

Aus dem Institut für Tierphysiologie und Tierernährung  
der Georg-August-Universität zu Göttingen

**Untersuchungen zum Einfluß ausgewählter Faktoren auf  
die *in vitro*-Verdaulichkeit von Silomais und  
auf Parameter der Pansenphysiologie**

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades  
der Fakultät für Agrarwissenschaften  
der Georg-August-Universität Göttingen

vorgelegt von

**Alexandra Anne-Marie Schlagheck**  
geboren in Havixbeck

Göttingen, im Februar 2001

D7

1. Referent:
2. Korreferentin:

Prof. Dr. Hansjörg Abel  
Prof. Dr. Elke Pawelzik

Tag der mündlichen Prüfung:

15. Februar 2001

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1 EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
<b>2 FRAGESTELLUNG</b>	<b>2</b>
<b>3 MATERIAL UND METHODEN</b>	<b>5</b>
3.1 Versuchsplan	5
3.2 Material	6
3.2.1 Der 5 Genotypen Test	6
3.2.1.1 Aufbau des Feldversuchs zum 5 Genotypen Test	6
3.2.1.2 Standortbeschreibung	8
3.2.1.3 Witterungsdaten	10
3.2.1.4 Pflanzenmaterial des 5 Genotypen Tests	14
3.2.2 Der 20 Genotypen Test	14
3.2.2.1 Aufbau des 20 Genotypen Tests	14
3.2.2.2 Standortbeschreibung	16
3.2.2.3 Pflanzenmaterial des 20 Genotypen Tests	18
3.3 Methoden	21
3.3.1 Erhebung der Fusarium-Boniturdaten	21
3.3.2 Beerntung	21
3.3.2.1 Beerntung des 5 Genotypen Tests	21
3.3.2.2 Beerntung des 20 Genotypen Tests	23
3.3.3 Erfassung des Frischmasseertrages	24
3.3.4 Zerkleinern des Pflanzenmaterials und Probenahme	24
3.3.5 Trocknung und Ermittlung des Trockensubstanzgehaltes	24
3.3.6 Lagerung des Probenmaterials	25
3.3.7 Vermahlung des Probenmaterials	26
3.3.8 Gewinnung und Aufarbeitung des Probenmaterials für die Untersuchung am Pansensimulationssystem RUSITEC	26
3.3.9 Laboranalysen	28
3.3.9.1 Bestimmung der <i>in vitro</i> - Verdaulichkeit durch die Cellulasemethode	28
3.3.9.2 Schätzung der Verdaulichkeit mit Hilfe der Nahinfrarotreflexionsspektroskopie (NIRS)	29
3.3.9.3 Messung der Cellulaseaktivität des Pilzmycels	30
3.3.9.4 Untersuchungen am Pansensimulationssystem RUSITEC	31
3.3.9.5 Ermittlung des Zearalenongehaltes	34
3.4 Statistische Auswertung	35
3.4.1 Auswertung des 5 Genotypen Tests	36
3.4.2 Auswertung des 20 Genotypen Tests	36
3.4.3 Auswertung der Untersuchungen am Pansensimulationssystem RUSITEC	37

<b>4</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>39</b>
4.1	Ergebnisse der Feldversuche	40
4.1.1	Ertragsdaten des 5 Genotypen Tests	40
4.1.1.1	Trockensubstanzgehalt	40
4.1.1.2	Fusariumbefall	41
4.1.2	Ertragsdaten des 20 Genotypen Tests	43
4.1.2.1	Trockensubstanzgehalt	43
4.1.2.2	Fusariumbefall	46
4.2	Ergebnisse der Laboruntersuchungen	47
4.2.1	Laborergebnisse des 5 Genotypen Tests	48
4.2.2	Ergebnisvergleich der verschiedenen methodischen Ansätze	54
4.2.2.1	Ergebnisvergleich der angewendeten Methoden zur Schätzung der Verdaulichkeit	54
4.2.2.2	Vergleich der angewendeten Methoden zur Erhebung des Fusariumbefalls	56
4.2.3	Laborergebnisse des 20 Genotypen Tests	58
4.2.3.1	Vergleich der Befunde von Fusariumbonitur und Zearalenonanalyse	66
4.2.4	Untersuchungen zum Einfluß des Fusariumbefalls auf Parameter der Pansenphysiologie	67
<b>5</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>72</b>
5.1	Methodenvergleich	72
5.1.1	Methoden zur Untersuchung bzw. Schätzung der <i>in vitro</i> - Verdaulichkeit	72
5.1.2	Methoden zur Ermittlung des Fusariumbefalls	75
5.1.3	Relation zwischen Fusariumbefall und Zearalenonkontamination	77
5.2	Einfluß der untersuchten Faktoren auf die <i>in vitro</i> - Verdaulichkeit	80
5.2.1	Genotyp	80
5.2.2	Reifestadium	84
5.2.3	Fusariumbefall	87
5.2.4	Umwelt	90
5.2.4.1	Interaktionen	91
5.3	Einfluß von Fusariumbefall auf Parameter der Pansenphysiologie	92
<b>6</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>101</b>
<b>7</b>	<b>SUMMARY</b>	<b>103</b>
<b>8</b>	<b>TABELLENANHANG</b>	<b>105</b>
8.1	Der 5 Genotypen Test	105
8.2	Der 20 Genotypen Test	113
8.3	Untersuchungen am Pansensimulationssystem RUSITEC	127
<b>9</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>128</b>

