	II	88,8 <sup>a</sup> $\pm$ 0,6	2	81,4 <sup>e</sup> $\pm$ 0,7	2	86,7 <sup>a</sup> $\pm$ 0,5
3	86,8 <sup>a</sup> $\pm$ 0,6	BY	85,3 <sup>c</sup> $\pm$ 0,8	III	86,3 <sup>b</sup> $\pm$ 0,7	4	77,2 <sup>f</sup> $\pm$ 0,6		
		HE	88,8 <sup>a</sup> $\pm$ 0,6			8	82,7 <sup>d</sup> $\pm$ 0,6		
		MO	87,4 <sup>b</sup> $\pm$ 0,8			16	92,1 <sup>c</sup> $\pm$ 0,4		
		OL	87,4 <sup>b</sup> $\pm$ 0,9			24	95,0 <sup>b</sup> $\pm$ 0,3		
						48	97,8 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1		

Signifikanzschwelle  $P < 0,05$

Tab. A26.1: Zusammensetzung der Frischmasse der Hybriden der Versuchsreihe V2 nach Pflanzenbestandteilen bei der Ernte

Sorte	Erntezeitpunkt	Restpflanze	Frischmasseanteil (%)		
			Kolben	Spindel	Körner
Abondance	27.08.02	71,0	29,0	4,8	24,2
Abondance	09.09.02	64,5	35,5	5,2	30,3
Abondance	25.09.02	63,7	36,3	5,1	31,2
Abondance	07.10.02	58,6	41,4	5,4	35,9
Achat	27.08.02	76,8	23,2	5,3	17,9
Achat	09.09.02	72,1	27,9	5,1	22,8
Achat	25.09.02	69,2	30,8	5,5	25,3
Achat	07.10.02	66,7	33,3	6,0	27,3
Avenir	27.08.02	72,7	27,3	5,5	21,8
Avenir	09.09.02	67,3	32,7	5,2	27,6
Avenir	25.09.02	66,7	33,3	4,7	28,6
Avenir	07.10.02	60,3	39,7	5,9	33,8
Byzance	27.08.02	69,9	30,1	7,0	23,1
Byzance	09.09.02	64,9	35,1	6,8	28,2
Byzance	25.09.02	62,3	37,7	6,9	30,7
Byzance	07.10.02	55,3	44,7	8,6	36,1
Antares	27.08.02	65,9	34,1	5,9	28,2
Antares	09.09.02	58,4	41,6	6,4	35,2
Antares	25.09.02	58,4	41,6	5,9	35,7
Antares	07.10.02	54,8	45,2	6,6	38,6
Fjord	27.08.02	71,0	29,0	6,4	22,6
Fjord	09.09.02	67,5	32,5	6,2	26,3
Fjord	25.09.02	67,7	32,3	5,5	26,8
Fjord	07.10.02	62,2	37,8	6,1	31,7
Helga	27.08.02	72,3	27,7	7,4	20,2
Helga	09.09.02	68,7	31,3	6,1	25,2
Helga	25.09.02	66,3	33,7	5,8	27,9
Helga	07.10.02	59,0	41,0	8,3	32,7
Mondeo	27.08.02	75,6	24,4	8,2	16,2
Mondeo	09.09.02	76,0	24,0	6,9	17,1
Mondeo	25.09.02	73,8	26,2	6,7	19,5
Mondeo	07.10.02	70,3	29,7	8,2	21,4

Tab. A26.2: Zusammensetzung der Frischmasse der Hybriden der Versuchsreihe V2 nach Pflanzenbestandteilen bei der Ernte

Sorte	Erntezeitpunkt	Restpflanze	Frischmasseanteil (%)		
			Kolben	Spindel	Körner
Helix	27.08.02	68,9	31,1	5,4	25,8
Helix	09.09.02	65,8	34,2	5,5	28,7
Helix	25.09.02	62,7	37,3	5,0	32,3
Helix	01.10.02	57,6	42,4	5,4	37,0
Helix-BM <sub>3</sub>	27.08.02	76,3	23,7	5,1	18,6
Helix-BM <sub>3</sub>	09.09.02	71,8	28,2	4,8	23,3
Helix-BM <sub>3</sub>	25.09.02	73,4	26,6	5,0	21,6
Helix-BM <sub>3</sub>	01.10.02	68,7	31,3	5,4	25,9
NX0451	27.08.02	67,0	33,0	6,2	26,8
NX0451	09.09.02	62,9	37,1	7,0	30,1
NX0451	25.09.02	60,1	39,9	6,1	33,9
NX0451	07.10.02	54,1	45,9	7,0	39,0
Oldham	27.08.02	70,2	29,8	8,4	21,4
Oldham	09.09.02	67,8	32,2	8,9	23,3
Oldham	25.09.02	63,9	36,1	7,5	28,6
Oldham	07.10.02	57,8	42,2	9,6	32,6

Tab. A27.1: Trockensubstanzgehalt von Kolben, Spindeln und Körnern der Hybriden der Versuchsreihe V2 zur Ernte

Sorte	Erntezeitpunkt	Trockensubstanz (%)		
		Kolben	Spindel	Körner
Abondance	27.08.02	51,5	45,1	52,8
Abondance	09.09.02	59,6	48,7	61,5
Abondance	25.09.02	62,3	47,6	64,7
Abondance	07.10.02	65,7	49,3	68,2
Achat	27.08.02	48,9	44,4	50,2
Achat	09.09.02	58,4	51,6	59,9
Achat	25.09.02	62,4	50,6	65,0
Achat	07.10.02	64,9	48,3	68,6
Avenir	27.08.02	54,4	43,2	57,2
Avenir	09.09.02	61,7	46,1	64,6
Avenir	25.09.02	65,4	47,1	68,4
Avenir	07.10.02	68,7	48,1	72,3
Byzance	27.08.02	50,8	48,2	51,5
Byzance	09.09.02	58,3	51,6	59,9
Byzance	25.09.02	62,2	50,8	64,7
Byzance	07.10.02	61,9	49,1	65,0
Antares	27.08.02	51,2	39,5	53,6
Antares	09.09.02	59,6	41,8	62,8
Antares	25.09.02	60,9	40,7	64,3
Antares	07.10.02	64,2	42,2	68,0
Fjord	27.08.02	45,6	38,0	47,8
Fjord	09.09.02	54,8	41,1	58,0
Fjord	25.09.02	59,2	40,3	63,0
Fjord	07.10.02	60,6	37,2	65,1
Helga	27.08.02	41,8	40,7	42,1
Helga	09.09.02	52,9	49,2	53,9
Helga	25.09.02	60,8	52,2	62,5
Helga	07.10.02	61,0	48,1	64,2
Mondeo	27.08.02	46,6	41,6	49,2
Mondeo	09.09.02	56,4	46,0	60,7
Mondeo	25.09.02	58,2	42,2	63,8
Mondeo	07.10.02	59,0	42,4	65,3

Tab. A27.2: Trockensubstanzgehalt von Kolben, Spindeln und Körnern der Hybriden der Versuchsreihe V2 zur Ernte

Sorte	Erntezeitpunkt	Trockensubstanz (%)		
		Kolben	Spindel	Körner
Helix	27.08.02	48,0	42,6	49,1
Helix	09.09.02	59,7	42,6	63,0
Helix	25.09.02	64,0	43,0	67,2
Helix	01.10.02	64,2	43,4	67,3
Helix-BM <sub>3</sub>	27.08.02	50,7	39,2	53,9
Helix-BM <sub>3</sub>	09.09.02	57,8	34,7	62,6
Helix-BM <sub>3</sub>	25.09.02	60,5	35,8	66,2
Helix-BM <sub>3</sub>	01.10.02	62,7	35,9	68,4
NX0451	27.08.02	47,6	42,9	48,7
NX0451	09.09.02	57,0	47,3	59,2
NX0451	25.09.02	61,4	45,2	64,3
NX0451	07.10.02	63,1	47,3	66,0
Oldham	27.08.02	47,7	36,2	52,2
Oldham	09.09.02	56,5	34,3	64,9
Oldham	25.09.02	59,0	36,0	65,1
Oldham	07.10.02	59,0	36,4	65,7
	$\bar{x} \pm s$	57,7 ± 6,1	43,7 ± 5,0	60,9 ± 6,9

Tab. A28: Trockensubstanzgehalt von Kolben, Spindeln und Körnern der Hybriden der Versuchsreihe V2 im Mittel der Erntezeitpunkte

Erntezeitpunkt	Trockensubstanz (%)		
	Kolben	Spindel	Körner
I	48,7 <sup>d</sup> ± 3,3	41,8 <sup>b</sup> ± 3,3	50,7 <sup>d</sup> ± 3,8
II	57,7 <sup>c</sup> ± 2,4	44,6 <sup>a</sup> ± 5,8	60,9 <sup>c</sup> ± 3,1
III	61,4 <sup>b</sup> ± 2,1	44,3 <sup>a</sup> ± 5,6	64,9 <sup>b</sup> ± 1,7
IV	62,9 <sup>a</sup> ± 2,8	44,0 <sup>a</sup> ± 5,2	67,0 <sup>a</sup> ± 2,3

±SD (n=12); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A29: Trockensubstanzgehalt von Kolben, Spindeln und Körnern der Hybriden der Versuchsreihe V2 im Sortenmittel

Sorte	Trockensubstanz (%)		
	Kolben	Spindel	Körner
Abondance	59,8 <sup>b</sup> ± 6,1	47,7 <sup>ba</sup> ± 1,9	61,8 <sup>cb</sup> ± 6,6
Achat	58,7 <sup>cb</sup> ± 7,0	48,7 <sup>ba</sup> ± 3,2	60,9 <sup>cbd</sup> ± 8,0
Avenir	62,6 <sup>a</sup> ± 6,1	46,1 <sup>b</sup> ± 2,1	65,6 <sup>a</sup> ± 6,4
Byzance	58,3 <sup>cb</sup> ± 5,3	49,9 <sup>a</sup> ± 1,6	60,3 <sup>cbd</sup> ± 6,3
Antares	59,0 <sup>cb</sup> ± 5,5	41,1 <sup>de</sup> ± 1,2	62,2 <sup>cb</sup> ± 6,1
Fjord	55,1 <sup>e</sup> ± 6,8	39,2 <sup>fe</sup> ± 1,8	58,5 <sup>d</sup> ± 7,7
Helga	54,1 <sup>e</sup> ± 9,0	47,6 <sup>ba</sup> ± 4,9	55,7 <sup>e</sup> ± 10,1
Mondeo	55,1 <sup>e</sup> ± 5,7	43,1 <sup>dc</sup> ± 2,0	59,8 <sup>cd</sup> ± 7,3
Helix	59,0 <sup>cb</sup> ± 7,6	42,9 <sup>dc</sup> ± 0,4	61,7 <sup>cb</sup> ± 8,6
Helix-BM <sub>3</sub>	57,9 <sup>cb</sup> ± 5,2	36,4 <sup>fg</sup> ± 1,9	62,8 <sup>b</sup> ± 6,4
NX0451	57,3 <sup>cd</sup> ± 6,9	45,7 <sup>bc</sup> ± 2,1	59,6 <sup>cd</sup> ± 7,8
Oldham	55,6 <sup>ed</sup> ± 5,4	35,7 <sup>g</sup> ± 1,0	62,0 <sup>cb</sup> ± 6,5

±SD (n=4); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A30.1: Rohnährstoff- und Stärkegehalte der frischen Körner des Versuchs V2

Sorte	Erntezeitpunkt	T (%)	% i.d.T				
			XA	XP	XL	XF	XS
Abondance	27.08.02	52,8	1,67	10,8	5,51	2,64	60,9
Abondance	09.09.02	61,5	1,55	10,1	5,49	2,51	64,2
Abondance	25.09.02	64,7	1,52	10,4	5,21	2,56	65,1
Abondance	07.10.02	68,2	1,49	9,68	5,07	2,40	69,5
Achat	27.08.02	50,2	1,71	10,3	5,95	2,60	61,9
Achat	09.09.02	59,9	1,61	10,1	6,22	2,68	66,1
Achat	25.09.02	65,0	1,51	9,34	6,01	2,57	68,1
Achat	07.10.02	68,6	1,47	9,63	5,92	2,59	68,4
Avenir	27.08.02	57,2	1,46	8,57	5,07	2,37	68,3
Avenir	09.09.02	64,6	1,40	7,79	4,93	2,31	70,9
Avenir	25.09.02	68,4	1,35	7,98	4,83	2,35	71,4
Avenir	07.10.02	72,3	1,29	7,88	4,82	2,35	72,4
Byzance	27.08.02	51,5	1,61	9,98	5,58	2,58	64,2
Byzance	09.09.02	59,9	1,52	9,69	5,85	2,62	67,4
Byzance	25.09.02	64,7	1,50	9,83	5,23	2,58	67,5
Byzance	07.10.02	65,0	1,42	9,42	5,25	2,52	68,4
Antares	27.08.02	53,6	1,59	9,99	5,91	2,59	64,4
Antares	09.09.02	62,8	1,47	9,90	5,72	2,65	67,1
Antares	25.09.02	64,3	1,42	9,01	5,13	2,47	69,1
Antares	07.10.02	68,0	1,43	10,9	5,13	2,66	67,6
Fjord	27.08.02	47,8	1,73	11,1	5,84	2,66	58,7
Fjord	09.09.02	58,0	1,61	10,7	6,34	2,82	61,9
Fjord	25.09.02	63,0	1,52	10,2	6,08	2,74	62,5
Fjord	07.10.02	65,1	1,48	10,4	6,06	2,76	64,1
Helga	27.08.02	42,1	1,67	10,27	4,84	2,40	64,4
Helga	09.09.02	53,9	1,53	9,38	5,11	2,48	67,1
Helga	25.09.02	62,5	1,48	9,42	4,90	2,44	68,4
Helga	07.10.02	64,2	1,44	9,13	4,72	2,37	70,0
Mondeo	27.08.02	49,2	1,63	10,2	5,42	2,49	63,3
Mondeo	09.09.02	60,7	1,50	10,0	5,25	2,59	67,0
Mondeo	25.09.02	63,8	1,46	9,71	4,93	2,55	68,2
Mondeo	07.10.02	65,3	1,46	10,2	4,77	2,45	69,2

Tab. A30.2: Rohnährstoff- und Stärkegehalte der frischen Körner des Versuchs V2

Sorte	Erntezeitpunkt	T (%)	% i.d.T				
			XA	XP	XL	XF	XS
Helix	27.08.02	49,1	1,71	11,3	6,28	2,79	60,2
Helix	09.09.02	63,0	1,58	11,0	6,47	2,83	63,8
Helix	25.09.02	67,2	1,55	11,0	6,45	2,91	65,5
Helix	01.10.02	67,3	1,50	10,6	6,43	2,87	67,7
Helix-BM <sub>3</sub>	27.08.02	53,9	1,67	11,0	6,48	2,82	62,5
Helix-BM <sub>3</sub>	09.09.02	62,6	1,59	11,0	6,59	2,90	65,5
Helix-BM <sub>3</sub>	25.09.02	66,2	1,55	10,8	6,44	2,89	63,3
Helix-BM <sub>3</sub>	01.10.02	68,4	1,46	10,6	6,48	2,89	68,5
NX0451	27.08.02	48,7	1,55	9,07	5,35	2,42	63,5
NX0451	09.09.02	59,2	1,45	8,53	4,98	2,33	65,3
NX0451	25.09.02	64,3	1,42	8,62	5,06	2,39	67,0
NX0451	07.10.02	66,0	1,36	8,51	4,82	2,37	68,5
Oldham	27.08.02	52,2	1,48	8,16	5,07	2,33	65,6
Oldham	09.09.02	64,9	1,41	7,74	5,11	2,30	69,1
Oldham	25.09.02	65,1	1,40	8,22	5,05	2,38	69,1
Oldham	07.10.02	65,7	1,37	8,03	5,34	2,41	69,8
$\bar{x} \pm s$		60,9 ± 6,9	1,51 ± 0,1	9,71 ± 1,0	5,53 ± 0,6	2,56 ± 0,2	66,3 ± 3,1

Tab. A31.1: Stärkegehalt und Zusammensetzung der Stärke des Körnermaterials der Hybriden der Versuchsreihe V2

Sorte	Erntezeitpunkt	% der T (% der Stärke)				
		Stärke	Amylose		Amylopectin	
Abondance	27.08.02	60,9	14,0	(23,0)	46,9	(77,0)
Abondance	09.09.02	64,2	16,6	(25,9)	47,6	(74,1)
Abondance	25.09.02	65,1	17,5	(26,9)	47,6	(73,1)
Abondance	07.10.02	69,5	21,4	(30,8)	48,1	(69,2)
Achat	27.08.02	61,9	14,4	(23,2)	47,5	(76,8)
Achat	09.09.02	66,1	15,7	(23,8)	50,4	(76,2)
Achat	25.09.02	68,1	19,5	(28,7)	48,6	(71,3)
Achat	07.10.02	68,4	18,1	(26,5)	50,3	(73,5)
Avenir	27.08.02	68,3	17,7	(25,9)	50,6	(74,1)
Avenir	09.09.02	70,9	21,8	(30,7)	49,1	(69,3)
Avenir	25.09.02	71,4	21,8	(30,5)	49,6	(69,5)
Avenir	07.10.02	72,4	21,6	(29,8)	50,8	(70,2)
Byzance	27.08.02	64,2	16,7	(26,0)	47,5	(74,0)
Byzance	09.09.02	67,4	17,9	(26,6)	49,5	(73,4)
Byzance	25.09.02	67,5	18,8	(27,8)	48,7	(72,2)
Byzance	07.10.02	68,4	19,2	(28,1)	49,2	(71,9)
Antares	27.08.02	64,4	19,0	(29,5)	45,4	(70,5)
Antares	09.09.02	67,1	19,5	(29,1)	47,6	(70,9)
Antares	25.09.02	69,1	19,7	(28,5)	49,4	(71,5)
Antares	07.10.02	67,6	21,3	(31,5)	46,3	(68,5)
Fjord	27.08.02	58,7	16,6	(28,2)	42,2	(71,8)
Fjord	09.09.02	61,9	17,0	(27,5)	44,9	(72,5)
Fjord	25.09.02	62,5	17,8	(28,4)	44,8	(71,6)
Fjord	07.10.02	64,1	17,6	(27,5)	46,5	(72,5)
Helga	27.08.02	64,4	17,2	(26,7)	47,2	(73,3)
Helga	09.09.02	67,1	18,6	(27,7)	48,5	(72,3)
Helga	25.09.02	68,4	20,5	(30,0)	47,9	(70,0)
Helga	07.10.02	70,0	22,7	(32,4)	47,3	(67,5)
Mondeo	27.08.02	63,3	15,7	(24,8)	47,6	(75,2)
Mondeo	09.09.02	67,0	16,8	(25,1)	50,2	(74,9)
Mondeo	25.09.02	68,2	21,4	(31,3)	46,9	(68,7)
Mondeo	07.10.02	69,2	24,0	(34,7)	45,2	(65,3)

Tab. A31.2: Stärkegehalt und Zusammensetzung der Stärke des Körnermaterials der Hybriden der Versuchsreihe V2

Sorte	Erntezeitpunkt	% der T (% der Stärke)				
		Stärke	Amylose		Amylopectin	
Helix	27.08.02	60,2	17,5	(29,0)	42,7	(71,0)
Helix	09.09.02	63,8	17,4	(27,3)	46,4	(72,7)
Helix	25.09.02	65,5	17,6	(26,8)	48,0	(73,2)
Helix	01.10.02	67,7	17,5	(25,9)	50,2	(74,1)
Helix-BM <sub>3</sub>	27.08.02	62,5	15,0	(24,0)	47,5	(76,0)
Helix-BM <sub>3</sub>	09.09.02	65,5	17,4	(26,6)	48,1	(73,4)
Helix-BM <sub>3</sub>	25.09.02	63,3	16,5	(26,0)	46,8	(74,0)
Helix-BM <sub>3</sub>	01.10.02	68,5	18,2	(26,6)	50,3	(73,4)
NX0451	27.08.02	63,5	19,2	(30,2)	44,3	(69,8)
NX0451	09.09.02	65,3	23,3	(35,6)	42,1	(64,4)
NX0451	25.09.02	67,0	21,8	(32,6)	45,2	(67,4)
NX0451	07.10.02	68,5	20,3	(29,6)	48,2	(70,4)
Oldham	27.08.02	65,6	21,3	(32,5)	44,3	(67,5)
Oldham	09.09.02	69,1	23,5	(34,0)	45,6	(66,0)
Oldham	25.09.02	69,1	20,7	(29,9)	48,4	(70,1)
Oldham	07.10.02	69,8	20,8	(29,8)	49,0	(70,2)
	$\bar{x} \pm s$	60,9 ± 6,9	18,9 ± 2,4		47,4 ± 2,2	

Tab. A32.1: T-Verluste (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V2 in sacco in Abhängigkeit der Inkubationszeit im Pansen

Sorte	Erntezeitpunkt	WL	KLP	Inkubationsdauer (h)						
				0	2	4	8	16	24	48
Abondance	27.08.02	8,6	42,4	51,0	58,3	64,9	69,6	83,0	89,8	98,1
Abondance	09.09.02	7,3	33,6	40,9	48,4	52,2	58,0	72,7	82,0	96,6
Abondance	25.09.02	6,3	28,1	34,4	43,9	46,3	53,4	69,1	78,3	95,4
Abondance	07.10.02	5,4	25,8	31,2	36,4	42,5	50,3	63,7	72,3	93,2
Achat	27.08.02	8,9	34,0	42,9	55,2	59,7	67,3	85,5	90,2	97,5
Achat	09.09.02	7,0	28,8	35,8	46,5	50,5	57,1	76,4	82,4	96,0
Achat	25.09.02	6,2	28,1	34,3	44,9	48,4	54,5	71,3	77,6	94,2
Achat	07.10.02	5,1	24,7	29,8	38,3	43,6	48,9	63,3	74,2	92,8
Avenir	27.08.02	7,1	36,2	43,3	57,0	62,0	67,4	81,3	87,7	97,6
Avenir	09.09.02	6,1	24,4	30,5	36,7	41,3	48,8	63,7	75,8	92,6
Avenir	25.09.02	5,4	21,8	27,2	36,4	40,3	47,5	62,0	73,0	92,2
Avenir	07.10.02	5,0	23,2	28,2	36,1	38,4	45,5	59,9	68,5	88,3
Byzance	27.08.02	8,8	43,8	52,6	59,8	62,7	73,2	86,6	92,3	97,7
Byzance	09.09.02	7,2	31,1	38,3	49,8	53,3	59,2	76,3	81,6	96,3
Byzance	25.09.02	6,2	29,7	35,9	48,5	51,1	54,6	71,6	78,5	94,6
Byzance	07.10.02	5,4	30,5	35,9	45,6	49,1	54,4	67,9	75,2	93,4
Antares	27.08.02	8,1	34,0	42,1	54,4	58,8	63,1	79,3	90,2	98,6
Antares	09.09.02	7,2	30,9	38,1	45,3	50,4	56,7	70,0	83,2	97,1
Antares	25.09.02	5,8	23,7	29,5	42,4	46,2	52,1	64,1	81,5	95,4
Antares	07.10.02	4,9	23,3	28,2	41,1	45,8	50,6	61,2	75,9	93,0
Fjord	27.08.02	10,7	39,1	49,8	65,5	67,4	69,4	85,8	93,8	97,8
Fjord	09.09.02	8,4	19,6	28,0	44,2	47,2	50,6	67,2	81,9	94,9
Fjord	25.09.02	7,7	20,3	28,0	40,5	43,7	49,3	65,0	78,1	93,6
Fjord	07.10.02	6,0	18,8	24,8	36,5	38,8	44,9	59,6	75,5	91,4
Helga	27.08.02	9,1	52,5	61,6	72,2	76,6	83,0	90,8	94,7	98,7
Helga	09.09.02	6,7	35,2	41,9	56,5	59,1	66,4	78,1	87,3	96,9
Helga	25.09.02	6,3	32,4	38,7	46,6	49,7	58,9	71,6	81,3	95,3
Helga	07.10.02	4,9	29,7	34,6	43,4	46,0	55,3	67,3	79,2	92,9
Mondeo	27.08.02	9,2	44,6	53,8	64,5	70,4	75,9	86,5	93,9	98,7
Mondeo	09.09.02	7,3	22,7	30,0	42,4	45,1	51,5	67,7	85,5	96,4
Mondeo	25.09.02	6,7	21,3	28,0	38,7	41,6	50,3	63,8	79,2	95,8
Mondeo	07.10.02	5,3	18,1	23,4	34,4	36,0	43,0	56,3	69,1	93,1

WL: wasserlösliche Fraktion der 0 h; KLP: kleine, wasserunlösliche Partikel der 0 h

Tab. A32.2: T-Verluste (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V2 in sacco in Abhängigkeit der Inkubationszeit im Pansen

Sorte	Erntezeitpunkt	WL	KLP	Inkubationsdauer (h)						
				0	2	4	8	16	24	48
Helix	27.08.02	8,6	41,7	50,3	59,3	68,1	79,0	87,8	96,4	99,7
Helix	09.09.02	7,7	21,2	28,9	42,5	48,5	63,3	74,8	89,1	98,8
Helix	25.09.02	7,0	16,3	23,3	34,1	41,0	55,9	69,8	85,2	98,0
Helix	01.10.02	6,3	15,9	22,2	31,6	37,3	52,5	67,2	79,4	97,4
Helix-BM <sub>3</sub>	27.08.02	9,4	36,1	45,5	52,0	61,7	71,6	87,7	95,8	99,7
Helix-BM <sub>3</sub>	09.09.02	7,5	21,2	28,7	39,4	47,1	58,8	75,0	86,6	99,3
Helix-BM <sub>3</sub>	25.09.02	5,8	16,9	22,7	31,8	39,3	50,3	66,4	79,9	98,0
Helix-BM <sub>3</sub>	01.10.02	4,7	13,3	18,0	25,8	33,1	44,2	62,2	76,4	97,8
NX0451	27.08.02	8,6	47,2	55,8	63,8	71,4	83,8	92,4	97,3	99,7
NX0451	09.09.02	7,4	33,9	41,3	50,2	57,1	67,8	82,1	93,3	99,4
NX0451	25.09.02	6,1	24,0	30,1	42,4	48,0	59,6	75,8	87,7	99,0
NX0451	07.10.02	4,8	21,2	26,0	34,0	41,1	51,3	68,7	85,5	98,3
Oldham	27.08.02	8,0	39,7	47,7	58,9	65,9	81,3	89,1	95,3	99,2
Oldham	09.09.02	7,4	29,9	37,3	46,5	53,5	69,3	80,4	90,8	98,7
Oldham	25.09.02	6,0	26,3	32,3	45,9	51,0	63,1	76,9	89,6	98,8
Oldham	07.10.02	4,8	25,1	29,9	39,6	48,4	61,1	74,1	85,9	98,4
	$\bar{x} \pm s$	6,9 ±1,5	28,8 ±9,0	35,7 ±10,0	46,0 ±10,2	50,9 ±10,4	59,2 ±10,7	73,3 ±9,5	83,8 ±7,6	96,4 ±2,7

WL: wasserlösliche Fraktion der 0 h; KLP: kleine, wasserunlösliche Partikel der 0 h

Tab. A33.1: T-Verluste (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V2 in sacco in Abhängigkeit der Inkubationszeit

Sorte	EZP	Inkubationsdauer (h)						
		0	2	4	8	16	24	48
Abondance	1	51,0 ±0,3	58,3 ±1,7	64,9 ±2,8	69,6 ±2,2	83,0 ±3,1	89,8 ±3,0	98,1 ±0,3
Abondance	2	40,9 ±0,1	48,4 ±1,7	52,2 ±2,7	58,0 ±2,1	72,7 ±2,1	82,0 ±3,8	96,6 ±0,7
Abondance	3	34,4 ±0,2	43,9 ±1,7	46,3 ±1,8	53,4 ±1,9	69,1 ±2,9	78,3 ±3,9	95,4 ±1,3
Abondance	4	31,2 ±0,1	36,4 ±1,4	42,5 ±1,6	50,3 ±1,5	63,7 ±2,8	72,3 ±4,3	93,2 ±2,3
Achat	1	42,9 ±0,3	55,2 ±2,3	59,7 ±3,1	67,3 ±3,2	85,5 ±2,8	90,2 ±3,0	97,5 ±0,7
Achat	2	35,8 ±0,2	46,5 ±1,7	50,5 ±2,5	57,1 ±1,8	76,4 ±2,4	82,4 ±4,4	96,0 ±1,4
Achat	3	34,3 ±0,5	44,9 ±1,3	48,4 ±1,9	54,5 ±1,9	71,3 ±2,2	77,6 ±5,1	94,2 ±2,6
Achat	4	29,8 ±0,2	38,3 ±0,9	43,6 ±1,3	48,9 ±1,1	63,3 ±2,7	74,2 ±4,9	92,8 ±1,9
Avenir	1	43,3 ±0,2	57,0 ±1,9	62,0 ±2,6	67,4 ±2,0	81,3 ±2,3	87,7 ±3,3	97,6 ±0,8
Avenir	2	30,5 ±0,1	36,7 ±1,5	41,3 ±1,3	48,8 ±1,5	63,7 ±1,3	75,8 ±3,4	92,6 ±2,7
Avenir	3	27,2 ±0,3	36,4 ±1,0	40,3 ±1,3	47,5 ±1,4	62,0 ±0,8	73,0 ±4,4	92,2 ±2,0
Avenir	4	28,2 ±0,0	36,1 ±1,3	38,4 ±0,9	45,5 ±0,9	59,9 ±1,2	68,5 ±4,4	88,3 ±2,5
Byzance	1	52,6 ±0,3	59,8 ±2,6	62,7 ±2,2	73,2 ±2,1	86,6 ±1,7	92,3 ±3,1	97,7 ±0,7
Byzance	2	38,3 ±0,2	49,8 ±1,5	53,3 ±2,1	59,2 ±1,2	76,3 ±1,9	81,6 ±2,5	96,3 ±1,0
Byzance	3	35,9 ±0,6	48,5 ±1,6	51,1 ±2,2	54,6 ±1,8	71,6 ±1,7	78,5 ±3,1	94,6 ±1,4
Byzance	4	35,9 ±0,1	45,6 ±1,2	49,1 ±2,1	54,4 ±1,3	67,9 ±1,9	75,2 ±3,8	93,4 ±0,9
Antares	1	42,1 ±0,3	54,4 ±2,6	58,8 ±3,1	63,1 ±2,7	79,3 ±1,5	90,2 ±3,4	98,6 ±0,5
Antares	2	38,1 ±0,3	45,3 ±2,4	50,4 ±2,9	56,7 ±2,9	70,0 ±2,1	83,2 ±4,1	97,1 ±1,2
Antares	3	29,5 ±0,4	42,4 ±2,6	46,2 ±3,1	52,1 ±2,9	64,1 ±2,7	81,5 ±5,0	95,4 ±2,1
Antares	4	28,2 ±0,1	41,1 ±1,4	45,8 ±2,8	50,6 ±2,0	61,2 ±2,7	75,9 ±4,8	93,0 ±2,7
Fjord	1	49,8 ±0,1	65,5 ±1,9	67,4 ±2,7	69,4 ±1,3	85,8 ±2,8	93,8 ±3,0	97,8 ±1,2
Fjord	2	28,0 ±0,3	44,2 ±2,9	47,2 ±2,7	50,6 ±2,5	67,2 ±3,1	81,9 ±4,0	94,9 ±2,9
Fjord	3	28,0 ±0,2	40,5 ±2,5	43,7 ±2,6	49,3 ±2,8	65,0 ±3,0	78,1 ±4,4	93,6 ±2,5
Fjord	4	24,8 ±0,3	36,5 ±1,8	38,8 ±2,3	44,9 ±3,0	59,6 ±2,1	75,5 ±4,3	91,4 ±2,8
Helga	1	61,6 ±0,5	72,2 ±2,9	76,6 ±3,2	83,0 ±2,8	90,8 ±2,2	94,7 ±2,8	98,7 ±0,5
Helga	2	41,9 ±0,1	56,5 ±2,5	59,1 ±2,4	66,4 ±2,8	78,1 ±3,0	87,3 ±5,1	96,9 ±1,3
Helga	3	38,7 ±0,6	46,6 ±2,1	49,7 ±2,7	58,9 ±3,0	71,6 ±2,5	81,3 ±4,7	95,3 ±1,4
Helga	4	34,6 ±0,4	43,4 ±2,3	46,0 ±2,1	55,3 ±3,1	67,3 ±2,4	79,2 ±4,6	92,9 ±2,2
Mondeo	1	53,8 ±0,1	64,5 ±2,9	70,4 ±3,3	75,9 ±2,6	86,5 ±1,6	93,9 ±3,3	98,7 ±0,5
Mondeo	2	30,0 ±0,5	42,4 ±2,2	45,1 ±2,6	51,5 ±2,8	67,7 ±2,4	85,5 ±4,6	96,4 ±1,5
Mondeo	3	28,0 ±0,1	38,7 ±1,4	41,6 ±2,6	50,3 ±2,9	63,8 ±2,3	79,2 ±4,2	95,8 ±1,9
Mondeo	4	23,4 ±0,3	34,4 ±1,3	36,0 ±1,6	43,0 ±2,8	56,3 ±2,3	69,1 ±4,9	93,1 ±3,6

±SEM (n=6 für 2, 4, 8, 16 h; n=3 für 0, 24, 48 h); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A33.2: T-Verluste (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V2 in sacco in Abhängigkeit der Inkubationszeit

Sorte	EZP	Inkubationsdauer (h)						
		0	2	4	8	16	24	48
Helix	1	50,3 ±0,2	59,3 ±2,2	68,1 ±2,0	79,0 ±2,2	87,8 ±1,9	96,4 ±0,0	99,7 ±0,1
Helix	2	28,9 ±0,5	42,5 ±1,3	48,5 ±1,5	63,3 ±3,0	74,8 ±2,8	89,1 ±2,2	98,8 ±0,3
Helix	3	23,3 ±0,0	34,1 ±0,7	41,0 ±0,9	55,9 ±3,1	69,8 ±1,4	85,2 ±2,4	98,0 ±0,3
Helix	4	22,2 ±0,3	31,6 ±1,1	37,3 ±0,9	52,5 ±2,9	67,2 ±2,1	79,4 ±2,7	97,4 ±0,7
Helix-BM <sub>3</sub>	1	45,5 ±0,2	52,0 ±1,9	61,7 ±2,2	71,6 ±2,9	87,7 ±1,2	95,8 ±1,0	99,7 ±0,2
Helix-BM <sub>3</sub>	2	28,7 ±0,4	39,4 ±2,1	47,1 ±1,2	58,8 ±1,7	75,0 ±2,3	86,6 ±0,3	99,3 ±0,0
Helix-BM <sub>3</sub>	3	22,7 ±0,1	31,8 ±1,4	39,3 ±1,0	50,3 ±1,3	66,4 ±2,4	79,9 ±1,8	98,0 ±0,3
Helix-BM <sub>3</sub>	4	18,0 ±0,1	25,8 ±0,9	33,1 ±0,7	44,2 ±1,6	62,2 ±2,8	76,4 ±1,1	97,8 ±0,2
NX0451	1	55,8 ±0,1	63,8 ±2,0	71,4 ±2,0	83,8 ±1,4	92,4 ±1,5	97,3 ±0,3	99,7 ±0,1
NX0451	2	41,3 ±0,5	50,2 ±1,2	57,1 ±1,6	67,8 ±0,8	82,1 ±1,9	93,3 ±1,4	99,4 ±0,0
NX0451	3	30,1 ±0,1	42,4 ±1,1	48,0 ±0,8	59,6 ±2,0	75,8 ±2,1	87,7 ±2,0	99,0 ±0,0
NX0451	4	26,0 ±0,3	34,0 ±0,6	41,1 ±0,9	51,3 ±2,0	68,7 ±2,0	85,5 ±2,0	98,3 ±0,2
Oldham	1	47,7 ±0,4	58,9 ±2,3	65,9 ±1,9	81,3 ±1,4	89,1 ±2,2	95,3 ±1,5	99,2 ±0,1
Oldham	2	37,3 ±0,3	46,5 ±1,4	53,5 ±1,3	69,3 ±1,6	80,4 ±2,5	90,8 ±2,9	98,7 ±0,4
Oldham	3	32,3 ±0,2	45,9 ±1,3	51,0 ±1,0	63,1 ±1,4	76,9 ±1,1	89,6 ±1,5	98,8 ±0,0
Oldham	4	29,9 ±0,2	39,6 ±1,1	48,4 ±1,1	61,1 ±0,9	74,1 ±1,7	85,9 ±2,5	98,4 ±0,1

±SEM (n=6 für 2, 4, 8, 16 h; n=3 für 0, 24, 48 h); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A34: T-Verluste (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V2 in sacco im Vergleich der Mittelwerte über die Passageraten innerhalb des Erntezeitpunktes

Erntezeitpunkt	Inkubationsdauer (h)						
	0	2	4	8	16	24	48
I	49,7 <sup>g</sup> ±0,9	60,1 <sup>f</sup> ±0,9	65,8 <sup>e</sup> ±0,9	73,7 <sup>d</sup> ±1,0	86,3 <sup>c</sup> ±0,7	93,1 <sup>b</sup> ±0,8	98,6 <sup>a</sup> ±0,2
II	35,0 <sup>g</sup> ±0,9	45,7 <sup>f</sup> ±0,8	50,4 <sup>e</sup> ±0,8	59,0 <sup>d</sup> ±1,0	73,7 <sup>c</sup> ±0,9	85,0 <sup>b</sup> ±1,1	96,9 <sup>a</sup> ±0,5
III	30,4 <sup>g</sup> ±0,8	41,3 <sup>f</sup> ±0,7	45,6 <sup>e</sup> ±0,7	54,1 <sup>d</sup> ±0,8	69,0 <sup>c</sup> ±0,8	80,8 <sup>b</sup> ±1,2	95,9 <sup>a</sup> ±0,5
IV	27,7 <sup>g</sup> ±0,8	36,9 <sup>f</sup> ±0,7	41,7 <sup>e</sup> ±0,7	50,2 <sup>d</sup> ±0,8	64,3 <sup>c</sup> ±0,8	76,4 <sup>b</sup> ±1,3	94,2 <sup>a</sup> ±0,7

±SEM (n=72 für 2, 4, 8, 16 h; n=36 für 0, 24, 48 h); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A35: T-Verluste (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V2 in sacco im Vergleich der Mittelwerte über die Passageraten innerhalb der Sorten