## VERZEICHNIS DER TABELLEN

Tab. 1: Korngrößenverteilung (%) - Standort Merklingsen	8
Tab. 2: Porengrößenverteilung (Vol.-%) - Standort Merklingsen	9
Tab. 3: Ergebnisse der Bodenanalyse	9
Tab. 4: Anbaudaten der Versuchsstandorte	10
Tab. 5: Wichtige Merkmale der untersuchten Maissorten	14
Tab. 6: Standort- Boden- und Klimadaten der Standorte des 20 Genotypen Tests	17
Tab. 7: Daten zur Bodenanalyse auf den Standorten des 20 Genotypen Tests	17
Tab. 8: Anbaudaten der Versuchstandorte des 20 Genotypen Tests	18
Tab. 9: Wichtige Merkmale der untersuchten Maisgenotypen	19/20
Tab. 10: Erntetermine in den drei Versuchsjahren	22
Tab. 11: Erntetermine in den drei Versuchsjahren auf den Versuchsstandorten	23
Tab. 12: Ergebnisse der Nährstoffanalyse sowie Fusariumproteingehalte der eingesetzten Maisproben	27
Tab. 13: Ablauf der Versuchsdurchgänge und untersuchte Parameter	33
Tab. 14: Einteilung in Reifephasen entsprechend der TS-Gehalte der Ganzpflanze	39
Tab. 15: Trockensubstanzgehalte [%] der Ganzpflanzen verschiedener Sorten zu den Ernteterminen	40
Tab. 16: Trockensubstanzgehalte [%] der Kolben verschiedener Maissorten zu den vier Ernteterminen	41
Tab. 17: Fusariumbefall [% befallene Pflanzen pro Versuchsparzelle] der Maissorten im Verlauf der Abreife der einzelnen Versuchsjahre	42
Tab. 18: Trockensubstanzgehalte der Ganzpflanze [GTS %] zum Erntezeitpunkt in den drei Versuchsjahren und auf den verschiedenen Standorten	43
Tab. 19: Fusariumbefall [% befallene Pflanzen] der verschiedenen Maissorten	47
Tab. 20: Ergebnisse der Varianzanalyse für die untersuchten Merkmale des 5 Genotypen Tests	49
Tab. 21: Mittelwerte der Merkmale des 5 Genotypen Tests, deren Varianz signifikant durch den Faktor Genotyp beeinflusst wurde	50
Tab. 22: Mittelwerte der Merkmale des 5 Genotypen Tests, deren Varianz signifikant durch den Faktor Reifephase beeinflusst wurde	51
Tab. 23: Vergleich der Methoden zur Verdaulichkeitsschätzung	54
Tab. 24: Korrelationskoeffizient (r) zwischen der NIRS- und der Cellulasemethode zur Verdaulichkeitsschätzung in den einzelnen Versuchsjahren	55
Tab. 25: Vergleich der Ergebnisse nach NIRS und nach der Cellulasemethode unter Berücksichtigung der Reifephasen	55
Tab. 26: Einfluß des Faktors Sorte auf die Ergebnisse der NIRS- und der Cellulasemethode	56
Tab. 27: Korrelationskoeffizienten (r) zwischen dem bonitierten Fusariumbefall und den Ergebnissen der Cellulaseaktivitätsmessung für die Restpflanzenfraktionen	57
Tab. 28: Korrelationskoeffizienten (r) zwischen der Fusariumbefallserfassung nach Bonitur sowie nach Cellulaseaktivität in den beiden Restpflanzenfraktionen zu verschiedenen Reifephasen	57
Tab. 29: Korrelationskoeffizienten (r) zwischen der Fusariumbefallserfassung nach Bonitur sowie nach Cellulaseaktivität in den beiden Restpflanzenfraktionen der untersuchten Maissorten	58