Sorte	Inkubationsdauer (h)						
	0	2	4	8	16	24	48
Abondance	39,3 <sup>f</sup> ±2,3	46,7 <sup>e</sup> ±1,8	51,4 <sup>e</sup> ±2,1	57,8 <sup>d</sup> ±1,8	72,2 <sup>c</sup> ±2,0	80,6 <sup>b</sup> ±2,5	95,8 <sup>a</sup> ±0,8
Achat	35,7 <sup>f</sup> ±1,4	46,2 <sup>e</sup> ±1,5	50,6 <sup>e</sup> ±1,6	56,9 <sup>d</sup> ±1,7	74,1 <sup>c</sup> ±2,1	81,1 <sup>b</sup> ±2,6	95,1 <sup>a</sup> ±0,9
Avenir	32,3 <sup>f</sup> ±2,0	41,6 <sup>e</sup> ±2,0	45,5 <sup>e</sup> ±2,1	52,3 <sup>d</sup> ±2,0	66,7 <sup>c</sup> ±1,9	76,2 <sup>b</sup> ±2,7	92,7 <sup>a</sup> ±1,3
Byzance	40,7 <sup>f</sup> ±2,1	50,9 <sup>e</sup> ±1,4	54,0 <sup>e</sup> ±1,5	60,4 <sup>d</sup> ±1,8	75,6 <sup>c</sup> ±1,7	81,9 <sup>b</sup> ±2,4	95,5 <sup>a</sup> ±0,7
Antares	34,5 <sup>f</sup> ±1,8	45,8 <sup>e</sup> ±1,5	50,3 <sup>e</sup> ±1,8	55,6 <sup>d</sup> ±1,6	68,7 <sup>c</sup> ±1,8	82,7 <sup>b</sup> ±2,4	96,0 <sup>a</sup> ±1,0
Fjord	32,7 <sup>e</sup> ±3,0	46,7 <sup>d</sup> ±2,6	49,3 <sup>d</sup> ±2,6	53,6 <sup>d</sup> ±2,3	69,4 <sup>c</sup> ±2,4	82,3 <sup>b</sup> ±2,7	94,4 <sup>a</sup> ±1,3
Helga	44,2 <sup>f</sup> ±3,1	54,7 <sup>e</sup> ±2,6	57,9 <sup>e</sup> ±2,8	65,9 <sup>d</sup> ±2,6	77,0 <sup>c</sup> ±2,2	85,6 <sup>b</sup> ±2,6	95,9 <sup>a</sup> ±0,9
Mondeo	33,8 <sup>f</sup> ±3,6	45,0 <sup>e</sup> ±2,6	48,3 <sup>ed</sup> ±3,0	55,2 <sup>d</sup> ±2,9	68,6 <sup>c</sup> ±2,5	81,9 <sup>b</sup> ±3,3	96,0 <sup>a</sup> ±1,1
Helix	31,1 <sup>f</sup> ±3,4	41,9 <sup>e</sup> ±2,4	48,7 <sup>e</sup> ±2,6	62,7 <sup>d</sup> ±2,5	74,9 <sup>c</sup> ±1,9	87,5 <sup>b</sup> ±2,1	98,5 <sup>a</sup> ±0,3
Helix-BM <sub>3</sub>	28,7 <sup>g</sup> ±3,1	37,3 <sup>f</sup> ±2,2	45,3 <sup>e</sup> ±2,3	56,2 <sup>d</sup> ±2,3	72,8 <sup>c</sup> ±2,3	84,7 <sup>b</sup> ±2,3	98,7 <sup>a</sup> ±0,3
NX0451	38,3 <sup>f</sup> ±3,5	47,6 <sup>e</sup> ±2,4	54,4 <sup>e</sup> ±2,5	65,6 <sup>d</sup> ±2,6	79,7 <sup>c</sup> ±2,0	90,9 <sup>b</sup> ±1,6	99,1 <sup>a</sup> ±0,2
Oldham	36,8 <sup>g</sup> ±2,1	47,7 <sup>f</sup> ±1,6	54,7 <sup>e</sup> ±1,5	68,7 <sup>d</sup> ±1,8	80,1 <sup>c</sup> ±1,5	90,4 <sup>b</sup> ±1,4	98,8 <sup>a</sup> ±0,1

±SEM (n=24 für 2, 4, 8, 16 h; n=12 für 0, 24, 48 h); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A36.1: Parameter der potentiellen Abbaubarkeit der frischen Maiskörner des Versuchs V2

Sorte	Erntezeitpunkt	A (%)	a (%)	b (%)	c (%h <sup>-1</sup> )	t <sub>0</sub> (h)
Abondance	27.08.02	0,0	52,0	48,1	6,5	0,0
Abondance	09.09.02	0,0	41,2	58,8	4,9	0,0
Abondance	25.09.02	0,0	35,4	64,6	4,7	0,0
Abondance	07.10.02	0,0	31,2	68,8	4,1	0,0
Achat	27.08.02	1,4	44,4	54,2	8,0	0,0
Achat	09.09.02	0,0	37,4	62,6	5,6	0,0
Achat	25.09.02	0,0	36,5	63,5	4,7	0,0
Achat	07.10.02	0,0	31,2	68,8	4,2	0,0
Avenir	27.08.02	1,6	46,9	51,6	7,0	0,0
Avenir	09.09.02	0,0	30,2	69,8	4,3	0,0
Avenir	25.09.02	0,0	28,6	71,4	4,1	0,0
Avenir	07.10.02	0,0	29,2	70,8	3,5	0,0
Byzance	27.08.02	0,8	52,6	46,7	7,9	0,3
Byzance	09.09.02	0,0	40,8	59,2	5,3	0,0
Byzance	25.09.02	0,0	39,1	60,9	4,6	0,0
Byzance	07.10.02	0,0	38,2	61,8	4,1	0,0
Antares	27.08.02	0,0	44,3	55,7	6,5	0,0
Antares	09.09.02	0,0	38,2	61,8	5,0	0,0
Antares	25.09.02	0,0	32,3	67,7	4,8	0,0
Antares	07.10.02	0,0	32,1	67,9	4,2	0,0
Fjord	27.08.02	0,4	53,6	46,0	7,5	0,0
Fjord	09.09.02	0,0	32,2	67,8	5,0	0,0
Fjord	25.09.02	0,0	30,6	69,4	4,6	0,0
Fjord	07.10.02	0,0	26,8	73,3	4,2	0,0
Helga	27.08.02	2,3	63,4	34,3	11,1	0,0
Helga	09.09.02	1,3	45,8	52,9	6,4	0,0
Helga	25.09.02	0,0	39,4	60,6	4,9	0,0
Helga	07.10.02	0,0	35,8	64,2	4,5	0,0
Mondeo	27.08.02	0,9	56,0	43,1	8,5	0,0
Mondeo	09.09.02	0,0	31,4	68,7	5,4	0,0
Mondeo	25.09.02	0,0	29,2	70,8	4,8	0,0
Mondeo	07.10.02	0,0	24,9	75,1	3,8	0,0

Tab. A36.2: Parameter der potentiellen Abbaubarkeit der frischen Maiskörner des Versuchs V2

Sorte	Erntezeitpunkt	A (%)	a (%)	b (%)	c (%h <sup>-1</sup> )	t <sub>0</sub> (h)
Helix	27.08.02	0,2	50,6	49,1	10,2	0,0
Helix	09.09.02	0,0	31,0	69,0	7,3	0,0
Helix	25.09.02	0,0	23,9	76,1	6,4	0,0
Helix	01.10.02	0,0	22,5	77,5	5,7	0,0
Helix-BM <sub>3</sub>	27.08.02	0,0	44,1	55,9	9,2	0,0
Helix-BM <sub>3</sub>	09.09.02	0,0	29,5	70,5	6,8	0,0
Helix-BM <sub>3</sub>	25.09.02	0,0	23,1	76,9	5,6	0,0
Helix-BM <sub>3</sub>	01.10.02	0,0	18,0	82,0	5,3	0,3
NX0451	27.08.02	0,5	55,8	43,7	12,6	0,4
NX0451	09.09.02	0,0	41,2	58,9	7,9	0,0
NX0451	25.09.02	0,0	31,4	68,6	6,9	0,0
NX0451	07.10.02	0,0	26,0	74,0	6,1	0,4
Oldham	27.08.02	1,5	47,8	50,8	11,9	0,0
Oldham	09.09.02	0,3	37,4	62,4	8,0	0,0
Oldham	25.09.02	0,0	34,3	65,7	7,2	0,0
Oldham	07.10.02	0,0	31,0	69,0	6,7	0,0
	–	0,2	37,1	62,7	6,2	0,0
	× ± s	±0,5	±10,1	±10,4	±2,1	±0,1

Tab. A37.1: Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V2 in Abhängigkeit der Passageraten

Sorte	Erntezeitpunkt	Passagerate (k, %/h)			
		2	4	6	8
Abondance	27.08.02	88,6	81,6	76,9	73,4
Abondance	09.09.02	83,0	73,6	67,6	63,6
Abondance	25.09.02	80,6	70,1	63,6	59,1
Abondance	07.10.02	77,4	66,0	59,1	54,5
Achat	27.08.02	87,8	80,6	75,5	71,6
Achat	09.09.02	83,5	73,8	67,5	63,1
Achat	25.09.02	81,0	70,7	64,3	59,9
Achat	07.10.02	77,6	66,2	59,3	54,7
Avenir	27.08.02	87,0	79,7	74,7	71,0
Avenir	09.09.02	77,8	66,3	59,2	54,5
Avenir	25.09.02	76,7	64,9	57,7	52,9
Avenir	07.10.02	74,4	62,3	55,4	50,8
Byzance	27.08.02	88,6	82,4	77,9	74,6
Byzance	09.09.02	83,8	74,6	68,6	64,4
Byzance	25.09.02	81,5	71,6	65,5	61,3
Byzance	07.10.02	79,8	69,5	63,3	59,2
Antares	27.08.02	86,9	78,8	73,3	69,3
Antares	09.09.02	82,4	72,7	66,4	62,1
Antares	25.09.02	80,2	69,3	62,5	57,8
Antares	07.10.02	78,0	66,8	60,0	55,4
Fjord	27.08.02	89,9	83,6	79,2	75,9
Fjord	09.09.02	80,7	70,0	63,1	58,4
Fjord	25.09.02	79,0	67,7	60,7	55,9
Fjord	07.10.02	76,3	64,2	56,8	51,9
Helga	27.08.02	92,5	88,6	85,6	83,3
Helga	09.09.02	86,1	78,4	73,2	69,4
Helga	25.09.02	82,4	72,8	66,6	62,4
Helga	07.10.02	80,3	69,8	63,3	58,9
Mondeo	27.08.02	90,8	85,2	81,2	78,1
Mondeo	09.09.02	81,4	70,8	63,9	59,0
Mondeo	25.09.02	79,1	67,8	60,6	55,7
Mondeo	07.10.02	74,3	61,7	54,2	49,2

Tab. A37.2: Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V2 in Abhängigkeit der Passageraten

Sorte	Erntezeitpunkt	Passagerate (k, %/h)			
		2	4	6	8
Helix	27.08.02	91,7	85,9	81,6	78,2
Helix	09.09.02	85,1	75,5	68,8	63,9
Helix	25.09.02	82,0	70,9	63,3	57,9
Helix	01.10.02	79,8	68,0	60,2	54,7
Helix-BM <sub>3</sub>	27.08.02	90,0	83,0	77,9	74,0
Helix-BM <sub>3</sub>	09.09.02	84,0	74,0	67,0	62,0
Helix-BM <sub>3</sub>	25.09.02	79,7	67,9	60,1	54,7
Helix-BM <sub>3</sub>	01.10.02	76,1	63,3	55,0	49,2
NX0451	27.08.02	91,4	86,9	83,3	80,5
NX0451	09.09.02	88,1	80,2	74,6	70,4
NX0451	25.09.02	84,5	74,8	68,0	63,1
NX0451	07.10.02	79,9	68,8	61,5	56,2
Oldham	27.08.02	91,2	85,8	81,5	78,1
Oldham	09.09.02	87,3	78,9	73,0	68,5
Oldham	25.09.02	85,7	76,6	70,2	65,4
Oldham	07.10.02	84,1	74,2	67,4	62,4
$\bar{x} \pm s$		83,1 $\pm$ 5,0	73,7 $\pm$ 7,1	67,5 $\pm$ 8,3	63,1 $\pm$ 8,9

Tab. A38: Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V2 im Vergleich der Mittelwerte über die Passageraten innerhalb des Erntezeitpunktes

Erntezeitpunkt	Passagerate (k, %/h)			
	2	4	6	8
I	89,7 <sup>a</sup> $\pm$ 0,5	83,5 <sup>b</sup> $\pm$ 0,9	79,1 <sup>c</sup> $\pm$ 1,1	75,7 <sup>d</sup> $\pm$ 1,2
II	83,6 <sup>a</sup> $\pm$ 0,8	74,1 <sup>b</sup> $\pm$ 1,1	67,7 <sup>c</sup> $\pm$ 1,3	63,3 <sup>d</sup> $\pm$ 1,3
III	81,0 <sup>a</sup> $\pm$ 0,7	70,4 <sup>b</sup> $\pm$ 0,9	63,6 <sup>c</sup> $\pm$ 1,0	58,8 <sup>d</sup> $\pm$ 1,1
IV	78,2 <sup>a</sup> $\pm$ 0,8	66,7 <sup>b</sup> $\pm$ 1,0	59,6 <sup>c</sup> $\pm$ 1,1	54,8 <sup>d</sup> $\pm$ 1,2

$\pm$ SEM (n=12); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A39: Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V2 im Vergleich der Mittelwerte über die Passageraten innerhalb der Sorten

Sorte	Passagerate (k, %/h)			
	2	4	6	8
Abondance	82,4 <sup>a</sup> ±2,4	72,8 <sup>ba</sup> ±3,3	66,8 <sup>b</sup> ±3,8	62,7 <sup>b</sup> ±4,0
Achat	82,5 <sup>a</sup> ±2,1	72,8 <sup>b</sup> ±3,0	66,7 <sup>cb</sup> ±3,4	62,3 <sup>c</sup> ±3,5
Avenir	79,0 <sup>a</sup> ±2,8	68,3 <sup>ba</sup> ±3,9	61,8 <sup>b</sup> ±4,4	57,3 <sup>b</sup> ±4,6
Byzance	83,4 <sup>a</sup> ±1,9	74,5 <sup>ba</sup> ±2,8	68,8 <sup>bc</sup> ±3,2	64,9 <sup>c</sup> ±3,4
Antares	81,9 <sup>a</sup> ±1,9	71,9 <sup>b</sup> ±2,6	65,6 <sup>cb</sup> ±2,9	61,2 <sup>c</sup> ±3,1
Fjord	81,5 <sup>a</sup> ±3,0	71,4 <sup>ba</sup> ±4,2	65,0 <sup>b</sup> ± 4,9	60,5 <sup>b</sup> ±5,3
Helga	85,3 <sup>a</sup> ±2,7	77,4 <sup>ba</sup> ±4,1	72,2 <sup>ba</sup> ±4,9	68,5 <sup>b</sup> ±5,4
Mondeo	81,4 <sup>a</sup> ±3,5	71,4 <sup>ba</sup> ±5,0	65,0 <sup>ba</sup> ±5,8	60,5 <sup>b</sup> ±6,2
Helix	84,7 <sup>a</sup> ±2,6	75,1 <sup>ba</sup> ±3,9	68,5 <sup>b</sup> ±4,7	63,7 <sup>b</sup> ±5,2
Helix-BM <sub>3</sub>	82,5 <sup>a</sup> ±3,0	72,1 <sup>ba</sup> ±4,6	65,0 <sup>b</sup> ±5,0	60,0 <sup>b</sup> ±5,4
NX0451	86,0 <sup>a</sup> ±2,5	77,7 <sup>ba</sup> ±3,9	71,9 <sup>b</sup> ±4,7	67,6 <sup>b</sup> ±5,2
Oldham	87,1 <sup>a</sup> ±1,5	78,9 <sup>ba</sup> ±2,5	73,0 <sup>bc</sup> ±3,0	68,6 <sup>c</sup> ±3,4

±SEM (n=4); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A40: Effektive Abbaubarkeiten (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V2 für die Passageraten von 4 %/h und 8 %/h sortiert in absteigender Reihenfolge je Erntezeitpunkt

Erntezeitpunkt	Sorte	Passagerate (k, %/h)		Erntezeitpunkt	Sorte	Passagerate (k, %/h)	
		4	8			4	8
I	Helga	88,6		I	Helga	83,3	
	NX0451	86,9			NX0451	80,5	
	Helix	85,9			Helix	78,2	
	Oldham	85,8			Oldham	78,1	
	Mondeo	85,2			Mondeo	78,1	
	Fjord	83,6			Fjord	75,9	
	Helix-BM <sub>3</sub>	83,0			Byzance	74,6	
	Byzance	82,4			Helix-BM <sub>3</sub>	74,0	
	Abondance	81,6			Abondance	73,4	
	Achat	80,6			Achat	71,6	
	Avenir	79,7			Avenir	71,0	
	Antares	78,8			Antares	69,3	
	II	NX0451	80,2			II	NX0451
Oldham		78,9		Helga	69,4		
Helga		78,4		Oldham	68,5		
Helix		75,5		Byzance	64,4		
Byzance		74,6		Helix	63,9		
Helix-BM <sub>3</sub>		74,0		Abondance	63,6		
Achat		73,8		Achat	63,1		
Abondance		73,6		Antares	62,1		
Antares		72,7		Helix-BM <sub>3</sub>	62,0		
Mondeo		70,8		Mondeo	59,0		
Fjord		70,0		Fjord	58,4		
Avenir		66,3		Avenir	54,5		
III		Oldham	76,6		III		Oldham
	NX0451	74,8		NX0451		63,1	
	Helga	72,8		Helga		62,4	
	Byzance	71,6		Byzance		61,3	
	Helix	70,9		Achat		59,9	
	Achat	70,7		Abondance		59,1	
	Abondance	70,1		Helix		57,9	
	Antares	69,3		Antares		57,8	
	Helix-BM <sub>3</sub>	67,9		Fjord		55,9	
	Mondeo	67,8		Mondeo		55,7	
	Fjord	67,7		Helix-BM <sub>3</sub>		54,7	
	Avenir	64,9		Avenir		52,9	
	IV	Oldham	74,2			IV	Oldham
Helga		69,8		Byzance	59,2		
Byzance		69,5		Helga	58,9		
NX0451		68,8		NX0451	56,2		
Helix		68,0		Antares	55,4		
Antares		66,8		Helix	54,7		
Achat		66,2		Achat	54,7		
Abondance		66,0		Abondance	54,5		
Fjord		64,2		Fjord	51,9		
Helix-BM <sub>3</sub>		63,3		Avenir	50,8		
Avenir		62,3		Mondeo	49,2		
Mondeo		61,7		Helix-BM <sub>3</sub>	49,2		

*Tab. A41: T-Verluste (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V2 in Abhängigkeit der Tiere, Sorten, Erntezeitpunkte, Inkubationszeiten und Durchgänge ( $\pm$ SEM)*

Tier		Sorte		Erntezeitpunkt		Inkubationszeit		Durchgang	
1	64,7 <sup>a</sup> $\pm$ 0,9	AB	61,1 <sup>c</sup> $\pm$ 1,6	I	73,9 <sup>a</sup> $\pm$ 0,8	0	35,7 <sup>g</sup> $\pm$ 0,8	1	62,6 <sup>b</sup> $\pm$ 1,1
2	60,6 <sup>b</sup> $\pm$ 0,9	AC	60,7 <sup>dc</sup> $\pm$ 1,6	II	61,3 <sup>b</sup> $\pm$ 1,0	2	46,0 <sup>f</sup> $\pm$ 0,6	2	56,4 <sup>d</sup> $\pm$ 1,0
3	58,7 <sup>c</sup> $\pm$ 0,9	AV	55,8 <sup>g</sup> $\pm$ 1,7	III	57,0 <sup>c</sup> $\pm$ 1,0	4	50,9 <sup>e</sup> $\pm$ 0,7	3	63,3 <sup>b</sup> $\pm$ 1,2
		BY	63,6 <sup>b</sup> $\pm$ 1,5			IV	53,1 <sup>d</sup> $\pm$ 1,0	8	59,2 <sup>d</sup> $\pm$ 0,7
		AN	59,5 <sup>de</sup> $\pm$ 1,6	16	73,3 <sup>c</sup> $\pm$ 0,6	5		64,9 <sup>a</sup> $\pm$ 1,3	
		FJ	58,9 <sup>fe</sup> $\pm$ 1,8	24	83,8 <sup>b</sup> $\pm$ 0,8	6		59,0 <sup>c</sup> $\pm$ 1,2	
		HE	67,0 <sup>a</sup> $\pm$ 1,6	48	96,4 <sup>a</sup> $\pm$ 0,3				
		MO	58,7 <sup>fe</sup> $\pm$ 1,9						
		HX	61,2 <sup>c</sup> $\pm$ 2,0						
		HXB	57,8 <sup>f</sup> $\pm$ 2,0						
		NX	65,7 <sup>a</sup> $\pm$ 1,9						
OL	66,2 <sup>a</sup> $\pm$ 1,7								

Signifikanzschwelle  $P < 0,05$

Tab. A42.1: Zusammensetzung der Frischmasse der Hybriden der Versuchsreihe V5 nach Pflanzenbestandteilen bei der Ernte

Sorte	Erntezeitpunkt	Restpflanze	Frischmasse (%)		
			Kolben	Spindel	Körner
Banguy	12.08.03	67,1	32,9	6,7	26,2
Banguy	26.08.03	60,4	39,6	6,9	32,8
Banguy	08.09.03	54,5	45,5	7,5	38,1
Banguy	22.09.03	59,5	40,5	5,1	35,4
Batawax	26.08.03	74,4	25,6	4,4	21,2
Batawax	08.09.03	67,3	32,7	5,0	27,7
Batawax	22.09.03	61,3	38,7	5,7	33,0
Byzance	12.08.03	73,9	26,1	6,9	19,2
Byzance	26.08.03	62,5	37,5	6,9	30,6
Byzance	08.09.03	60,1	39,9	7,5	32,4
Byzance	22.09.03	50,7	49,3	8,8	40,4
Delitop	12.08.03	68,6	31,4	6,6	24,8
Delitop	26.08.03	61,6	38,4	5,0	33,4
Delitop	08.09.03	56,1	43,9	6,8	37,1
Delitop	22.09.03	57,8	42,2	5,3	36,9
Gavott	12.08.03	67,8	32,2	7,1	25,1
Gavott	26.08.03	58,3	41,7	8,9	32,8
Gavott	08.09.03	57,4	42,6	8,2	34,5
Gavott	22.09.03	57,8	42,2	8,1	34,1
GBL	26.08.03	73,7	26,3	6,5	19,8
GBL	08.09.03	70,1	29,9	5,5	24,4
GBL	22.09.03	72,0	28,0	6,2	21,9
Helga	12.08.03	72,7	27,3	5,5	21,7
Helga	26.08.03	60,4	39,6	7,6	32,0
Helga	08.09.03	55,6	44,4	7,8	36,6
Helga	22.09.03	51,2	48,8	9,5	39,3

*Tab. A42.2: Zusammensetzung der Frischmasse der Hybriden der Versuchsreihe V5 nach Pflanzenbestandteilen bei der Ernte*

Sorte	Erntezeitpunkt	Restpflanze	Frischmasse (%)		
			Kolben	Spindel	Körner
NX0451	12.08.03	63,1	36,9	5,8	31,1
NX0451	26.08.03	59,7	40,3	5,3	35,0
NX0451	08.09.03	53,0	47,0	6,2	40,9
NX0451	22.09.03	56,8	43,2	6,8	36,4
NX0761	12.08.03	68,3	31,7	5,7	26,0
NX0761	26.08.03	60,9	39,1	5,8	33,4
NX0761	08.09.03	53,9	46,1	6,2	39,9
NX0761	22.09.03	52,3	47,7	5,5	42,2
N23-C1	12.08.03	74,5	25,5	4,9	20,6
N23-C1	26.08.03	66,4	33,6	5,3	28,3
N23-C1	08.09.03	55,3	44,7	7,8	37,0
N23-C1	22.09.03	60,7	39,3	10,1	29,2
Oldham	12.08.03	66,3	33,7	5,4	28,3
Oldham	26.08.03	62,7	37,3	6,8	30,4
Oldham	08.09.03	57,8	42,2	9,1	33,1
Oldham	22.09.03	60,0	40,0	6,8	33,2

Tab. A43.1: Trockensubstanzgehalt von Kolben, Spindeln und Körnern der Hybriden der Versuchsreihe V5 zur Ernte

Sorte	Erntezeitpunkt	Trockensubstanz (%)		
		Kolben	Spindel	Körner
Banguy	12.08.03	51,6	44,3	53,5
Banguy	26.08.03	63,1	42,5	67,4
Banguy	08.09.03	70,2	47,3	74,6
Banguy	22.09.03	81,3	56,2	85,0
Batawax	26.08.03	44,7	39,5	45,8
Batawax	08.09.03	50,8	41,1	52,5
Batawax	22.09.03	58,5	47,9	60,3
Byzance	12.08.03	42,6	46,4	41,2
Byzance	26.08.03	57,8	52,0	59,2
Byzance	08.09.03	63,0	52,0	65,6
Byzance	22.09.03	63,3	52,7	70,6
Delitop	12.08.03	47,0	35,6	50,0
Delitop	26.08.03	64,5	36,8	68,7
Delitop	08.09.03	67,8	38,9	73,1
Delitop	22.09.03	75,1	43,4	79,6
Gavott	12.08.03	47,2	36,2	50,3
Gavott	26.08.03	61,3	41,5	66,6
Gavott	08.09.03	65,4	36,6	72,1
Gavott	22.09.03	69,7	40,0	76,7
GBL	26.08.03	57,5	37,8	64,0
GBL	08.09.03	67,9	46,6	72,7
GBL	22.09.03	74,3	47,4	81,9
Helga	12.08.03	42,7	43,9	42,4
Helga	26.08.03	56,8	45,3	59,6
Helga	08.09.03	67,0	49,7	70,6
Helga	22.09.03	77,1	57,8	81,8

Tab. A43.2: Trockensubstanzgehalt von Kolben, Spindeln und Körnern der Hybriden der Versuchsreihe V5 zur Ernte

Sorte	Erntezeitpunkt	Trockensubstanz (%)		
		Kolben	Spindel	Körner
NX0451	12.08.03	51,2	40,6	53,2
NX0451	26.08.03	66,4	47,1	69,4
NX0451	08.09.03	70,4	47,3	73,9
NX0451	22.09.03	78,6	53,8	83,2
NX0761	12.08.03	52,4	39,7	55,2
NX0761	26.08.03	64,5	42,3	68,3
NX0761	08.09.03	69,9	46,2	73,6
NX0761	22.09.03	79,8	55,9	83,0
N23-C1	12.08.03	34,6	40,6	33,2
N23-C1	26.08.03	53,1	49,0	53,8
N23-C1	08.09.03	60,9	44,5	64,4
N23-C1	22.09.03	67,4	48,8	73,9
Oldham	12.08.03	51,7	35,6	54,8
Oldham	26.08.03	65,0	38,6	71,0
Oldham	08.09.03	69,6	40,3	77,7
Oldham	22.09.03	81,1	48,9	87,7
	$\bar{x} \pm s$	62,0 ± 11,4	44,7 ± 6,0	65,8 ± 13,1

Tab. A44: Trockensubstanzgehalt von Kolben, Spindeln und Körnern der Hybriden der Versuchsreihe V5 im Mittel der Erntezeitpunkte

Erntezeitpunkt	Trockensubstanz (%)		
	Kolben	Spindel	Körner
I*	46,8 <sup>d</sup> ± 5,9	40,3 <sup>c</sup> ± 4,0	48,2 <sup>d</sup> ± 7,6
II	59,5 <sup>c</sup> ± 6,5	42,9 <sup>b</sup> ± 4,9	63,1 <sup>c</sup> ± 7,8
III	65,7 <sup>b</sup> ± 5,8	44,6 <sup>b</sup> ± 4,8	70,1 <sup>b</sup> ± 7,0
IV	73,3 <sup>a</sup> ± 7,6	50,2 <sup>a</sup> ± 5,6	78,5 <sup>a</sup> ± 7,8

±SD (n=11 bzw. n=9\*); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A45: Trockensubstanzgehalt von Kolben, Spindeln und Körnern der Hybriden der Versuchsreihe V5 im Sortenmittel

Sorte	Trockensubstanz (%)		
	Kolben	Spindel	Körner
Banguy	66,6 <sup>a</sup> ± 12,5	47,6 <sup>bac</sup> ± 6,1	70,1 <sup>ba</sup> ± 13,2
Batawax*	51,3 <sup>d</sup> ± 6,9	42,8 <sup>fed</sup> ± 4,5	52,9 <sup>e</sup> ± 7,3
Byzance	56,7 <sup>c</sup> ± 9,7	50,8 <sup>a</sup> ± 2,9	59,2 <sup>d</sup> ± 12,8
Delitop	63,6 <sup>ba</sup> ± 11,9	38,7 <sup>f</sup> ± 3,4	67,9 <sup>b</sup> ± 12,7
Gavott	60,9 <sup>b</sup> ± 9,8	38,6 <sup>f</sup> ± 2,6	66,4 <sup>bc</sup> ± 11,5
GBL*	66,6 <sup>a</sup> ± 8,5	43,9 <sup>dec</sup> ± 5,3	72,9 <sup>a</sup> ± 9,0
Helga	60,9 <sup>b</sup> ± 14,7	49,1 <sup>ba</sup> ± 6,3	63,6 <sup>c</sup> ± 16,8
NX0451	66,7 <sup>a</sup> ± 11,5	47,2 <sup>bdac</sup> ± 5,4	69,9 <sup>ba</sup> ± 12,5
NX0761	66,7 <sup>a</sup> ± 11,4	46,0 <sup>bdc</sup> ± 7,1	70,0 <sup>ba</sup> ± 11,6
N23-C1	54,0 <sup>dc</sup> ± 14,2	45,7 <sup>bdc</sup> ± 4,0	56,3 <sup>ed</sup> ± 17,5
Oldham	66,9 <sup>a</sup> ± 12,2	40,8 <sup>fe</sup> ± 5,7	72,8 <sup>a</sup> ± 13,8

±SD (n=4 bzw. n=3\*); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A46.1: Rohrnährstoff- und Stärkegehalte der frischen Körner des Versuchs V5

Sorte	Erntezeitpunkt	T (%)	% i.d.T				
			XA	XP	XL	XF	XS
Banguy	12.08.03	53,5	1,58	9,54	4,54	2,61	66,4
Banguy	26.08.03	67,4	1,35	9,45	4,21	3,02	68,1
Banguy	08.09.03	74,6	1,25	8,90	4,18	3,16	70,5
Banguy	22.09.03	85,0	1,26	8,43	4,31	3,16	72,9
Batawax	26.08.03	45,8	1,86	10,1	4,71	2,27	63,5
Batawax	08.09.03	52,5	1,51	8,65	4,16	2,31	64,8
Batawax	22.09.03	60,3	1,55	9,10	4,90	2,53	66,6
Byzance	12.08.03	41,2	1,90	11,1	3,79	2,49	57,6
Byzance	26.08.03	59,2	1,56	9,77	4,95	2,72	64,5
Byzance	08.09.03	65,6	1,35	8,85	4,46	2,78	67,9
Byzance	22.09.03	70,6	1,29	9,14	4,08	2,92	69,9
Delitop	12.08.03	50,0	1,58	9,82	4,71	2,57	62,3
Delitop	26.08.03	68,7	1,35	9,17	4,32	2,85	69,0
Delitop	08.09.03	73,1	1,21	7,85	4,38	2,85	71,9
Delitop	22.09.03	79,6	1,24	7,99	4,82	2,94	72,5
Gavott	12.08.03	50,3	1,70	9,17	4,52	2,41	61,3
Gavott	26.08.03	66,6	1,34	8,39	4,51	2,78	68,7
Gavott	08.09.03	72,1	1,14	7,95	3,96	3,01	70,9
Gavott	22.09.03	76,7	1,22	8,70	4,44	3,09	71,2
GBL	26.08.03	64,0	1,42	10,8	5,02	3,02	66,6
GBL	08.09.03	72,7	1,39	11,2	5,21	3,21	70,2
GBL	22.09.03	81,9	1,35	11,0	5,11	3,39	70,8
Helga	12.08.03	42,4	1,78	9,58	4,33	2,30	64,5
Helga	26.08.03	59,6	1,47	8,97	4,42	2,50	67,2
Helga	08.09.03	70,6	1,30	7,28	4,15	2,57	69,7
Helga	22.09.03	81,8	1,26	7,61	3,93	2,71	71,5

Tab. A46.2: Rohnährstoff- und Stärkegehalte der frischen Körner des Versuchs V5

Sorte	Erntezeitpunkt	T (%)	% i.d.T				
			XA	XP	XL	XF	XS
NX0451	12.08.03	53,2	1,60	9,36	4,59	2,45	63,8
NX0451	26.08.03	69,4	1,37	8,62	4,09	2,73	67,9
NX0451	08.09.03	73,9	1,29	8,07	4,18	2,80	69,4
NX0451	22.09.03	83,2	1,25	8,21	3,91	2,90	69,6
NX0761	12.08.03	55,2	1,49	8,23	4,14	2,49	66,0
NX0761	26.08.03	68,3	1,34	8,09	4,40	2,76	69,3
NX0761	08.09.03	73,6	1,29	8,45	4,22	2,94	70,7
NX0761	22.09.03	83,0	1,25	8,50	4,14	2,98	72,3
N23-C1	12.08.03	33,2	1,94	10,7	3,66	2,29	58,5
N23-C1	26.08.03	53,8	1,57	8,97	4,32	2,32	66,0
N23-C1	08.09.03	64,4	1,40	8,53	4,15	2,50	70,1
N23-C1	22.09.03	73,9	1,28	8,48	3,91	2,66	72,6
Oldham	12.08.03	54,8	1,52	8,32	4,58	2,34	66,1
Oldham	26.08.03	71,0	1,36	8,72	4,11	2,70	69,5
Oldham	08.09.03	77,7	1,29	8,85	3,89	2,87	69,7
Oldham	22.09.03	87,7	1,29	8,03	4,86	2,75	69,6
$\bar{x} \pm s$		65,8±13,1	1,42 ± 0,2	8,97 ± 1,0	4,36 ± 0,4	2,73 ± 0,3	67,9 ± 3,7

Tab. A47.1: Stärkegehalt und Zusammensetzung der Stärke des Körnermaterials der Hybriden der Versuchsreihe V5

Sorte	Erntezeitpunkt	% der T (% der Stärke)				
		Stärke	Amylose		Amylopectin	
Banguy	12.08.03	66,4	22,4	(33,7)	44,0	(66,3)
Banguy	26.08.03	68,1	20,6	(30,3)	47,5	(69,7)
Banguy	08.09.03	70,5	18,3	(25,9)	52,2	(74,1)
Banguy	22.09.03	72,9	22,5	(30,9)	50,4	(69,1)
Batawax	26.08.03	63,5	6,10	(9,6)	57,4	(90,4)
Batawax	08.09.03	64,8	14,7	(22,7)	50,1	(77,3)
Batawax	22.09.03	66,6	7,33	(11,0)	59,3	(89,0)
Byzance	12.08.03	57,6	21,2	(36,8)	36,4	(63,2)
Byzance	26.08.03	64,5	17,2	(26,7)	47,3	(73,3)
Byzance	08.09.03	67,9	18,3	(26,9)	49,6	(73,1)
Byzance	22.09.03	69,9	18,0	(25,8)	51,9	(74,2)
Delitop	12.08.03	62,3	21,8	(35,0)	40,5	(65,0)
Delitop	26.08.03	69,0	18,6	(27,0)	50,4	(73,0)
Delitop	08.09.03	71,9	19,8	(27,6)	52,1	(72,4)
Delitop	22.09.03	72,5	19,1	(26,4)	53,4	(73,6)
Gavott	12.08.03	61,3	17,59	(28,7)	43,7	(71,3)
Gavott	26.08.03	68,7	17,72	(25,8)	51,0	(74,2)
Gavott	08.09.03	70,9	16,95	(23,9)	54,0	(76,2)
Gavott	22.09.03	71,2	16,80	(23,6)	54,4	(76,4)
GBL	26.08.03	66,6	19,8	(29,7)	46,8	(70,3)
GBL	08.09.03	70,2	19,5	(27,7)	50,8	(72,3)
GBL	22.09.03	70,8	22,2	(31,3)	48,6	(68,7)
Helga	12.08.03	64,5	19,7	(30,5)	44,8	(69,5)
Helga	26.08.03	67,2	17,5	(26,1)	49,7	(73,9)
Helga	08.09.03	69,7	20,8	(29,9)	48,9	(70,1)
Helga	22.09.03	71,5	21,7	(30,3)	49,8	(69,7)

Tab. A47.2: Stärkegehalt und Zusammensetzung der Stärke des Körnermaterials der Hybriden der Versuchsreihe V5

Sorte	Erntezeitpunkt	% der T (% der Stärke)				
		Stärke	Amylose		Amylopectin	
NX0451	12.08.03	63,8	15,6	(24,4)	48,2	(75,6)
NX0451	26.08.03	67,9	20,4	(30,0)	47,5	(70,0)
NX0451	08.09.03	69,4	18,6	(26,8)	50,8	(73,2)
NX0451	22.09.03	69,6	21,8	(31,3)	47,8	(68,7)
NX0761	12.08.03	66,0	20,9	(31,6)	45,1	(68,4)
NX0761	26.08.03	69,3	20,2	(29,2)	49,1	(70,8)
NX0761	08.09.03	70,7	20,2	(28,6)	50,5	(71,4)
NX0761	22.09.03	72,3	22,1	(30,5)	50,3	(69,5)
N23-C1	12.08.03	58,5	17,4	(29,8)	41,1	(70,2)
N23-C1	26.08.03	66,0	15,5	(23,5)	50,5	(76,5)
N23-C1	08.09.03	70,1	19,1	(27,3)	51,0	(72,7)
N23-C1	22.09.03	72,6	21,6	(29,7)	51,0	(70,3)
Oldham	12.08.03	66,1	17,6	(26,6)	48,5	(73,4)
Oldham	26.08.03	69,5	19,3	(27,8)	50,2	(72,2)
Oldham	08.09.03	69,7	20,1	(28,8)	49,6	(71,2)
Oldham	22.09.03	69,6	24,2	(34,8)	45,4	(65,2)
	$\bar{x} \pm s$	67,9 ± 3,7	18,8 ± 3,5		49,1 ± 4,2	

Tab. A48.1: T-Verluste (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V5 in sacco in Abhängigkeit der Inkubationszeit im Pansen

Sorte	Erntezeitpunkt	WL	KLP	Inkubationsdauer (h)						
				0	2	4	8	16	24	48
Banguy	12.08.03	9,5	35,1	44,6	58,3	63,3	71,8	84,2	94,9	99,4
Banguy	26.08.03	8,4	19,3	27,7	41,6	45,8	53,0	70,2	83,0	98,8
Banguy	08.09.03	5,8	18,7	24,4	29,5	34,5	42,4	62,9	78,7	97,7
Banguy	22.09.03	6,6	14,7	21,3	28,5	33,7	40,7	56,9	74,1	96,8
Batawax	26.08.03	12,8	54,2	67,0	74,7	81,1	88,6	94,8	98,4	99,2
Batawax	08.09.03	10,8	42,1	52,9	62,9	71,8	78,3	89,2	96,8	99,0
Batawax	22.09.03	9,9	32,0	41,9	49,7	60,2	70,0	82,6	93,7	98,7
Byzance	12.08.03	13,8	53,4	67,2	79,6	82,8	89,9	94,7	98,2	99,1
Byzance	26.08.03	9,5	35,5	45,0	57,7	62,5	71,3	86,2	95,0	99,2
Byzance	08.09.03	7,7	31,3	39,0	52,7	56,9	65,7	79,0	93,5	99,0
Byzance	22.09.03	6,8	24,2	31,1	41,9	45,7	52,9	72,1	88,9	98,4
Delitop	12.08.03	10,3	43,7	54,0	65,9	71,3	82,4	90,4	95,6	99,0
Delitop	26.08.03	7,5	22,4	29,9	39,1	43,8	54,6	75,0	86,4	98,4
Delitop	08.09.03	6,2	18,9	25,1	32,3	37,6	50,0	63,3	77,5	97,6
Delitop	22.09.03	5,9	15,4	21,3	27,5	31,8	42,9	58,2	72,2	96,5
Gavott	12.08.03	11,5	48,6	60,1	70,4	76,0	86,5	92,3	97,7	99,0
Gavott	26.08.03	7,7	28,5	36,2	46,0	52,6	63,9	77,1	90,7	99,0
Gavott	08.09.03	5,9	21,8	27,8	35,2	40,2	50,9	66,4	80,8	98,4
Gavott	22.09.03	5,9	17,5	23,4	30,2	34,8	44,3	59,3	75,1	97,6
GBL	26.08.03	7,2	31,4	38,6	47,1	53,3	60,5	77,5	87,5	98,5
GBL	08.09.03	6,5	17,2	23,7	31,7	35,9	45,5	62,9	79,5	97,9
GBL	22.09.03	7,0	10,1	17,1	24,3	28,1	36,4	55,6	71,1	96,4
Helga	12.08.03	12,1	58,8	71,0	80,3	84,3	90,7	95,6	98,2	98,8
Helga	26.08.03	8,1	39,1	47,2	62,5	68,9	76,7	87,0	97,1	98,7
Helga	08.09.03	6,5	27,0	33,6	45,9	51,2	63,3	77,4	92,8	97,6
Helga	22.09.03	6,6	23,9	30,5	39,7	46,8	54,9	71,3	89,5	97,5