Tab. 30: Ergebnisse der Varianzanalyse für die untersuchten Merkmale des 20 Genotypen Tests	60
Tab. 31: Einfluß versuchsrelevanter Eigenschaften des Faktors Genotyp auf Merkmale des 20 Genotypen Tests	61
Tab. 32: Untersuchte Merkmale des 20 Genotypen Tests in den verschiedenen Umwelten	62
Tab. 33: Korrelation zwischen den Merkmalen Zearalenongehalt und Fusariumbefall unter Berücksichtigung verschiedener Umwelten	67
Tab. 34: Ergebnisse der Varianzanalyse für die untersuchten Merkmale des RUSITEC Versuchs	68
Tab. 35: Beeinflussung des Merkmals Buttersäurebildung durch den Faktor Genotyp	69
Tab. 36: Mittelwerte der Merkmale des RUSITEC Versuchs, deren Varianzen signifikant durch den Faktor Fusariumbefall beeinflusst wurden	69
Tab. 37: Mittelwerte der Merkmale des RUSITEC Versuchs, deren Varianzen signifikant durch den Faktor Wiederholung beeinflusst wurden	70
Tab. 38: Interaktionen zwischen den Faktoren Genotyp × Fusariumbefall, Genotyp × Wiederholung und Wiederholung × Fusariumbefall für das Merkmal Buttersäurebildung [ $\mu\text{mol/d}$ ] während der Fermentation im RUSITEC System	70
Tab. 39: Korrelationen zwischen TS-Gehalt der Restpflanzenfraktionen und Fusariumbefall zu den verschiedenen Ernteterminen	89
Tab. 40: Vergleich der Verteilung [Mol%] der ruminalen flüchtigen Fettsäuren im physiologischen Normbereich (DIRKSEN, 1990) und im RUSITEC-Versuch mit stark und schwach befallenem Mais	98

## VERZEICHNIS DER ÜBERSICHTEN

Übersicht 1: Versuchsplan	5
Übersicht 2: Prüffaktoren des 5 Genotypen Tests	7
Übersicht 3: Prüffaktoren des 20 Genotypen Tests	15

## VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

Abb. 1: Schema der Versuchsanlage	7
Abb. 2: Temperatur und Niederschlagsverlauf 1995 und im langjährigen Mittel	12
Abb. 3: Temperatur und Niederschlagsverlauf 1996 und im langjährigen Mittel	13
Abb. 4: Temperatur und Niederschlagsverlauf 1997 und im langjährigen Mittel	13
Abb. 5: Geographische Lage der fünf Versuchstandorte	15
Abb. 6: Schema der Versuchsanlage am Standort Merklingsen, 1995 -	16
Abb. 7: Trockensubstanzgehalte [%] der Ganzpflanze verschiedener Maissorten sowie Angabe der Reifezahlen für Silomais	44
Abb. 8: Trockensubstanzgehalte von Kolben [% KTS] und Restpflanze [% RTS] der 20 Maissorten	45
Abb. 9: Interaktion zwischen Genotyp und Reifephase bezüglich des Merkmals Cellulaseverdaulichkeit des Kolbens	52
Abb. 10: Korrelation (r) zwischen der Cellulaseverdaulichkeit [% DOMD] des oberen Stengelabschnittes und dem Fusariumbefall der Maissorten	53
Abb. 11: Korrelation (r) zwischen der geschätzten Verdaulichkeit der Ganzpflanze [% ELOS nach NIRS] und dem Fusariumbefall der Maissorten	53
Abb. 12: Korrelation zwischen der Cellulaseverdaulichkeit der Restpflanze [% DOMD] und dem Fusariumbefall	64
Abb. 13: Korrelation zwischen der Cellulaseverdaulichkeit der Restpflanze [% DOMD] und dem Fusariumbefall	64
Abb. 14: Korrelation zwischen der geschätzten Verdaulichkeit der Ganzpflanze [%ELOS nach NIRS] und dem Fusariumbefall	65
Abb. 15: Korrelation zwischen der geschätzten Verdaulichkeit der Ganzpflanze [%ELOS nach NIRS] und dem Fusariumbefall	66
Abb. 16: Protozoenanzahl im Pansensimulationssystem RUSITEC während Inkubation mit F+ bzw. F- Maisstengeln	94