WL: wasserlösliche Fraktion der 0 h; KLP: kleine, wasserunlösliche Partikel der 0 h

Tab. A48.2: T-Verluste (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V5 in sacco in Abhängigkeit der Inkubationszeit im Pansen

Sorte	Erntezeitpunkt	WL	KLP	Inkubationsdauer (h)						
				0	2	4	8	16	24	48
NX0451	12.08.03	9,5	46,8	56,3	66,6	72,4	84,7	92,2	97,3	99,0
NX0451	26.08.03	8,3	27,6	35,9	43,5	50,7	64,1	76,3	88,6	98,7
NX0451	08.09.03	7,1	22,1	29,1	38,2	43,8	53,4	70,3	84,2	98,0
NX0451	22.09.03	7,0	16,8	23,8	31,7	35,9	45,0	61,0	78,3	97,4
NX0761	12.08.03	10,2	37,8	47,9	59,3	68,3	76,6	89,7	98,0	99,1
NX0761	26.08.03	8,3	24,8	33,1	44,2	50,2	60,3	75,6	91,6	98,5
NX0761	08.09.03	6,7	19,7	26,5	34,8	40,9	53,9	69,5	85,1	98,0
NX0761	22.09.03	7,3	16,0	23,3	30,5	34,7	46,1	60,9	78,0	97,3
N23-C1	12.08.03	15,7	57,0	72,7	80,6	85,5	90,9	95,1	98,6	99,0
N23-C1	26.08.03	9,3	41,5	50,8	65,4	72,8	79,6	90,2	97,4	99,4
N23-C1	08.09.03	7,8	32,5	40,3	53,2	57,7	68,3	81,9	94,1	99,3
N23-C1	22.09.03	6,3	18,6	24,9	37,3	42,1	53,6	70,5	87,6	98,9
Oldham	12.08.03	9,6	39,6	49,2	60,6	68,8	79,4	89,1	96,4	98,8
Oldham	26.08.03	7,6	22,9	30,5	42,9	49,3	59,8	75,0	89,8	98,1
Oldham	08.09.03	7,3	17,7	25,0	34,7	39,9	51,2	67,0	83,1	97,3
Oldham	22.09.03	7,3	17,8	25,1	32,4	37,5	47,8	62,0	78,6	97,0
	–	8,4	29,6	38,0	47,9	53,5	62,9	76,4	88,4	98,3
	× ± s	±2,3	±12,9	±15,0	±16,1	±16,5	±15,9	±12,3	±8,4	±0,8

WL: wasserlösliche Fraktion der 0 h; KLP: kleine, wasserunlösliche Partikel der 0 h

Tab. A49.1: T-Verluste (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V5 in sacco in Abhängigkeit der Inkubationszeit

Sorte	EZP	Inkubationsdauer (h)						
		0	2	4	8	16	24	48
Banguy	1	44,6 ±0,5	58,3 ±2,2	63,3 ±1,3	71,8 ±1,6	84,2 ±1,8	94,9 ±1,1	99,4 ±0,1
Banguy	2	27,7 ±0,8	41,6 ±1,4	45,8 ±0,8	53,0 ±0,9	70,2 ±2,8	83,0 ±2,6	98,8 ±0,1
Banguy	3	24,4 ±0,3	29,5 ±1,4	34,5 ±1,6	42,4 ±2,3	62,9 ±2,8	78,7 ±2,7	97,7 ±0,4
Banguy	4	21,3 ±0,3	28,5 ±1,0	33,7 ±1,6	40,7 ±2,2	56,9 ±2,9	74,1 ±2,6	96,8 ±0,5
Batawax	2	67,0 ±0,2	74,7 ±1,6	81,1 ±2,4	88,6 ±1,2	94,8 ±0,9	98,4 ±0,2	99,2 ±0,1
Batawax	3	52,9 ±0,1	62,9 ±1,3	71,8 ±2,0	78,3 ±2,5	89,2 ±2,0	96,8 ±0,4	99,0 ±0,1
Batawax	4	41,9 ±0,3	49,7 ±1,6	60,2 ±2,9	70,0 ±2,9	82,6 ±1,9	93,7 ±1,4	98,7 ±0,1
Byzance	1	67,2 ±0,3	79,6 ±1,6	82,8 ±1,8	89,9 ±0,9	94,7 ±1,8	98,2 ±0,3	99,1 ±0,1
Byzance	2	45,0 ±0,3	57,7 ±2,2	62,5 ±2,0	71,3 ±1,9	86,2 ±2,6	95,0 ±2,1	99,2 ±0,1
Byzance	3	39,0 ±0,6	52,7 ±1,8	56,9 ±2,8	65,7 ±2,6	79,0 ±1,8	93,5 ±2,6	99,0 ±0,1
Byzance	4	31,1 ±0,3	41,9 ±1,2	45,7 ±1,5	52,9 ±2,1	72,1 ±2,9	88,9 ±2,8	98,4 ±0,2
Delitop	1	54,0 ±0,2	65,9 ±1,6	71,3 ±2,6	82,4 ±1,3	90,4 ±2,5	95,6 ±2,7	99,0 ±0,1
Delitop	2	29,9 ±0,1	39,1 ±1,1	43,8 ±2,0	54,6 ±0,5	75,0 ±1,7	86,4 ±2,6	98,4 ±0,2
Delitop	3	25,1 ±0,2	32,3 ±0,5	37,6 ±1,3	50,0 ±2,0	63,3 ±1,6	77,5 ±2,2	97,6 ±0,4
Delitop	4	21,3 ±0,3	27,5 ±0,8	31,8 ±1,1	42,9 ±1,6	58,2 ±2,7	72,2 ±2,9	96,5 ±0,7
Gavott	1	60,1 ±0,5	70,4 ±2,0	76,0 ±1,1	86,5 ±1,8	92,3 ±0,8	97,7 ±0,6	99,0 ±0,1
Gavott	2	36,2 ±0,1	46,0 ±1,5	52,6 ±2,0	63,9 ±2,5	77,1 ±0,9	90,7 ±2,6	99,0 ±0,1
Gavott	3	27,8 ±0,2	35,2 ±1,0	40,2 ±2,0	50,9 ±1,8	66,4 ±3,0	80,8 ±2,6	98,4 ±0,3
Gavott	4	23,4 ±0,1	30,2 ±0,7	34,8 ±1,8	44,3 ±1,3	59,3 ±3,0	75,1 ±2,2	97,6 ±0,4
GBL	2	38,6 ±0,4	47,1 ±1,6	53,3 ±1,6	60,5 ±2,1	77,5 ±2,3	87,5 ±2,8	98,5 ±0,3
GBL	3	23,7 ±0,3	31,7 ±1,1	35,9 ±1,4	45,5 ±0,2	62,9 ±1,2	79,5 ±1,6	97,9 ±0,4
GBL	4	17,1 ±0,2	24,3 ±0,4	28,1 ±1,7	36,4 ±0,9	55,6 ±2,7	71,1 ±2,4	96,4 ±0,6
Helga	1	71,0 ±0,2	80,3 ±1,8	84,3 ±0,7	90,7 ±2,6	95,6 ±0,5	98,2 ±0,2	98,9 ±0,1
Helga	2	47,2 ±0,3	62,5 ±1,7	68,9 ±0,7	76,7 ±2,9	87,0 ±2,6	97,1 ±0,4	98,7 ±0,2
Helga	3	33,6 ±0,2	45,9 ±2,1	51,2 ±2,7	63,3 ±2,9	77,4 ±2,0	92,8 ±1,0	97,6 ±0,2
Helga	4	30,5 ±0,5	39,7 ±1,4	46,8 ±1,0	54,9 ±1,2	71,3 ±2,0	89,5 ±1,2	97,5 ±0,2

±SEM (n=4); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A49.2: T-Verluste (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V5 in sacco in Abhängigkeit der Inkubationszeit

Sorte	EZP	Inkubationsdauer (h)						
		0	2	4	8	16	24	48
NX0451	1	56,3 ±0,3	66,6 ±1,0	72,4 ±0,5	84,7 ±1,7	92,2 ±1,0	97,3 ±0,4	99,0 ±0,1
NX0451	2	35,9 ±0,6	43,5 ±0,8	50,7 ±1,3	64,1 ±2,6	76,3 ±0,3	88,6 ±2,6	98,7 ±0,1
NX0451	3	29,1 ±0,3	38,2 ±0,9	43,8 ±1,4	53,4 ±2,1	70,3 ±2,5	84,2 ±2,2	98,0 ±0,2
NX0451	4	23,8 ±0,3	31,7 ±0,7	35,9 ±0,7	45,0 ±2,0	61,0 ±2,3	78,3 ±2,0	97,4 ±0,2
NX0761	1	47,9 ±0,5	59,3 ±1,9	68,3 ±2,9	76,6 ±2,4	89,7 ±2,0	98,0 ±0,2	99,1 ±0,0
NX0761	2	33,1 ±0,5	44,2 ±0,7	50,2 ±2,5	60,3 ±2,7	75,6 ±2,7	91,6 ±1,2	98,5 ±0,1
NX0761	3	26,5 ±0,3	34,8 ±1,3	40,9 ±2,8	53,9 ±2,8	69,5 ±2,0	85,1 ±1,1	98,0 ±0,2
NX0761	4	23,3 ±0,2	30,5 ±1,0	34,7 ±1,6	46,1 ±1,7	60,9 ±2,0	78,0 ±2,2	97,3 ±0,4
N23-C1	1	72,7 ±0,3	80,6 ±1,1	85,5 ±2,1	90,9 ±1,8	95,1 ±1,9	98,6 ±0,3	99,0 ±0,1
N23-C1	2	50,8 ±0,3	65,4 ±2,2	72,8 ±2,3	79,6 ±2,3	90,2 ±2,8	97,4 ±0,9	99,4 ±0,1
N23-C1	3	40,3 ±0,4	53,2 ±2,5	57,7 ±2,0	68,3 ±1,3	81,9 ±2,6	94,1 ±2,6	99,3 ±0,0
N23-C1	4	24,9 ±0,2	37,3 ±1,6	42,1 ±1,3	53,6 ±1,4	70,5 ±2,6	87,6 ±2,0	98,9 ±0,2
Oldham	1	49,2 ±0,1	60,6 ±1,7	68,8 ±2,3	79,4 ±1,2	89,1 ±0,3	96,4 ±0,7	98,8 ±0,1
Oldham	2	30,5 ±0,1	42,9 ±1,4	49,3 ±1,5	59,8 ±2,7	75,0 ±1,0	89,8 ±2,4	98,1 ±0,2
Oldham	3	25,0 ±0,1	34,7 ±0,7	39,9 ±0,8	51,2 ±2,4	67,0 ±1,1	83,1 ±1,9	97,3 ±0,5
Oldham	4	25,1 ±0,2	32,4 ±0,9	37,5 ±1,3	47,8 ±2,8	62,0 ±1,2	78,6 ±2,5	97,0 ±0,6

±SEM (n=4); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A50: T-Verluste (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V5 in sacco im Vergleich der Mittelwerte über die Passageraten innerhalb des Erntezeitpunktes

Erntezeitpunkt	Inkubationsdauer (h)						
	0	2	4	8	16	24	48
I*	58,1 <sup>f</sup> ±1,6	69,1 <sup>e</sup> ±1,5	74,7 <sup>d</sup> ±1,4	83,7 <sup>c</sup> ±1,2	91,5 <sup>b</sup> ±0,7	97,2 <sup>a</sup> ±0,4	99,0 <sup>a</sup> ±0,0
II	40,2 <sup>g</sup> ±1,7	51,3 <sup>f</sup> ±1,8	57,4 <sup>e</sup> ±1,8	66,6 <sup>d</sup> ±1,7	80,4 <sup>c</sup> ±1,3	91,4 <sup>b</sup> ±0,9	98,8 <sup>a</sup> ±0,1
III	31,6 <sup>g</sup> ±1,3	41,0 <sup>f</sup> ±1,6	46,4 <sup>e</sup> ±1,8	56,6 <sup>d</sup> ±1,7	71,8 <sup>c</sup> ±1,4	86,0 <sup>b</sup> ±1,2	98,2 <sup>a</sup> ±0,1
IV	25,8 <sup>g</sup> ±1,0	34,0 <sup>f</sup> ±1,1	39,2 <sup>e</sup> ±1,4	48,6 <sup>d</sup> ±1,4	64,6 <sup>c</sup> ±1,4	80,6 <sup>b</sup> ±1,3	97,5 <sup>a</sup> ±0,2

±SEM (n=44 bzw. n=36\*); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A51: T-Verluste (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V5 in sacco im Vergleich der Mittelwerte über die Passageraten innerhalb der Sorten

Sorte	Inkubationsdauer (h)						
	0	2	4	8	16	24	48
Banguy	29,5 <sup>f</sup> ±2,3	39,5 <sup>e</sup> ±3,2	44,4 <sup>e</sup> ±3,1	52,0 <sup>d</sup> ±3,3	68,6 <sup>c</sup> ±2,9	82,7 <sup>b</sup> ±2,2	98,2 <sup>a</sup> ±0,3
Batawax*	53,9 <sup>f</sup> ±3,1	62,4 <sup>e</sup> ±3,2	71,0 <sup>d</sup> ±2,9	79,0 <sup>c</sup> ±2,6	88,8 <sup>b</sup> ±1,7	96,3 <sup>a</sup> ±0,7	99,0 <sup>a</sup> ±0,1
Byzance	45,6 <sup>e</sup> ±3,5	58,0 <sup>d</sup> ±3,6	62,0 <sup>dc</sup> ±3,6	69,9 <sup>c</sup> ±3,6	83,0 <sup>b</sup> ±2,4	93,9 <sup>a</sup> ±1,3	98,9 <sup>a</sup> ±0,1
Delitop	32,6 <sup>f</sup> ±3,3	41,2 <sup>fe</sup> ±3,9	46,1 <sup>e</sup> ±4,0	57,5 <sup>d</sup> ±3,9	71,1 <sup>c</sup> ±3,3	82,9 <sup>b</sup> ±2,6	97,9 <sup>a</sup> ±0,3
Gavott	36,9 <sup>f</sup> ±3,7	45,4 <sup>fe</sup> ±4,0	50,9 <sup>e</sup> ±4,2	61,4 <sup>d</sup> ±4,2	73,8 <sup>c</sup> ±3,6	86,0 <sup>b</sup> ±2,5	98,5 <sup>a</sup> ±0,2
GBL*	26,5 <sup>f</sup> ±2,7	34,3 <sup>e</sup> ±2,9	39,1 <sup>e</sup> ±3,3	47,5 <sup>d</sup> ±3,1	65,3 <sup>c</sup> ±3,0	79,4 <sup>b</sup> ±2,4	97,6 <sup>a</sup> ±0,4
Helga	45,6 <sup>e</sup> ±4,1	57,1 <sup>d</sup> ±4,2	62,8 <sup>dc</sup> ±3,9	71,4 <sup>c</sup> ±3,7	82,8 <sup>b</sup> ±2,5	94,4 <sup>a</sup> ±1,0	98,2 <sup>a</sup> ±0,2
NX0451	36,3 <sup>f</sup> ±3,2	45,0 <sup>e</sup> ±3,4	50,7 <sup>e</sup> ±3,5	61,8 <sup>d</sup> ±4,0	74,9 <sup>c</sup> ±3,0	87,1 <sup>b</sup> ±2,0	98,3 <sup>a</sup> ±0,2
NX0761	32,7 <sup>f</sup> ±2,5	42,2 <sup>e</sup> ±2,9	48,6 <sup>e</sup> ±3,5	59,2 <sup>d</sup> ±3,1	73,9 <sup>c</sup> ±2,9	88,2 <sup>b</sup> ±2,0	98,2 <sup>a</sup> ±0,2
N23-C1	47,2 <sup>e</sup> ±4,5	59,2 <sup>d</sup> ±4,2	64,5 <sup>dc</sup> ±4,3	73,1 <sup>c</sup> ±3,6	84,4 <sup>b</sup> ±2,7	94,4 <sup>a</sup> ±1,3	99,1 <sup>a</sup> ±0,1
Oldham	32,5 <sup>f</sup> ±2,6	42,7 <sup>e</sup> ±2,9	48,9 <sup>e</sup> ±3,3	59,6 <sup>d</sup> ±3,3	73,3 <sup>c</sup> ±2,7	87,0 <sup>b</sup> ±2,0	97,8 <sup>a</sup> ±0,2

±SEM (n=16 bzw. n=12\*); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A52.1: Parameter der potentiellen Abbaubarkeit der frischen Maiskörner des Versuchs V5

Sorte	Erntezeitpunkt	A (%)	a (%)	b (%)	c (%h <sup>-1</sup> )	t <sub>0</sub> (h)
Banguy	12.08.03	0,0	47,0	53,0	8,5	0,0
Banguy	26.08.03	0,0	30,2	69,8	5,7	0,0
Banguy	08.09.03	0,0	24,4	75,6	5,2	1,4
Banguy	22.09.03	0,0	21,3	78,7	4,6	0,6
Batawax	26.08.03	0,8	67,1	32,1	13,7	0,0
Batawax	08.09.03	0,7	54,0	45,3	10,4	0,0
Batawax	22.09.03	0,0	42,0	58,1	8,3	0,0
Byzance	12.08.03	1,8	68,5	29,7	17,1	0,0
Byzance	26.08.03	0,0	46,5	53,5	8,7	0,0
Byzance	08.09.03	0,0	41,1	58,9	7,4	0,0
Byzance	22.09.03	0,0	30,9	69,1	6,1	0,0
Delitop	12.08.03	1,7	55,1	43,2	12,0	0,0
Delitop	26.08.03	0,0	30,0	70,1	6,5	0,4
Delitop	08.09.03	0,0	24,5	75,5	5,0	0,0
Delitop	22.09.03	0,0	21,3	78,7	4,6	0,8
Gavott	12.08.03	1,4	60,6	38,0	13,4	0,0
Gavott	26.08.03	0,0	36,7	63,3	7,1	0,0
Gavott	08.09.03	0,0	27,8	72,2	5,4	0,4
Gavott	22.09.03	0,0	23,4	76,6	4,7	0,6
GBL	26.08.03	0,0	38,9	61,1	6,3	0,0
GBL	08.09.03	0,0	23,7	76,3	5,2	0,6
GBL	22.09.03	0,0	17,1	82,9	4,6	0,9
Helga	12.08.03	1,6	71,7	26,8	16,1	0,0
Helga	26.08.03	1,2	49,9	48,9	10,8	0,0
Helga	08.09.03	0,0	34,6	65,4	7,5	0,0
Helga	22.09.03	0,0	30,5	69,5	6,3	0,1

Tab. A52.2: Parameter der potentiellen Abbaubarkeit der frischen Maiskörner des Versuchs V5