## VERZEICHNIS DER ANHANGTABELLEN

Anhangtab. 1: TS-Gehalte [%] des Ganzpflanzenmaterials _____	105
Anhangtab. 2: TS-Gehalte [%] des Kolbenmaterials _____	106
Anhangtab. 3: TS-Gehalte [%] der Pflanzenfraktion „unterer Stengel“ _____	106
Anhangtab. 4: TS-Gehalte [%] der Pflanzenfraktion „oberer Stengel“ _____	107
Anhangtab. 5: Trockenmasseerträge [dt/ha] des Kolbenmaterials _____	107
Anhangtab. 6: Trockenmasseerträge [dt/ha] des unteren Stengelabschnittes _____	108
Anhangtab. 7: Trockenmasseerträge [dt/ha] des oberen Stengelabschnittes _____	108
Anhangtab. 8: Anteile der Trockenkolben [%] an dem Trockenmasseertrag der Ganzpflanzen _____	109
Anhangtab. 9: <i>In vitro</i> - Verdaulichkeit des Ganzpflanzenmaterials [% DOMD] _____	109
Anhangtab. 10: <i>In vitro</i> - Verdaulichkeit des Ganzpflanzenmaterials [% ELOS nach NIRS] _____	110
Anhangtab. 11: <i>In vitro</i> - Verdaulichkeit des Kolbenmaterials [% DOMD] _____	110
Anhangtab. 12: <i>In vitro</i> -Verdaulichkeit des unteren Stengelabschnittes [% DOMD] _____	111
Anhangtab. 13: <i>In vitro</i> - Verdaulichkeit des oberen Stengelabschnittes [% DOMD] _____	111
Anhangtab. 14: Cellulaseaktivität [Units] der Fraktion „Stengel unterhalb des „Kolbens“ _____	112
Anhangtab. 15: Cellulaseaktivität [Units] der Fraktion „Stengel oberhalb des „Kolbens“ _____	112
Anhangtab. 16: TS-Gehalte [%] des Ganzpflanzenmaterials der 20 Maisgenotypen in den Umwelten _____	114
Anhangtab. 17: TS-Gehalte [%] der kolbenfreien Restpflanzen der 20 Maisgenotypen in den Umwelten _____	115
Anhangtab. 18: TS-Gehalte [%] des Kolbenmaterials der 20 Maisgenotypen in den Umwelten _____	116
Anhangtab. 19: Trockenmasseerträge [dt/ha] des Ganzpflanzenmaterials der 20 Maisgenotypen in den Umwelten _____	117
Anhangtab. 20: Trockenmasseerträge [dt/ha] des Restpflanzenmaterials der 20 Maisgenotypen in den Umwelten _____	118
Anhangtab. 21: Kolbentrockenmasseerträge [dt/ha] der 20 Maisgenotypen in den Umwelten _____	119
Anhangtab. 22: Trockenkolbenanteile [%] der 20 Maisgenotypen in den Umwelten _____	120
Anhangtab. 23: Fusariumbefall [% Befall nach „Daumendruck Bonitur“] der 20 Maisgenotypen in den Umwelten _____	121
Anhangtab. 24: <i>In vitro</i> - Verdaulichkeit der Ganzpflanze [% ELOS, nach NIRS ermittelt] der 20 Maissorten in den Umwelten _____	122
Anhangtab. 25: <i>In vitro</i> - Verdaulichkeit der Restpflanze [% DOMD] der 20 Maissorten in den Umwelten _____	123
Anhangtab. 26: <i>In vitro</i> - Verdaulichkeit des Kolbens [% DOMD] der 20 Maisgenotypen auf den Standorten des Versuchsjahres 1995 _____	124
Anhangtab. 27: Verdaulicher Trockenmasseertrag [dt/ha] der Ganzpflanze der 20 Maissorten in den Umwelten _____	125
Anhangtab. 28: Zearalenongehalte [µg/kg TM] der Restpflanzen der 20 Maissorten in den Umwelten _____	126
Anhangtab. 29: Auswirkungen der im RUSITEC System untersuchten Faktoren auf Parameter der Pansenphysiologie _____	127



## VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN

ADF	_____	Acid Detergent Fiber
DOMD	_____	Digestibility of Organic Matter in Dry Matter
DON	_____	Deoxynivalenol
ELISA	_____	Enzyme Linked Immunosorbent Assay
ELOS	_____	enzymlösliche organische Substanz
F+ / F-	_____	fusariumbefallen / nicht fusariumbefallen
FAO	_____	Food and Agricultural Organisation
FKA	_____	Frischkolbenanteil
GD	_____	Grenzdifferenz
GTM	_____	Ganzpflanzentrockenmasseertrag
GTS	_____	Ganzpflanzentrockensubstanzgehalt
KTM	_____	Kolbentrockenmasseertrag
KTS	_____	Kolbentrockensubstanzgehalt
MJ	_____	Megajoule
n	_____	Stichprobenumfang
NDF	_____	Neutral Detergent Fiber
NEL	_____	Netto Energie Laktation
NfE	_____	Stickstofffreie Extraktstoffe
NIRS	_____	Nahinfrarotreflexionsspektroskopie
p	_____	Irrtumswahrscheinlichkeit
r	_____	Korrelationskoeffizient
RTS	_____	Restpflanzentrockensubstanzgehalt
Rusitec	_____	Rumen Simulation Technique
s	_____	Standardabweichung
TKA	_____	Trockenkolbenanteil
TM	_____	Trockenmasse
TS	_____	Trockensubstanz
U	_____	Units
x	_____	Mittelwert
XA	_____	Rohasche
XL	_____	Rohlipide
XP	_____	Rohprotein



# 1 Einleitung

Mit einer Anbaufläche von insgesamt 1,516 Mio. ha (ANONYM, 2000) war Mais auch im Jahre 2000 die wichtigste Ackerfutterpflanze in Deutschland. Am gesamten Maisanbau hatte Silomais mit 76,1 % den größten Anteil; der Anteil von Körnermais und CCM betrug 18,1 % bzw. 5,8 %. Insbesondere der Silomais hat wegen seines hohen Energiegehaltes und der günstigen Konservierungseigenschaften andere Futterpflanzen, wie Futterrüben oder Klee gras im Anbau weitgehend verdrängt. Diese Bedeutung hat die Kulturpflanze Mais in den vergangenen Jahrzehnten durch Verbesserungen hinsichtlich Landtechnik und Pflanzenschutz sowie in besonderem Maße aufgrund von Fortschritten in der Pflanzenzüchtung erlangt. In diesem Zusammenhang sind beispielsweise Ertragssteigerungen durch die Hybridzüchtung und die Züchtung von frühreifen Sorten für den Anbau in klimatisch ungünstigeren Lagen von besonderer Relevanz.

Aus Sicht der Tierernährung ist Mais besonders für Wiederkäuer sehr positiv zu beurteilen. Maisstärke wird im Pansen langsamer abgebaut als Stärke anderer Futterpflanzen und ein Teil der Maisstärke wird deshalb erst im Dünndarm verdaut, wodurch eine verbesserte Glucoseversorgung des Tieres erreicht werden könnte (WEISSBACH & AUERBACH, 1999).

Wichtige Bewertungskriterien bei der offiziellen Zulassung von Maissorten sind unter anderem Merkmale wie das Abreifeverhalten von Restpflanze und Kolben sowie, nicht zuletzt aufgrund der damit verbundenen Mykotoxinproblematik, die Anfälligkeit für Stengelfäule (*Fusarium* ssp.). Auch der Futterwert (Energiegehalt, Verdaulichkeit) rückt in diesem Zusammenhang mehr und mehr in den Vordergrund. In einigen europäischen Nachbarstaaten (Niederlande, Belgien, Schweiz) gilt die Verdaulichkeit von Silomais bereits seit längerem als Beurteilungskriterium bei der offiziellen Maissortenprüfung (ARGILLIER & BARRIERE, 1996).

In der vorliegenden Arbeit sollen mittels verschiedener methodischer Ansätze die Auswirkungen der genannten Faktoren (genotypisch determiniertes Abreifeverhalten, Standort, Reifephase und Fusariumbefall) auf die *in vitro*- Verdaulichkeit von Silomais untersucht werden. Ein weiterer Aspekt der Arbeit ist der Einfluß von Fusariumbefall auf die Pansenphysiologie, untersucht an verschiedenen Parametern des Pansensimulationssystems RUSITEC (Rumen Simulation Technique).

## 2 Fragestellung

Für alle Verwertungsformen des Maises (Körnermais, CCM, Silomais) ist eine korrekte Einstufung der Sorten hinsichtlich des Abreifeverhaltens unter Berücksichtigung von Qualitätsparametern von großer Bedeutung. Sortenspezifische Beurteilungen müssen sich an der Verwertungsrichtung orientieren, um möglichst praxisrelevante Parameter zu verwenden.