Sorte	Erntezeitpunkt	A (%)	a (%)	b (%)	c (%h <sup>-1</sup> )	t <sub>0</sub> (h)
NX0451	12.08.03	1,1	56,5	42,4	12,7	0,0
NX0451	26.08.03	0,0	35,9	64,1	6,9	0,1
NX0451	08.09.03	0,0	29,1	70,9	5,8	0,0
NX0451	22.09.03	0,0	23,8	76,2	5,0	0,5
NX0761	12.08.03	0,0	48,8	51,2	10,7	0,0
NX0761	26.08.03	0,0	33,7	66,3	7,0	0,0
NX0761	08.09.03	0,0	26,5	73,6	6,2	0,3
NX0761	22.09.03	0,0	23,3	76,7	5,0	0,7
N23-C1	12.08.03	1,4	73,3	25,3	15,4	0,0
N23-C1	26.08.03	1,2	53,1	45,7	12,1	0,0
N23-C1	08.09.03	0,0	41,8	58,2	8,1	0,0
N23-C1	22.09.03	0,0	25,6	74,4	6,4	0,0
Oldham	12.08.03	1,3	50,0	48,6	11,5	0,0
Oldham	26.08.03	0,0	32,0	68,0	6,9	0,0
Oldham	08.09.03	0,0	25,1	74,9	5,7	0,0
Oldham	22.09.03	0,0	24,3	75,7	4,9	0,0
	–	0,4	38,6	61,1	8,1	0,2
	× ± s	±0,6	±15,4	±15,9	±3,5	±0,3

Tab. A53.1: Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V5 in Abhängigkeit der Passageraten

Sorte	Erntezeitpunkt	Passagerate (k, %/h)			
		2	4	6	8
Banguy	12.08.03	89,9	83,0	78,1	74,3
Banguy	26.08.03	81,9	71,3	64,2	59,3
Banguy	08.09.03	73,9	62,1	54,6	49,3
Banguy	22.09.03	73,9	61,2	53,2	47,8
Batawax	26.08.03	95,1	91,9	89,4	87,4
Batawax	08.09.03	92,0	86,7	82,7	79,6
Batawax	22.09.03	88,7	81,1	75,6	71,5
Byzance	12.08.03	95,1	92,5	90,5	88,7
Byzance	26.08.03	90,0	83,1	78,1	74,4
Byzance	08.09.03	87,5	79,4	73,7	69,4
Byzance	22.09.03	83,0	72,8	65,9	60,9
Delitop	12.08.03	92,1	87,5	83,9	81,0
Delitop	26.08.03	81,9	71,7	64,8	59,7
Delitop	08.09.03	78,5	66,6	58,9	53,7
Delitop	22.09.03	73,4	60,6	52,7	47,3
Gavott	12.08.03	93,7	89,9	86,9	84,4
Gavott	26.08.03	86,1	77,2	71,0	66,5
Gavott	08.09.03	78,8	67,6	60,3	55,2
Gavott	22.09.03	74,9	62,6	54,9	49,6
GBL	26.08.03	85,2	76,2	70,2	65,8
GBL	08.09.03	76,6	64,6	56,9	51,6
GBL	22.09.03	71,3	57,9	49,6	43,9
Helga	12.08.03	95,5	93,1	91,2	89,5
Helga	26.08.03	91,1	85,6	81,3	78,0
Helga	08.09.03	86,2	77,2	70,9	66,2
Helga	22.09.03	83,0	72,7	65,8	60,8

Tab. A53.2: Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V5 in Abhängigkeit der Passageraten

Sorte	Erntezeitpunkt	Passagerate (k, %/h)			
		2	4	6	8
NX0451	12.08.03	93,2	88,8	85,3	82,5
NX0451	26.08.03	84,9	75,8	69,5	64,9
NX0451	08.09.03	81,7	71,0	63,8	58,8
NX0451	22.09.03	76,2	64,1	56,4	51,1
NX0761	12.08.03	91,9	86,1	81,6	78,1
NX0761	26.08.03	85,3	75,9	69,4	64,7
NX0761	08.09.03	80,6	69,7	62,4	57,1
NX0761	22.09.03	75,8	63,6	55,9	50,6
N23-C1	12.08.03	95,7	93,4	91,5	89,9
N23-C1	26.08.03	92,4	87,5	83,7	80,7
N23-C1	08.09.03	88,4	80,7	75,2	71,0
N23-C1	22.09.03	82,4	71,5	64,1	58,8
Oldham	12.08.03	91,5	86,1	82,0	78,7
Oldham	26.08.03	84,8	75,1	68,5	63,6
Oldham	08.09.03	80,4	69,0	61,5	56,1
Oldham	22.09.03	78,2	66,1	58,5	53,2
$\bar{x} \pm s$		84,8 ±7,1	76,2 ±10,3	70,3 ±12,1	66,1 ±13,3

Tab. A54: Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V5 im Vergleich der Mittelwerte über die Passageraten innerhalb des Erntezeitpunktes

Erntezeitpunkt	Passagerate (k, %/h)			
	2	4	6	8
I*	93,2 <sup>a</sup> ±0,7	88,9 <sup>b</sup> ±1,2	85,7 <sup>cb</sup> ±1,6	83,0 <sup>c</sup> ±1,9
II	87,2 <sup>a</sup> ±1,3	79,2 <sup>b</sup> ±2,0	73,6 <sup>cb</sup> ±2,5	69,5 <sup>c</sup> ±2,8
III	82,2 <sup>a</sup> ±1,7	72,2 <sup>b</sup> ±2,3	65,5 <sup>cb</sup> ±2,7	60,7 <sup>c</sup> ±2,9
IV	78,3 <sup>a</sup> ±1,6	66,7 <sup>b</sup> ±2,1	59,3 <sup>c</sup> ±2,3	54,1 <sup>c</sup> ±2,4

±SEM (n=11 bzw. n=9\*); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A55: Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V5 im Vergleich der Mittelwerte über die Passageraten innerhalb der Sorte

Sorte	Passagerate (k, %/h)			
	2	4	6	8
Banguy	79,9 <sup>a</sup> ±3,8	69,4 <sup>ba</sup> ±5,1	62,5 <sup>b</sup> ±5,7	57,7 <sup>b</sup> ±6,1
Batawax*	91,9 <sup>a</sup> ±1,8	86,6 <sup>ba</sup> ±3,1	82,6 <sup>ba</sup> ±4,0	79,5 <sup>b</sup> ±4,6
Byzance	88,9 <sup>a</sup> ±2,5	82,0 <sup>ba</sup> ±4,1	77,1 <sup>ba</sup> ±5,1	73,4 <sup>b</sup> ±5,8
Delitop	81,5 <sup>a</sup> ±3,9	71,6 <sup>ba</sup> ±5,8	65,1 <sup>ba</sup> ±6,7	60,4 <sup>b</sup> ±7,3
Gavott	83,4 <sup>a</sup> ±4,1	74,3 <sup>a</sup> ±6,0	68,3 <sup>a</sup> ±7,1	63,9 <sup>a</sup> ±7,7
GBL*	77,7 <sup>a</sup> ±4,1	66,2 <sup>ba</sup> ±5,3	58,9 <sup>ba</sup> ±6,0	53,8 <sup>b</sup> ±6,4
Helga	89,0 <sup>a</sup> ±2,7	82,2 <sup>a</sup> ±4,5	77,3 <sup>a</sup> ±5,6	73,6 <sup>a</sup> ±6,4
NX0451	84,0 <sup>a</sup> ±3,6	74,9 <sup>ba</sup> ±5,2	68,8 <sup>ba</sup> ±6,1	64,3 <sup>b</sup> ±6,7
NX0761	83,4 <sup>a</sup> ±3,4	73,8 <sup>ba</sup> ±4,8	67,3 <sup>ba</sup> ±5,5	62,6 <sup>b</sup> ±5,9
N23-C1	89,7 <sup>a</sup> ±2,8	83,3 <sup>a</sup> ±4,7	78,6 <sup>a</sup> ±5,9	75,1 <sup>a</sup> ±6,7
Oldham	83,7 <sup>a</sup> ±2,9	74,1 <sup>ba</sup> ±4,4	67,6 <sup>b</sup> ±5,2	62,9 <sup>b</sup> ±5,7

±SEM (n=4 bzw. n=3\*); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A56: Effektive Abbaubarkeiten (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V5 für die Passageraten von 4 %/h und 8 %/h sortiert in absteigender Reihenfolge je Erntezeitpunkt

Erntezeitpunkt	Sorte	Passagerate (k, %/h)		Erntezeitpunkt	Sorte	Passagerate (k, %/h)			
		4	8			4	8		
I	N23-C1	93,4		I	N23-C1	89,9			
	Helga	93,1			Helga	89,5			
	Byzance	92,5			Byzance	88,7			
	Gavott	89,9			Gavott	84,4			
	NX0451	88,8			NX0451	82,5			
	Delitop	87,5			Delitop	81,0			
	Oldham	86,1			Oldham	78,7			
	NX0761	86,1			NX0761	78,1			
	Banguy	83,0			Banguy	74,3			
II	Batawax	91,9		II	Batawax	87,4			
	N23-C1	87,5			N23-C1	80,7			
	Helga	85,6			Helga	78,0			
	Byzance	83,1			Byzance	74,4			
	Gavott	77,2			Gavott	66,5			
	GBL	76,2			GBL	65,8			
	NX0761	75,9			NX0451	64,9			
	NX0451	75,8			NX0761	64,7			
	Oldham	75,1			Oldham	63,6			
	Delitop	71,7			Delitop	59,7			
	Banguy	71,3			Banguy	59,3			
III	Batawax	86,7		III	Batawax	79,6			
	N23-C1	80,7			N23-C1	71,0			
	Byzance	79,4			Byzance	69,4			
	Helga	77,2			Helga	66,2			
	NX0451	71,0			NX0451	58,8			
	NX0761	69,7			NX0761	57,1			
	Oldham	69,0			Oldham	56,1			
	Gavott	67,6			Gavott	55,2			
	Delitop	66,6			Delitop	53,7			
	GBL	64,6			GBL	51,6			
	Banguy	62,1			Banguy	49,3			
	IV	Batawax	81,1			IV	Batawax	71,5	
		Byzance	72,8				Byzance	60,9	
Helga		72,7		Helga	60,8				
N23-C1		71,5		N23-C1	58,8				
Oldham		66,1		Oldham	53,2				
NX0451		64,1		NX0451	51,1				
NX0761		63,6		NX0761	50,6				
Gavott		62,6		Gavott	49,6				
Banguy		61,2		Banguy	47,8				
Delitop		60,6		Delitop	47,3				
GBL		57,9		GBL	43,9				

Tab. A57: T-Verluste (%) der frischen Maiskörner des Versuchs V5 in Abhängigkeit der Tiere, Sorten, Erntezeitpunkte, Inkubationszeiten und Durchgänge ( $\pm$ SEM)

Tier		Sorte		Erntezeitpunkt		Inkubationszeit		Durchgang	
1	66,4 <sup>b</sup> $\pm$ 1,6	BA	59,3 <sup>e</sup> $\pm$ 2,4	I	81,9 <sup>a</sup> $\pm$ 1,0	0	38,0 <sup>g</sup> $\pm$ 1,2	1	68,9 <sup>a</sup> $\pm$ 1,0
2	64,6 <sup>c</sup> $\pm$ 1,6	BX	78,6 <sup>a</sup> $\pm$ 1,9	II	69,4 <sup>b</sup> $\pm$ 1,3	2	47,9 <sup>f</sup> $\pm$ 1,2	2	64,3 <sup>b</sup> $\pm$ 1,0
3	68,4 <sup>a</sup> $\pm$ 1,6	BY	73,0 <sup>b</sup> $\pm$ 2,0	III	61,7 <sup>c</sup> $\pm$ 1,4	4	53,5 <sup>e</sup> $\pm$ 1,3		
4	66,3 <sup>b</sup> $\pm$ 1,6	DE	61,4 <sup>d</sup> $\pm$ 2,4	IV	55,8 <sup>d</sup> $\pm$ 1,5	8	62,9 <sup>d</sup> $\pm$ 1,2		
5	66,7 <sup>b</sup> $\pm$ 1,6	GV	64,7 <sup>c</sup> $\pm$ 2,3			16	76,4 <sup>c</sup> $\pm$ 1,0		
		GBL	55,7 <sup>f</sup> $\pm$ 2,8			24	88,4 <sup>b</sup> $\pm$ 0,7		
		HE	73,2 <sup>b</sup> $\pm$ 2,1			48	98,3 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1		
		NX4	64,9 <sup>c</sup> $\pm$ 2,3						
		NX7	63,3 <sup>c</sup> $\pm$ 2,4						
		N23	74,6 <sup>b</sup> $\pm$ 2,1						
		OL	63,1 <sup>dc</sup> $\pm$ 2,3						

Signifikanzschwelle  $P < 0,05$

Tab. A58: Zusammensetzung der Frischmasse nach Pflanzenbestandteilen und T-Gehalt der Restpflanze der Hybriden der Versuchsreihe V3 zur Ernte

Sorte	Erntezeitpunkt	Frischmasse (%)		Trockenmasse (%)
		Restpflanze	Kolben	Restpflanze
Antares	03.09.01	60,4	39,6	23,8
Antares	18.09.01	59,0	41,0	22,7
Antares	01.10.01	48,9	51,1	31,4
Antares-BM <sub>3</sub>	28.08.01	66,5	33,5	21,6
Antares-BM <sub>3</sub>	19.09.01	59,0	41,0	23,4
Antares-BM <sub>3</sub>	08.10.01	36,7	63,3	42,5
Byzance	03.09.01	62,9	37,1	22,2
Byzance	18.09.01	61,0	39,0	20,5
Byzance	01.10.01	47,5	52,5	37,6
Byzance-½BM <sub>3</sub>	28.08.01	66,9	33,1	20,9
Byzance-½BM <sub>3</sub>	19.09.01	60,6	39,4	23,6
Byzance-½BM <sub>3</sub>	08.10.01	51,3	48,7	30,9
Helix	27.08.02	68,9	31,1	-/-
Helix	25.09.02	62,7	37,3	-/-
Helix	01.10.02	57,6	42,4	-/-
Helix-BM <sub>3</sub>	27.08.02	76,3	23,7	-/-
Helix-BM <sub>3</sub>	25.09.02	73,4	26,6	-/-
Helix-BM <sub>3</sub>	01.10.02	68,7	31,3	-/-

Tab. A59: Gehalte an pflanzlichen Gerüstsubstanzen im Restpflanzenmaterial der Versuchsreihe V3

Sorte	Erntezeitpunkt	% i.d.T					
		NDF	ADF	ADL	HEM	CEL	KL
AN	03.09.01	59,8	37,2	5,02	22,7	32,1	8,84
AN	18.09.01	62,8	40,6	5,64	22,3	34,9	9,25
AN	01.10.01	69,3	44,2	6,27	25,1	37,9	10,1
AN-B	28.08.01	56,9	34,3	3,11	22,6	31,2	5,89
AN-B	19.09.01	62,4	37,4	3,16	25,0	34,2	7,06
AN-B	08.10.01	69,3	42,4	3,77	26,9	38,6	5,43
BY	03.09.01	59,0	35,3	4,84	23,8	30,4	8,50
BY	18.09.01	58,4	36,7	4,75	21,7	31,9	8,60
BY	01.10.01	72,5	44,5	5,49	28,0	39,0	9,29
BY-½B	28.08.01	57,3	36,4	4,48	20,9	31,9	7,32
BY-½B	19.09.01	62,2	38,7	4,79	23,5	33,9	9,34
BY-½B	08.10.01	66,9	41,5	5,51	25,5	36,0	8,50
HX	27.08.02	57,8	36,3	4,33	21,6	31,9	7,96
HX	25.09.02	64,7	42,7	5,94	22,0	36,8	9,10
HX	01.10.02	69,6	44,1	6,13	25,5	38,0	8,62
HX-B	27.08.02	58,4	34,9	2,62	23,4	32,3	6,21
HX-B	25.09.02	64,6	39,7	3,22	24,9	36,5	6,29
HX-B	01.10.02	69,1	42,4	3,39	26,7	39,0	6,05
	–	63,4	39,4	4,58	24,0	34,8	7,91
	× ± s	±5,1	±3,5	±1,1	±2,1	±3,0	±1,4

AN: Antares; BY: Byzance; HX: Helix

Tab. A60: T-Verluste (%) des frischen Restpflanzenmaterials des Versuchs V3 in sacco in Abhängigkeit der Inkubationszeit im Pansen

Sorte	EZP	WL	KLP	Inkubationsdauer (h)								
				0	2	4	8	16	24	48	72	96
AN	1	23,2	9,1	32,3	36,3	37,6	42,6	50,6	55,7	64,4	68,7	72,1
AN	2	22,1	10,7	32,8	33,9	35,4	39,6	46,7	55,0	63,7	67,8	70,8
AN	3	14,3	7,6	21,9	23,2	24,7	27,9	35,8	45,5	54,1	62,6	66,2
AN-B	1	24,0	13,7	37,8	38,8	40,2	46,9	58,7	67,9	74,4	80,8	85,5
AN-B	2	16,9	11,6	28,5	30,4	32,2	37,4	51,0	62,4	72,9	78,4	84,8
AN-B	3	12,4	6,5	18,9	21,2	22,8	29,7	42,5	52,5	66,9	77,5	81,9
BY	1	22,3	11,6	33,9	36,0	37,4	41,6	48,7	59,0	67,7	72,2	75,3
BY	2	21,4	12,4	33,8	35,4	36,8	41,0	49,7	57,3	65,2	70,5	74,6
BY	3	11,1	7,0	18,1	19,8	20,9	24,8	33,3	47,7	57,5	62,9	69,4
BY-½B	1	24,6	10,6	35,2	37,3	39,5	44,4	52,2	61,5	68,9	71,9	75,6
BY-½B	2	20,0	10,6	30,6	31,9	33,1	38,3	46,5	57,6	66,7	69,3	74,3
BY-½B	3	16,1	9,8	25,9	27,0	28,1	31,4	40,6	53,0	62,6	64,3	70,8
HX	1	20,1	14,6	34,7	35,2	36,5	41,8	50,9	60,0	68,0	69,4	74,5
HX	2	17,0	8,5	25,4	26,5	27,5	31,4	37,7	47,6	57,0	58,2	65,9
HX	3	13,0	8,4	21,5	22,1	23,2	26,4	36,2	45,0	56,7	57,3	64,8
HX-B	1	20,9	11,7	32,6	34,1	36,3	42,0	53,4	60,9	73,4	74,7	78,9
HX-B	2	16,5	9,2	25,7	27,7	28,7	32,7	46,2	52,7	70,3	71,4	78,5
HX-B	3	15,1	8,3	23,4	24,4	25,8	31,0	44,5	51,7	68,1	69,1	76,8
	–	18,4	10,1	28,5	30,1	31,5	36,2	45,8	55,2	65,5	69,3	74,5
	× ± s	±4,2	±2,2	±6,1	±6,2	±6,3	±6,8	±6,9	±6,3	±6,0	±6,5	±6,0

WL: wasserlösliche Fraktion der 0 h; KLP: kleine, wasserunlösliche Partikel der 0 h  
 AN: Antares; BY: Byzance; HX: Helix

Tab. A61: T-Verluste (%) der frischen Restpflanzen des Versuchs V3 in sacco in Abhängigkeit der Inkubationszeit