So war seit längerer Zeit sowohl in Züchterkreisen als auch bei der privaten und amtlichen Sortenberatung und -empfehlung bekannt, daß das bis 1998 übliche Verfahren der Reifebeurteilung einer Maissorte mit Hilfe der FAO-Zahl - basierend auf der Kolbenabreife - sehr stark verallgemeinernd auf die Einschätzung der Trockenmasseentwicklung der Ganzpflanze (Silomais) und der Körner (Körnermais) übertragen wurde (EDER, 1995; ZEHATSCHEK, 1997; MILTNER, 1997; EDER, 1998a, PEYKER & RATH, 1998). Dadurch waren Fehlentscheidungen hinsichtlich der Sortenwahl und der Sortenbeurteilung am Feldbestand z. B. zur Festlegung des optimalen Erntetermins vorprogrammiert.

Mit der Einführung nutzungsspezifischer Reifezahlen für Silomais (S) und Körnermais (K) hat das Bundessortenamt 1998 auf diese Problematik entsprechend reagiert. Die Einstufung der Sorten erfolgt seitdem für Silomais mit Hilfe des Trockensubstanz- (TS) Wertes der Gesamtpflanze, für Körnermais mit Hilfe des TS-Wertes der Körner. Beim Silomais wird durch diese Verfahrensweise das Abreifeverhalten der Restpflanze in die Gesamtbeurteilung einbezogen. Die Reifegruppeneinteilung änderte sich nicht. Sorten mit langsamer Abreife von Stengeln und Blättern („Stay-Green“-Typen) werden exakter beurteilt, die Landwirte können mit größerer Sicherheit hohe Silagequalitäten erzielen.

Untersuchungen über die Verdaulichkeit der Restpflanze unterschiedlicher Sortentypen liegen bislang in nicht sehr großem Umfang vor (DEINUM & BAKKER, 1981; HEPTING, 1988; DACCORD et al., 1995; HEIN et al., 1996; HERTER et al., 1996a). Sorten mit starker Abreife der Restpflanze zum Silierzeitpunkt werden hinsichtlich der Verdaulichkeit meist schlechter eingeschätzt als Sorten mit lange grün bleibender Restpflanze, die zusätzlich noch durch verminderte Pilzanfälligkeit (z. B. gegen *Fusarium ssp.*) und verbesserte Standfestigkeit gekennzeichnet sind.

Die Anfälligkeit für Pilze der Gattung *Fusarium* ist ein weiterer wichtiger Aspekt hinsichtlich der Beurteilung von Maissorten. Die in Mitteleuropa am häufigsten vorkommenden Arten sind *F. culmorum* (bes. im Norden), *F. graminearum*, *F. avenaceum*, *F. sacchari* var. *subglutinans* (häufig mit Maiszünslerbefall verbunden) und *F. poae* (KRÜGER, 1989; LEW & ADLER, 1997). Standortabhängig sind starke Unterschiede im Befallsdruck festzustellen. Die Pilze zerstören durch pilzeigene Enzyme (Cutinasen, Cellulasen etc.) die Zellwände der Wirtspflanzen, um sich im Gewebe ausbreiten zu können (URBANEK, 1989) und verursachen dadurch ein vorzeitiges Abreifen der befallenen Pflanzen. Dieses Abreifeverhalten kann fälschlicherweise zu einer Einstufung in eine frühere (günstigere) Reifegruppe führen bzw. könnte zur Berechnung einer zu niedrigen FAO Zahl geführt haben.

Fusarien verursachen jedoch nicht nur Ertragsverluste durch frühzeitiges Absterben der Pflanzen, verstärkte Lagerneigung und verminderten Kolbenansatz (STEIN, 1977), sie können auch durch die Bildung von sekundären, toxischen Stoffwechselprodukten (Mykotoxine) die Futterqualität vermindern (OLDENBURG, 1997). Fast alle *Fusarium*arten sind dazu in der Lage.

Die *Fusarium*toxine lassen sich nach DE NIJS et al. (1996) sowie LEW & ADLER (1997) in vier Hauptgruppen einteilen:

1. Zearalenon
2. Trichothecene (unterteilt in A- und B-Trichothecene)
3. Fumonisine
4. andere, weniger bekannte Mykotoxine (z.B. Moniliformin, Beauvericin).

Insbesondere bei Sauen führt die Verfütterung zearalenon- bzw. trichothecenhaltiger Futtermittel zu verminderter Futteraufnahme, Leistungsdepression, gestörter Infektionsabwehr und Fruchtbarkeitsstörungen (BUSSE, 1989; DROCHNER, 1989; LEW & ADLER, 1997; OLDENBURG, 1997).