Sorte	EZP	Inkubationsdauer (h)								
		0	2	4	8	16	24	48	72	96
AN	1	32,3 ±0,4	36,3 ±0,3	37,6 ±0,5	42,6 ±0,9	50,6 ±1,0	55,7 ±1,5	64,4 ±2,6	68,7 ±1,6	72,1 ±1,0
AN	2	32,8 ±0,2	33,9 ±0,2	35,4 ±0,3	39,6 ±0,8	46,7 ±1,2	55,0 ±0,8	63,7 ±2,4	67,8 ±2,3	70,8 ±0,7
AN	3	21,9 ±0,2	23,2 ±0,2	24,7 ±0,3	27,9 ±0,4	35,8 ±1,7	45,5 ±1,9	54,1 ±2,3	62,6 ±2,1	66,2 ±0,3
AN-B	1	37,8 ±0,5	38,8 ±0,4	40,2 ±0,4	46,9 ±1,5	58,7 ±1,3	67,9 ±1,7	74,4 ±2,5	80,8 ±2,8	85,5 ±0,6
AN-B	2	28,5 ±0,2	30,4 ±0,3	32,2 ±0,4	37,4 ±1,0	51,0 ±2,4	62,4 ±2,2	72,9 ±2,2	78,4 ±2,6	84,8 ±0,5
AN-B	3	18,9 ±0,1	21,2 ±0,4	22,8 ±0,3	29,7 ±1,1	42,5 ±1,9	52,5 ±1,0	66,9 ±2,4	77,5 ±2,3	81,9 ±1,3
BY	1	33,9 ±0,2	36,0 ±0,3	37,4 ±0,4	41,6 ±0,7	48,7 ±1,2	59,0 ±1,4	67,7 ±1,4	72,2 ±0,7	75,3 ±0,4
BY	2	33,8 ±0,2	35,4 ±0,3	36,8 ±0,4	41,0 ±0,8	49,7 ±1,3	57,3 ±1,0	65,2 ±0,9	70,5 ±0,5	74,6 ±0,5
BY	3	18,1 ±0,2	19,8 ±0,2	20,9 ±0,2	24,8 ±0,5	33,3 ±1,3	47,7 ±1,6	57,5 ±2,0	62,9 ±2,8	69,4 ±0,7
BY-½B	1	35,2 ±0,3	37,3 ±0,4	39,5 ±0,3	44,4 ±0,5	52,2 ±1,3	61,5 ±0,5	68,9 ±2,1	71,9 ±1,1	75,6 ±0,1
BY-½B	2	30,6 ±0,2	31,9 ±0,2	33,1 ±0,2	38,3 ±1,0	46,5 ±1,2	57,6 ±0,5	66,7 ±1,7	69,3 ±1,4	74,3 ±0,3
BY-½B	3	25,9 ±0,5	27,0 ±0,4	28,1 ±0,3	31,4 ±0,6	40,6 ±1,3	53,0 ±0,9	62,6 ±1,8	64,3 ±2,2	70,8 ±0,7
HX	1	34,7 ±0,1	35,2 ±0,4	36,5 ±0,4	41,8 ±1,1	50,9 ±1,1	60,0 ±0,8	68,0 ±0,6	69,4 ±1,6	74,5 ±0,4
HX	2	25,4 ±0,3	26,5 ±0,3	27,5 ±0,3	31,4 ±0,8	37,7 ±1,3	47,6 ±0,8	57,0 ±1,8	58,2 ±2,5	65,9 ±0,2
HX	3	21,5 ±0,4	22,1 ±0,3	23,2 ±0,4	26,4 ±0,8	36,2 ±1,1	45,0 ±1,3	56,7 ±1,4	57,3 ±2,8	64,8 ±0,4
HX-B	1	32,6 ±0,3	34,1 ±0,2	36,3 ±0,5	42,0 ±1,2	53,4 ±1,5	60,9 ±2,0	73,4 ±0,6	74,7 ±1,9	78,9 ±0,7
HX-B	2	25,7 ±0,2	27,7 ±0,3	28,7 ±0,5	32,7 ±0,9	46,2 ±2,0	52,7 ±2,3	70,3 ±0,7	71,4 ±1,9	78,5 ±1,2
HX-B	3	23,4 ±0,2	24,4 ±0,1	25,8 ±0,4	31,0 ±0,9	44,5 ±1,8	51,7 ±1,9	68,1 ±0,8	69,1 ±2,5	76,8 ±0,5

±SEM (n=6 für 2, 4, 8, 16 h; n=3 für 0, 24, 48, 72, 96 h); Signifikanzschwelle P<0,05  
AN: Antares; BY: Byzance; HX: Helix

Tab. A62: T-Verluste (%) der frischen Restpflanzen des Versuchs V3 in sacco im Vergleich der Mittelwerte über die Passageraten innerhalb des Erntezeitpunktes

EZP	Inkubationsdauer (h)								
	0	2	4	8	16	24	48	72	96
I	34,4 <sup>h</sup> ±0,5	36,3 <sup>hg</sup> ±0,3	37,9 <sup>g</sup> ±0,3	43,2 <sup>f</sup> ±0,5	52,4 <sup>e</sup> ±0,7	60,8 <sup>d</sup> ±1,0	69,5 <sup>c</sup> ±1,0	73,0 <sup>b</sup> ±1,1	77,0 <sup>a</sup> ±1,1
II	29,5 <sup>g</sup> ±0,8	31,0 <sup>g</sup> ±0,5	32,3 <sup>g</sup> ±0,6	36,7 <sup>f</sup> ±0,7	46,3 <sup>e</sup> ±0,9	55,4 <sup>d</sup> ±1,2	66,0 <sup>c</sup> ±1,4	69,3 <sup>b</sup> ±1,6	74,8 <sup>a</sup> ±1,4
III	21,6 <sup>g</sup> ±0,6	23,0 <sup>g</sup> ±0,4	24,3 <sup>g</sup> ±0,4	28,5 <sup>f</sup> ±0,5	38,8 <sup>e</sup> ±0,9	49,2 <sup>d</sup> ±1,0	61,0 <sup>c</sup> ±1,4	65,6 <sup>b</sup> ±1,8	71,7 <sup>a</sup> ±1,5

±SEM (n=36 für 2, 4, 8, 16 h; n=18 für 0, 24, 48, 72, 96 h); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A63: T-Verluste (%) der frischen Restpflanzen des Versuchs V3 in sacco im Vergleich der Mittelwerte über die Passageraten innerhalb der Sorten

Sorte	Inkubationsdauer (h)								
	0	2	4	8	16	24	48	72	96
AN	29,0 <sup>f</sup> ±1,8	31,1 <sup>f</sup> ±1,4	32,6 <sup>fe</sup> ±1,4	36,7 <sup>e</sup> ±1,6	44,4 <sup>d</sup> ±1,7	52,1 <sup>c</sup> ±1,8	60,7 <sup>b</sup> ±2,1	66,4 <sup>a</sup> ±1,4	69,7 <sup>a</sup> ±1,0
AN-B	28,4 <sup>f</sup> ±2,7	30,1 <sup>f</sup> ±1,8	31,7 <sup>f</sup> ±1,7	38,0 <sup>e</sup> ±1,8	50,7 <sup>d</sup> ±1,9	60,9 <sup>c</sup> ±2,4	71,4 <sup>b</sup> ±1,7	78,9 <sup>a</sup> ±1,4	84,1 <sup>a</sup> ±0,7
BY	28,6 <sup>f</sup> ±2,6	30,4 <sup>fe</sup> ±1,8	31,7 <sup>fe</sup> ±1,9	35,8 <sup>e</sup> ±1,9	43,9 <sup>d</sup> ±1,9	54,7 <sup>c</sup> ±1,9	63,5 <sup>b</sup> ±1,7	68,5 <sup>ba</sup> ±1,7	73,1 <sup>a</sup> ±1,0
BY-½B	30,6 <sup>f</sup> ±1,4	32,1 <sup>f</sup> ±1,0	33,6 <sup>f</sup> ±1,1	38,0 <sup>e</sup> ±1,4	46,4 <sup>d</sup> ±1,3	57,4 <sup>c</sup> ±1,3	66,1 <sup>b</sup> ±1,3	68,5 <sup>b</sup> ±1,4	73,6 <sup>a</sup> ±0,8
HX	27,2 <sup>f</sup> ±2,0	27,9 <sup>fe</sup> ±1,3	29,1 <sup>fe</sup> ±1,4	33,2 <sup>e</sup> ±1,6	41,6 <sup>d</sup> ±1,7	50,9 <sup>c</sup> ±2,4	60,6 <sup>b</sup> ±2,0	61,6 <sup>b</sup> ±2,3	68,4 <sup>a</sup> ±1,5
HX-B	27,2 <sup>f</sup> ±1,4	28,7 <sup>f</sup> ±1,0	30,3 <sup>f</sup> ±1,1	35,2 <sup>e</sup> ±1,3	48,0 <sup>d</sup> ±1,3	55,1 <sup>c</sup> ±1,8	70,6 <sup>b</sup> ±0,8	71,7 <sup>b</sup> ±1,3	78,1 <sup>a</sup> ±0,5

±SEM (n=18 für 2, 4, 8, 16 h; n=9 für 0, 24, 48, 72, 96 h); Signifikanzschwelle P<0,05

AN: Antares; BY: Byzance; HX: Helix

Tab. A64: Parameter der potentiellen Abbaubarkeit der frischen Maisrestpflanzen des Versuchs V3

Sorte	Erntezeitpunkt	A (%)	a (%)	b (%)	c (%h <sup>-1</sup> )	t <sub>0</sub> (h)
AN	03.09.01	27,5	32,8	39,7	3,5	0,0
AN	18.09.01	27,9	32,8	39,3	3,3	1,8
AN	01.10.01	29,6	21,9	48,5	2,5	1,6
AN-B	28.08.01	15,5	37,8	46,8	4,1	2,0
AN-B	19.09.01	15,9	29,4	54,7	3,9	3,0
AN-B	08.10.01	14,0	18,9	67,1	2,9	1,3
BY	03.09.01	23,1	33,9	43,1	3,3	1,2
BY	18.09.01	24,4	33,8	41,8	3,2	1,3
BY	01.10.01	29,4	18,9	51,7	3,2	3,5
BY-½B	28.08.01	24,5	35,2	40,3	4,0	1,1
BY-½B	19.09.01	26,0	31,3	42,7	4,0	3,2
BY-½B	08.10.01	29,7	26,4	43,9	3,8	3,8
HX	27.08.02	26,7	35,0	38,3	4,6	3,3
HX	25.09.02	33,4	25,4	41,2	3,0	1,9
HX	01.10.02	35,5	21,8	42,7	3,5	3,7
HX-B	27.08.02	21,0	32,6	46,4	4,2	1,7
HX-B	25.09.02	20,8	26,7	52,5	3,5	3,4
HX-B	01.10.02	23,5	23,9	52,6	3,7	3,3
$\bar{x} \pm s$		24,9 ± 5,9	28,8 ± 6,0	46,3 ± 7,3	3,6 ± 0,5	2,3 ± 1,1

AN: Antares; BY: Byzance; HX: Helix

Tab. A65: Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Restpflanzen des Versuchs V3 im Vergleich der Mittelwerte über die Passageraten innerhalb des Erntezeitpunktes

Erntezeitpunkt	Passagerate (k, %/h)			
	2	4	6	8
I	60,1 <sup>a</sup> ±1,3	53,0 <sup>b</sup> ±1,1	48,8 <sup>c</sup> ±1,0	46,1 <sup>c</sup> ±0,9
II	54,9 <sup>a</sup> ±1,7	47,4 <sup>b</sup> ±1,5	43,0 <sup>cb</sup> ±1,5	40,2 <sup>c</sup> ±1,5
III	49,1 <sup>a</sup> ±1,8	40,5 <sup>b</sup> ±1,4	35,7 <sup>c</sup> ±1,2	32,7 <sup>c</sup> ±1,1

±SEM (n=6); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A66: Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Restpflanzen des Versuchs V3 im Vergleich der Mittelwerte über die Passageraten innerhalb der Sorte

Sorte	Passagerate (k, %/h)			
	2	4	6	8
Antares	53,5 <sup>a</sup> ±3,3	46,3 <sup>ba</sup> ±3,8	42,2 <sup>ba</sup> ±4,0	39,7 <sup>b</sup> ±4,0
Ant.-BM <sub>3</sub>	60,4 <sup>a</sup> ±2,8	51,0 <sup>ba</sup> ±3,8	45,6 <sup>b</sup> ±4,3	42,1 <sup>b</sup> ±4,6
Byzance	54,1 <sup>a</sup> ±4,3	46,4 <sup>a</sup> ±4,8	42,1 <sup>a</sup> ±5,1	39,3 <sup>a</sup> ±5,2
Byz.-½BM <sub>3</sub>	54,9 <sup>a</sup> ±3,1	47,9 <sup>ba</sup> ±3,3	43,8 <sup>ba</sup> ±3,4	41,1 <sup>b</sup> ±3,4
Helix	49,4 <sup>a</sup> ±3,7	42,6 <sup>a</sup> ±4,0	38,8 <sup>a</sup> ±4,1	36,3 <sup>a</sup> ±4,1
Helix-BM <sub>3</sub>	55,7 <sup>a</sup> ±2,6	47,4 <sup>ba</sup> ±2,9	42,5 <sup>b</sup> ±3,1	39,3 <sup>b</sup> ±3,1

±SEM (n=3); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A67: Effektive Abbaubarkeiten (%) der frischen Maisrestpflanzen des Versuchs V3 für die Passageraten von 4 %/h und 8 %/h sortiert in absteigender Reihenfolge je Erntezeitpunkt

Erntezeitpunkt	Sorte	Passagerate (k, %/h)		Erntezeitpunkt	Sorte	Passagerate (k, %/h)	
		4	8			4	8
I	Ant.-BM <sub>3</sub>	57,8		I	Ant.-BM <sub>3</sub>	50,2	
	Byz.-1/2BM <sub>3</sub>	53,7			Byz.-1/2BM <sub>3</sub>	47,1	
	Helix-BM <sub>3</sub>	53,1			Helix-BM <sub>3</sub>	45,4	
	Byzance	51,7			Antares	45,0	
	Antares	51,4			Byzance	44,8	
	Helix	50,3			Helix	44,1	
II	Byzance	50,8		II	Byzance	44,2	
	Ant.-BM <sub>3</sub>	50,7			Antares	42,3	
	Antares	48,5			Ant.-BM <sub>3</sub>	41,9	
	Byz.-1/2BM <sub>3</sub>	47,8			Byz.-1/2BM <sub>3</sub>	40,9	
	Helix-BM <sub>3</sub>	45,6			Helix-BM <sub>3</sub>	37,4	
	Helix	40,7			Helix	34,4	
III	Ant.-BM <sub>3</sub>	44,5		III	Byz.-1/2BM <sub>3</sub>	35,4	
	Helix-BM <sub>3</sub>	43,5			Helix-BM <sub>3</sub>	35,2	
	Byz.-1/2BM <sub>3</sub>	42,3			Ant.-BM <sub>3</sub>	34,3	
	Antares	38,9			Antares	31,8	
	Helix	36,9			Helix	30,3	
	Byzance	36,8			Byzance	29,0	

Tab. A68: T-Verluste (%) der frischen Restpflanzen des Versuchs V3 in Abhängigkeit der Tiere, Sorten, Erntezeitpunkte, Inkubationszeiten und Durchgänge ( $\pm$ SEM)

Tier		Sorte		Erntezeitpunkt	Inkubationszeit		Durchgang		
1	44,9 <sup>a</sup> $\pm$ 1,1	AN	43,6 <sup>c</sup> $\pm$ 1,4	I	50,3 <sup>a</sup> $\pm$ 1,0	0	28,5 <sup>i</sup> $\pm$ 0,8	1	48,5 <sup>a</sup> $\pm$ 0,8
2	44,7 <sup>a</sup> $\pm$ 1,1	ANB	48,1 <sup>a</sup> $\pm$ 1,9	II	45,2 <sup>b</sup> $\pm$ 1,1	2	30,1 <sup>h</sup> $\pm$ 0,6	2	35,8 <sup>b</sup> $\pm$ 0,6
3	44,2 <sup>a</sup> $\pm$ 1,2	BY	44,0 <sup>c</sup> $\pm$ 1,5	III	38,3 <sup>c</sup> $\pm$ 1,2	4	31,5 <sup>g</sup> $\pm$ 0,6		
		BY $\frac{1}{2}$ B	45,9 <sup>b</sup> $\pm$ 1,4			8	36,1 <sup>f</sup> $\pm$ 0,7		
		HX	40,9 <sup>d</sup> $\pm$ 1,4			16	45,8 <sup>e</sup> $\pm$ 0,7		
		HXB	45,2 <sup>b</sup> $\pm$ 1,7			24	55,2 <sup>d</sup> $\pm$ 0,9		
						48	65,5 <sup>c</sup> $\pm$ 0,9		
72	69,3 <sup>b</sup> $\pm$ 1,0								
96	74,5 <sup>a</sup> $\pm$ 0,8								

Signifikanzschwelle  $P < 0,05$

Tab. A69: Zusammensetzung der Frischmasse nach Pflanzenbestandteilen und T-Gehalt der Restpflanze der Hybriden der Versuchsreihe V4 zur Ernte

Sorte	Erntezeitpunkt	Frischmasse (%)		Trockenmasse (%)
		Restpflanze	Kolben	Restpflanze
Attribut	27.08.01	66,7	33,3	22,8
Attribut	18.09.01	64,8	35,2	20,8
Attribut	02.10.01	54,8	45,2	32,5
Elide	27.08.01	66,1	33,9	23,0
Elide	18.09.01	65,2	34,8	23,5
Elide	02.10.01	56,9	43,1	28,6
Goldoli	27.08.01	61,6	38,4	22,6
Goldoli	18.09.01	58,8	41,2	22,7
Goldoli	04.10.01	47,3	52,7	31,1
Helga	03.09.01	65,8	34,2	22,8
Helga	18.09.01	59,7	40,3	20,2
Helga	02.10.01	56,3	43,7	31,8
PG013621	28.08.01	67,1	32,9	22,4
PG013621	19.09.01	60,5	39,5	25,2
PG013621	08.10.01	52,4	47,6	34,1
Prelude	27.08.01	63,9	36,1	19,9
Prelude	18.09.01	60,3	39,8	22,5
Prelude	02.10.01	50,9	49,1	34,1

Tab. A70: Gehalte an pflanzlichen Gerüstsubstanzen im Restpflanzenmaterial der Versuchsreihe V4

Sorte	Erntezeitpunkt	% i.d.T					
		NDF	ADF	ADL	HEM	CEL	KL
Attribut	27.08.01	55,3	35,2	4,16	20,2	31,0	5,66
Attribut	18.09.01	66,0	42,5	5,00	23,5	37,5	12,2
Attribut	02.10.01	66,0	41,7	4,93	24,3	36,8	8,62
Elide	27.08.01	58,4	35,6	3,64	22,7	32,0	6,15
Elide	18.09.01	70,5	43,9	4,78	26,6	39,1	12,9
Elide	02.10.01	72,8	44,6	4,60	28,2	40,0	9,21
Goldoli	27.08.01	53,5	31,8	3,15	21,7	28,6	5,59
Goldoli	18.09.01	64,1	39,3	4,29	24,9	35,0	10,7
Goldoli	04.10.01	69,1	41,8	4,56	27,3	37,2	8,03
Helga	03.09.01	60,8	38,5	4,71	22,2	33,8	8,11
Helga	18.09.01	64,1	40,1	5,48	24,0	34,6	10,8
Helga	02.10.01	70,8	46,6	6,49	24,2	40,1	10,6
PG013621	28.08.01	57,7	35,9	4,08	21,8	31,9	7,64
PG013621	19.09.01	65,2	39,2	4,52	26,1	34,7	8,74
PG013621	08.10.01	70,0	43,4	4,92	26,6	38,5	7,94
Prelude	27.08.01	55,2	33,5	3,40	21,7	30,1	5,92
Prelude	18.09.01	68,5	41,7	4,65	26,8	37,1	11,6
Prelude	02.10.01	70,8	42,4	4,76	28,5	37,6	8,81
	–	64,4	39,9	4,56	24,5	35,3	8,84
	× ± s	±6,2	±4,1	±0,8	±2,5	±3,5	±2,2

Tab. A71: T-Verluste (%) des frischen Restpflanzenmaterials des Versuchs V4 in sacco in Abhängigkeit der Inkubationszeit im Pansen

Sorte	EZP	WL	KLP	Inkubationsdauer (h)								
				0	2	4	8	16	24	48	72	96
Attribut	1	27,4	11,0	38,3	36,5	37,0	41,9	55,2	58,9	69,8	73,8	75,3
Attribut	2	17,0	9,4	26,4	27,1	28,0	34,2	46,8	51,0	61,2	69,2	71,3
Attribut	3	17,5	9,9	27,4	28,0	27,8	31,9	42,3	47,7	60,1	68,8	70,6
Elide	1	22,3	12,0	34,3	35,4	36,1	41,6	53,2	59,7	67,0	73,3	75,9
Elide	2	10,7	12,5	23,3	23,5	25,2	29,9	42,7	52,5	61,9	68,1	70,6
Elide	3	13,6	7,8	21,4	20,6	21,6	26,8	37,6	47,0	61,7	66,5	70,1
Goldoli	1	26,6	15,2	41,8	43,1	44,0	48,7	59,3	66,6	75,0	78,5	80,3
Goldoli	2	14,6	15,6	30,3	31,7	31,5	36,0	45,2	56,6	67,1	72,9	75,6
Goldoli	3	20,0	6,8	26,8	26,7	27,3	32,3	40,9	54,7	66,5	71,6	73,8
Helga	1	22,7	12,7	35,4	34,4	35,0	40,1	49,0	56,7	65,6	67,7	69,5
Helga	2	16,8	13,3	30,0	30,5	31,2	35,2	44,2	53,9	63,1	67,4	68,9
Helga	3	14,2	9,4	23,5	22,7	22,9	27,2	35,1	46,4	56,2	61,4	62,8
PG013	1	22,4	12,8	35,3	35,8	36,7	40,8	53,3	60,8	70,0	74,1	76,0
PG013	2	19,3	10,7	30,0	31,5	31,5	35,1	46,1	53,3	64,9	69,5	71,7
PG013	3	17,7	7,1	24,9	24,8	25,2	29,4	39,8	50,0	62,8	68,2	70,4
Prelude	1	24,6	13,6	38,2	38,5	39,1	43,6	56,8	61,1	70,4	76,2	77,1
Prelude	2	12,6	13,1	25,7	26,1	25,1	29,7	41,6	51,6	63,6	69,9	72,0
Prelude	3	12,9	10,3	23,2	23,5	23,1	27,5	38,0	50,9	63,0	69,7	71,7
	–	18,5	11,3	29,8	30,0	30,5	35,1	46,0	54,4	65,0	70,4	72,4
	× ± s	±5,0	±2,6	±6,1	±6,3	±6,4	±6,4	±7,1	±5,5	±4,5	±4,0	±3,9

WL: wasserlösliche Fraktion der 0 h; KLP: kleine, wasserunlösliche Partikel der 0 h

Tab. A72: T-Verluste (%) der frischen Restpflanzen des Versuchs V4 in sacco in Abhängigkeit der Inkubationszeit

Sorte	EZP	Inkubationsdauer (h)								
		0	2	4	8	16	24	48	72	96
Attribut	1	38,3 ±0,2	36,5 ±0,2	37,0 ±0,3	41,9 ±1,0	55,2 ±1,1	58,9 ±0,2	69,8 ±1,8	73,8 ±1,1	75,3 ±0,6
Attribut	2	26,4 ±0,6	27,1 ±0,5	28,0 ±0,5	34,2 ±1,3	46,8 ±1,1	51,0 ±0,8	61,2 ±1,2	69,2 ±0,8	71,3 ±1,3
Attribut	3	27,4 ±0,5	28,0 ±0,3	27,8 ±0,4	31,9 ±0,5	42,3 ±1,6	47,7 ±0,5	60,1 ±2,3	68,8 ±0,3	70,6 ±0,7
Elide	1	34,3 ±0,1	35,4 ±0,2	36,1 ±0,1	41,6 ±1,1	53,2 ±0,9	59,7 ±1,0	67,0 ±2,4	73,3 ±0,2	75,9 ±0,5
Elide	2	23,3 ±0,5	23,5 ±0,3	25,2 ±0,2	29,9 ±0,7	42,7 ±1,2	52,5 ±1,5	61,9 ±1,6	68,1 ±0,4	70,6 ±0,8
Elide	3	21,4 ±0,3	20,6 ±0,3	21,6 ±0,1	26,8 ±0,6	37,6 ±1,2	47,0 ±2,0	61,7 ±0,9	66,5 ±0,6	70,1 ±0,9
Goldoli	1	41,8 ±0,1	43,1 ±0,5	44,0 ±0,1	48,7 ±1,1	59,3 ±1,6	66,6 ±0,6	75,0 ±0,9	78,5 ±0,6	80,3 ±0,6
Goldoli	2	30,3 ±0,3	31,7 ±0,4	31,5 ±0,2	36,0 ±1,0	45,2 ±2,0	56,6 ±1,1	67,1 ±2,0	72,9 ±0,6	75,6 ±0,2
Goldoli	3	26,8 ±0,2	26,7 ±0,4	27,3 ±0,2	32,3 ±0,8	40,9 ±2,0	54,7 ±1,2	66,5 ±1,3	71,6 ±0,6	73,8 ±0,3
Helga	1	35,4 ±0,2	34,4 ±0,4	35,0 ±0,3	40,1 ±1,0	49,0 ±1,8	56,7 ±1,8	65,6 ±1,0	67,7 ±1,5	69,5 ±0,7
Helga	2	30,0 ±0,3	30,5 ±0,3	31,2 ±0,3	35,2 ±0,8	44,2 ±2,0	53,9 ±1,5	63,1 ±2,1	67,4 ±1,7	68,9 ±0,4
Helga	3	23,5 ±0,6	22,7 ±0,3	22,9 ±0,3	27,2 ±0,5	35,1 ±1,1	46,4 ±1,3	56,2 ±2,0	61,4 ±1,6	62,8 ±1,2
PG013	1	35,3 ±0,2	35,8 ±0,4	36,7 ±0,2	40,8 ±0,7	53,3 ±1,2	60,8 ±1,4	70,0 ±1,3	74,1 ±0,7	76,0 ±0,5
PG013	2	30,0 ±0,2	31,5 ±0,2	31,5 ±0,3	35,1 ±0,6	46,1 ±1,7	53,3 ±2,5	64,9 ±1,6	69,5 ±1,4	71,7 ±0,4
PG013	3	24,9 ±0,3	24,8 ±0,3	25,2 ±0,4	29,4 ±0,4	39,8 ±1,6	50,0 ±2,5	62,8 ±2,1	68,2 ±2,0	70,4 ±1,2
Prelude	1	38,2 ±0,2	38,5 ±0,2	39,1 ±0,2	43,6 ±0,8	56,8 ±1,4	61,1 ±2,7	70,4 ±2,1	76,2 ±0,8	77,1 ±0,6
Prelude	2	25,7 ±0,1	26,1 ±0,2	25,1 ±0,3	29,7 ±0,5	41,6 ±1,7	51,6 ±2,4	63,6 ±2,2	69,9 ±0,7	72,0 ±1,2
Prelude	3	23,2 ±0,5	23,5 ±0,1	23,1 ±0,5	27,5 ±0,4	38,0 ±1,3	50,9 ±2,2	63,0 ±2,3	69,7 ±1,3	71,7 ±1,1

±SEM (n=6 für 2, 4, 8, 16 h; n=3 für 0, 24, 48, 72, 96 h); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A73: Parameter der potentiellen Abbaubarkeit der frischen Maisrestpflanzen des Versuchs V4

Sorte	Erntezeitpunkt	A (%)	a (%)	b (%)	c (%h <sup>-1</sup> )	t <sub>0</sub> (h)
Attribut	27.08.01	24,7	37,3	38,1	4,7	4,7
Attribut	18.09.01	27,9	26,8	45,3	3,7	2,8
Attribut	02.10.01	25,8	27,7	46,5	2,9	4,3
Elide	27.08.01	24,5	34,8	40,6	4,3	3,2
Elide	18.09.01	29,1	23,4	47,5	4,2	3,5
Elide	02.10.01	28,6	21,2	50,2	3,7	4,9
Goldoli	27.08.01	19,7	42,5	37,8	4,7	3,4
Goldoli	18.09.01	23,6	31,2	45,3	3,9	5,3
Goldoli	04.10.01	25,1	26,9	48,0	4,2	5,6
Helga	03.09.01	30,5	35,0	34,5	5,0	4,9
Helga	18.09.01	30,6	30,6	38,8	4,5	5,4
Helga	02.10.01	36,2	23,1	40,8	4,1	5,8
PG013621	28.08.01	24,4	35,9	39,7	5,1	5,2
PG013621	19.09.01	27,6	31,0	41,4	4,1	5,3
PG013621	08.10.01	28,4	24,9	46,7	4,0	5,7
Prelude	27.08.01	22,5	38,3	39,2	4,4	3,7
Prelude	18.09.01	27,2	25,6	47,2	4,1	5,7
Prelude	02.10.01	27,0	23,3	49,7	4,1	6,0
$\bar{x} \pm s$		26,9 ±3,7	30,0 ±6,2	43,2 ±4,7	4,2 ±0,5	4,7 ±1,0

Tab. A74: T-Verluste (%) der frischen Restpflanzen des Versuchs V4 in sacco im Vergleich der Mittelwerte über die Passageraten innerhalb des Erntezeitpunktes

EZP	Inkubationsdauer (h)								
	0	2	4	8	16	24	48	72	96
I	37,2 <sup>f</sup> ±0,6	37,3 <sup>f</sup> ±0,5	38,0 <sup>f</sup> ±0,5	42,8 <sup>e</sup> ±0,6	54,5 <sup>d</sup> ±0,8	60,6 <sup>c</sup> ±0,9	69,6 <sup>b</sup> ±0,9	73,9 <sup>a</sup> ±0,9	75,7 <sup>a</sup> ±0,8
II	27,6 <sup>g</sup> ±0,7	28,4 <sup>g</sup> ±0,5	28,8 <sup>g</sup> ±0,5	33,4 <sup>f</sup> ±0,5	44,4 <sup>e</sup> ±0,7	53,2 <sup>d</sup> ±0,7	63,6 <sup>c</sup> ±0,8	69,5 <sup>b</sup> ±0,6	71,7 <sup>a</sup> ±0,6
III	24,5 <sup>g</sup> ±0,5	24,4 <sup>g</sup> ±0,5	24,7 <sup>g</sup> ±0,4	29,2 <sup>f</sup> ±0,4	39,0 <sup>e</sup> ±0,7	49,5 <sup>d</sup> ±0,9	61,7 <sup>c</sup> ±1,0	67,7 <sup>b</sup> ±0,9	69,9 <sup>a</sup> ±0,9

±SEM (n=36 für 2, 4, 8, 16 h; n=18 für 0, 24, 48, 72, 96 h); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A75: T-Verluste (%) der frischen Restpflanzen des Versuchs V4 in sacco im Vergleich der Mittelwerte über die Passageraten innerhalb der Sorten

Sorte	Inkubationsdauer (h)								
	0	2	4	8	16	24	48	72	96
Attribut	30,7 <sup>f</sup> ±1,9	30,5 <sup>f</sup> ±1,0	30,9 <sup>f</sup> ±1,1	36,0 <sup>e</sup> ±1,2	48,1 <sup>d</sup> ±1,5	52,5 <sup>c</sup> ±1,7	63,7 <sup>b</sup> ±1,7	70,6 <sup>a</sup> ±0,9	72,4 <sup>a</sup> ±0,9
Elide	26,3 <sup>f</sup> ±2,0	26,5 <sup>f</sup> ±1,6	27,6 <sup>f</sup> ±1,5	32,8 <sup>e</sup> ±1,6	44,5 <sup>d</sup> ±1,7	53,1 <sup>c</sup> ±2,0	63,5 <sup>b</sup> ±1,2	69,3 <sup>a</sup> ±1,1	72,2 <sup>a</sup> ±1,0
Goldoli	33,0 <sup>e</sup> ±2,3	33,8 <sup>e</sup> ±1,7	34,3 <sup>e</sup> ±1,7	39,0 <sup>e</sup> ±1,8	48,5 <sup>d</sup> ±2,2	59,3 <sup>c</sup> ±1,9	69,5 <sup>b</sup> ±1,5	74,3 <sup>ba</sup> ±1,1	76,6 <sup>a</sup> ±1,0
Helga	29,6 <sup>fe</sup> ±1,7	29,2 <sup>f</sup> ±1,2	29,7 <sup>fe</sup> ±1,2	34,2 <sup>e</sup> ±1,4	42,8 <sup>d</sup> ±1,7	52,3 <sup>c</sup> ±1,8	61,6 <sup>b</sup> ±1,7	65,5 <sup>ba</sup> ±1,3	67,1 <sup>a</sup> ±1,1
PG013	30,1 <sup>f</sup> ±1,5	30,7 <sup>f</sup> ±1,1	31,1 <sup>fe</sup> ±1,2	35,1 <sup>e</sup> ±1,2	46,4 <sup>d</sup> ±1,6	54,7 <sup>c</sup> ±1,9	65,9 <sup>b</sup> ±1,4	70,6 <sup>a</sup> ±1,2	72,7 <sup>a</sup> ±0,9
Prelude	29,0 <sup>e</sup> ±2,3	29,4 <sup>e</sup> ±1,6	29,1 <sup>e</sup> ±1,7	33,6 <sup>e</sup> ±1,8	45,5 <sup>d</sup> ±2,1	54,5 <sup>c</sup> ±2,1	65,7 <sup>b</sup> ±1,6	71,9 <sup>a</sup> ±1,2	73,6 <sup>a</sup> ±1,0

±SEM (n=18 für 2, 4, 8, 16 h; n=9 für 0, 24, 48, 72, 96 h); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A76: Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Restpflanzen des Versuchs V4 im Vergleich der Mittelwerte über die Passageraten innerhalb des Erntezeitpunktes

Erntezeitpunkt	Passagerate (k, %/h)			
	2	4	6	8
I	57,6 <sup>a</sup> ±1,5	51,7 <sup>b</sup> ±1,4	48,0 <sup>cb</sup> ±1,4	45,6 <sup>c</sup> ±1,4
II	50,5 <sup>a</sup> ±0,8	43,5 <sup>b</sup> ±0,8	39,3 <sup>c</sup> ±0,9	36,7 <sup>d</sup> ±0,9
III	46,9 <sup>a</sup> ±1,2	39,4 <sup>b</sup> ±1,0	35,2 <sup>c</sup> ±1,0	32,5 <sup>c</sup> ±1,0

±SEM (n=6); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A77: Effektive Abbaubarkeit (%) der frischen Restpflanzen des Versuchs V4 im Vergleich der Mittelwerte über die Passageraten innerhalb der Sorte

Sorte	Passagerate (k, %/h)			
	2	4	6	8
Attribut	52,8 <sup>a</sup> ±2,0	45,8 <sup>ba</sup> ±2,6	41,8 <sup>b</sup> ±2,8	39,2 <sup>b</sup> ±2,9
Elide	50,9 <sup>a</sup> ±3,5	43,4 <sup>ba</sup> ±3,9	39,0 <sup>ba</sup> ±4,1	36,2 <sup>b</sup> ±4,3
Goldoli	55,5 <sup>a</sup> ±4,1	48,6 <sup>a</sup> ±4,6	44,5 <sup>a</sup> ±4,8	41,9 <sup>a</sup> ±4,9
Helga	48,1 <sup>a</sup> ±3,0	42,3 <sup>a</sup> ±3,3	38,8 <sup>a</sup> ±3,5	36,5 <sup>a</sup> ±3,5
PG013621	51,2 <sup>a</sup> ±2,5	44,7 <sup>ba</sup> ±2,9	40,8 <sup>b</sup> ±3,1	38,3 <sup>b</sup> ±3,2
Prelude	51,3 <sup>a</sup> ±4,2	44,2 <sup>a</sup> ±4,6	40,1 <sup>a</sup> ±4,8	37,4 <sup>a</sup> ±4,9

±SEM (n=3); Signifikanzschwelle P<0,05

Tab. A78: Effektive Abbaubarkeiten (%) der frischen Maisrestpflanzen des Versuchs V4 für die Passageraten von 4 %/h und 8 %/h sortiert in absteigender Reihenfolge je Erntezeitpunkt

Erntezeitpunkt	Sorte	Passagerate (k, %/h)		Erntezeitpunkt	Sorte	Passagerate (k, %/h)	
		4	8			4	8
I	Goldoli	57,6		I	Goldoli	51,5	
	Prelude	53,4			Prelude	47,1	
	Elide	51,0			Attribut	45,0	
	Attribut	50,9			Elide	44,4	
	PG013621	49,8			PG013621	43,8	
	Helga	47,3			Helga	42,0	
II	Goldoli	45,9		II	Goldoli	39,1	
	PG013622	44,6			PG013622	38,4	
	Attribut	44,3			Helga	37,7	
	Helga	43,6			Attribut	37,0	
	Elide	41,6			Elide	34,0	
	Prelude	40,7			Prelude	33,7	
III	Goldoli	42,4		III	Attribut	35,5	
	Attribut	42,2			Goldoli	35,2	
	PG013623	39,7			PG013623	32,8	
	Prelude	38,6			Prelude	31,3	
	Elide	37,7			Elide	30,1	
	Helga	36,0			Helga	29,9	

Tab. A79: T-Verluste (%) der frischen Restpflanzen des Versuchs V4 in Abhängigkeit der Tiere, Sorten, Erntezeitpunkte, Inkubationszeiten und Durchgänge ( $\pm$ SEM)

	Tier	Sorte	Erntezeitpunkt	Inkubationszeit	Durchgang
1	44,9 <sup>a</sup> $\pm$ 1,1	AT 44,7 <sup>b</sup> $\pm$ 1,5	I 50,9 <sup>a</sup> $\pm$ 1,0	0 29,8 <sup>g</sup> $\pm$ 0,8	1 48,2 <sup>a</sup> $\pm$ 0,8
2	44,3 <sup>a</sup> $\pm$ 1,1	EL 42,1 <sup>d</sup> $\pm$ 1,6	II 42,7 <sup>b</sup> $\pm$ 1,1	2 30,0 <sup>g</sup> $\pm$ 0,6	2 35,4 <sup>b</sup> $\pm$ 0,6
3	43,5 <sup>b</sup> $\pm$ 1,1	GO 48,0 <sup>a</sup> $\pm$ 1,6	III 39,0 <sup>c</sup> $\pm$ 1,1	4 30,5 <sup>g</sup> $\pm$ 0,6	
		HE 42,2 <sup>d</sup> $\pm$ 1,4		8 35,1 <sup>f</sup> $\pm$ 0,6	
		PG01 44,7 <sup>b</sup> $\pm$ 1,5		16 46,0 <sup>e</sup> $\pm$ 0,7	
		PR 43,8 <sup>c</sup> $\pm$ 1,7		24 54,4 <sup>d</sup> $\pm$ 0,8	
				48 65,0 <sup>c</sup> $\pm$ 0,7	
				72 70,4 <sup>b</sup> $\pm$ 0,6	
				96 72,4 <sup>a</sup> $\pm$ 0,5	

Signifikanzschwelle  $P < 0,05$





# Lebenslauf

## Persönliche Daten:

Name, Vorname: Kurtz, Holger  
Geburtsdatum: 9. April 1974  
Geburtsort: Stuttgart  
Familienstand: ledig

## Schulbildung:

1980 – 1984 Grundschule in Filderstadt  
1984 – 1986 Eduard-Spranger-Gymnasium in Filderstadt  
1986 – 1991 Realschule Bildungszentrum Seefälle in Filderstadt  
1991 – 1994 Agrarwissenschaftliches Gymnasium,  
Fritz-Ruoff-Schule in Nürtingen

## Hochschulabschluß und beruflicher Werdegang:

1995 – 2002 Studium der Agrarwissenschaften, Fachrichtung  
Tierernährung an der Technischen Universität  
München in Freising-Weihenstephan; Abschluss  
zum Diplom- Agraringenieur (Univ.)  
  
2002 – 2006 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Department  
für Tierwissenschaften, Fachgebiet Tierernährung  
der Technischen Universität München