Der relativ hohen Empfindlichkeit von Schweinen steht wahrscheinlich eine geringere des Rindes gegenüber. Jedoch wird aus zahlreichen Untersuchungsbefunden (vgl. Übersicht bei DROCHNER, 1990; SCHUH, 1989; SCHUMANN, 1987) deutlich, daß Zearalenon auch bei Rindern eine ausgeprägte östrogenartige Wirkung zeigt. Eine tolerierbare Dosis Zearalenon für weibliche Rinder ist allerdings nicht einfach festzulegen, da die klinischen Auswirkungen neben der Zearalenonkonzentration noch von einer Vielzahl anderer Faktoren, wie z.B. Alter des Tieres, Dauer der

Aufnahme, Abbau im Pansen, Spektrum der Zearalenone abhängen (DROCHNER, 1990).

Die Auswirkungen eines Fusariumbefalls auf den Futterwert der Maispflanzen sind bisher kaum untersucht worden. Das Zerstören der Zellwände der Wirtspflanze durch pilzeigene Cellulasen könnte zu einer Art „Vorverdauung“ der pflanzlichen Rohfaser und damit zu einer besseren Verdaulichkeit der Restpflanze führen. Mit einer Verschlechterung der Verdaulichkeit wäre jedoch zu rechnen, wenn Fusarien bei ihrer Vermehrung in größerem Umfang leicht verdauliche Kohlenhydrate aus dem Pflanzenstengel umsetzen. Ungeklärt ist ebenfalls, ob die Pilzmycelien durch ein NIR (Nahinfrarotreflexions-) Spektroskop erfaßt werden und bei einer NIRS Analyse zu Artefakten führen.

Ein Fusariumbefall ist sowohl aus Sicht der Tierernährung als auch aus pflanzenbaulicher Sicht in jedem Fall unerwünscht und sollte unter keinen Umständen zu Fehleinschätzungen bei der Qualitätsbeurteilung von Silomais führen.

Ausgehend von diesen Zusammenhängen zwischen den Merkmalen Verdaulichkeit, Fusariumbefall und Abreifeverhalten können für die vorliegende Arbeit folgende Fragestellungen formuliert werden:

- Wird die Verdaulichkeit durch das Abreifeverhalten („Stay Green“ bzw. „Dry Down“) beeinflusst?
- Wird die Verdaulichkeit durch Fusariumbefall beeinflusst?
- Wird die Fusariumanfälligkeit durch das Abreifeverhalten beeinflusst?
- Besteht ein Zusammenhang zwischen den Ergebnissen einer Fusarium-Feldbonitur und der Zearalenonkontamination des Erntegutes?
- Sind bei der Verfütterung von fusariumbefallenem Silomais Effekte auf intraruminale Fermentationsvorgänge nachweisbar?

In der vorliegenden Arbeit wurden diese Fragestellungen durch die Auswertung von dreijährigen Feldversuchen und mit Hilfe verschiedener methodischer Ansätze bearbeitet.

### 3 Material und Methoden

#### 3.1 Versuchsplan

In Zusammenarbeit mit der Kleinwanzlebener Saatzucht, Einbeck wurden zwei dreijährige Feldversuche (5 Genotypen Test bzw. 20 Genotypen Test) angelegt. Es handelte sich um mehrfaktorielle Versuche, bei denen der Einfluß der Faktoren Genotyp, Reifestadium, Umwelt und Fusariumbefall auf die *in vitro*- Verdaulichkeit untersucht wurde. Des weiteren wurde der Einfluß der Faktoren Genotyp und Fusariumbefall auf bestimmte Parameter der Pansenphysiologie an einem Pansensimulationssystem (**Rumen Simulation Technique**) untersucht. Der Versuchsplan ist der nachfolgenden Darstellung (Übersicht 1) zu entnehmen.

Übersicht 1: Versuchsplan

<b>Untersuchter Einflußfaktor</b>	<b>Versuchsansatz</b>		
	5 Genotypen Test	20 Genotypen Test	RUSITEC System
Genotyp	+	+	+
Reifestadium	+	-	-
Umwelt	-	+	-
Fusariumbefall ermittelt durch			
➤ Feldbonitur	+	+	+
➤ Cellulaseaktivität	+	-	-
➤ Zearalenon Gehalt	-	+	-

+ Einfluß des Faktors wurde durch den Versuch untersucht

- Einfluß des Faktors war nicht Untersuchungsgegenstand

## 3.2 Material

Das untersuchte Pflanzenmaterial wurde aus zwei verschiedenen Feldversuchen (5 Genotypen Test bzw. 20 Genotypen Test) gewonnen, deren Aufbau in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben wird.

### 3.2.1 Der 5 Genotypen Test

In diesem Versuchsansatz wurden fünf exemplarisch ausgewählte Silomais-Genotypen auf einem Standort angebaut und zu vier verschiedenen Reifeterminen geerntet. Die Beerntung erfolgte getrennt nach den Pflanzenfraktionen Kolben, unterer und oberer Stengelabschnitt sowie als Ganzpflanze. Somit standen sowohl die einzelnen Fraktionen als auch die gesamte Pflanze für Analysen zur Verfügung. Ferner konnte die Entwicklung der untersuchten Parameter über den gesamten Verlauf der Abreife dokumentiert werden.

#### 3.2.1.1 Aufbau des Feldversuchs zum 5 Genotypen Test

Der Anbau des untersuchten Maises erfolgte im Jahre 1995 auf einem Schlag des Versuchsgutes des Fachbereich Agrarwirtschaft der Universität Paderborn in Merklingsen. Da sich auf diesem Standort der Fusariumbefallsdruck, der für die Fragestellung bedeutsam war, als sehr schwach erwies, wurde in den beiden darauffolgenden Jahren 1996 und 1997 ein Standort im benachbarten Illingen ausgewählt, der durch früheren mehrjährigen Körnermaisbau in Monokultur einen höheren Infektionsdruck erwarten ließ. Nachfolgend wird die Standortbezeichnung Merklingsen jedoch beibehalten. Die Prüffaktoren des 5 Genotypen Tests sind in der Übersicht 2 dargestellt.

Von jeder Maissorte wurden vier Reihen in Dichtsaat (ca. 13 bis 14 Körner/m<sup>2</sup>) gesät. Die Bruttogröße pro Parzelle betrug 11,25 m<sup>2</sup> (7,50 m × 1,50 m), die Nettofläche 10,05 m<sup>2</sup> (6,70 m × 1,50 m). Nach dem Aufgang wurde der Bestand auf einen Endbestand von 10,5 Pflanzen/m<sup>2</sup> vereinzelt. Aus den vierreihigen Parzellen wurde



eine Kernbeerntung durchgeführt, d. h. die beiden äußeren Reihen dienten lediglich als Randleihen und wurden nicht geerntet.

## Übersicht 2: Prüffaktoren des 5 Genotypen Tests

Faktor	Faktorstufen
<b>Maisgenotypen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 501</li> <li>➤ 502</li> <li>➤ 503</li> <li>➤ 504</li> <li>➤ 505</li> </ul>
<b>Erntetermine</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ T1: 28,4% TS-Gehalt der Ganzpflanze*</li> <li>➤ T2: 33,3% TS-Gehalt der Ganzpflanze*</li> <li>➤ T3: 40,9% TS-Gehalt der Ganzpflanze*</li> <li>➤ T4: 45,4% TS-Gehalt der Ganzpflanze*</li> </ul>
<b>Pflanzenfraktionen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kolben (ohne Lieschblätter und Kolbenstiel)</li> <li>➤ unterer Stengel (inkl. Blätter, Lieschblätter und Kolbenstiel)</li> <li>➤ oberer Stengel (inkl. Laubblätter und Fahne)</li> <li>➤ Ganzpflanze</li> </ul>
<b>Wiederholungen</b>	4
<b>Versuchsjahre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 1995</li> <li>➤ 1996</li> <li>➤ 1997</li> </ul>

\* Mittelwerte über die untersuchten Sorten und Jahre

T3/ 502	T3/ 504	T3/ 501	T3/ 505	T3/ 503	T2/ 505	T2/ 502	T2/ 504	T2/ 501	T2/ 503
T1/ 502	T1/ 504	T1/ 501	T1/ 505	T1/ 503	<b>T4/ 505</b>	<b>T4/ 502</b>	<b>T4/ 504</b>	<b>T4/ 501</b>	<b>T4/ 503</b>
<b>T4/ 502</b>	<b>T4/ 504</b>	<b>T4/ 501</b>	<b>T4/ 505</b>	<b>T4/ 503</b>	T1/ 505	T1/ 502	T1/ 504	T1/ 501	T1/ 503
T2/ 502	T2/ 504	T2/ 501	T2/ 505	T2/ 503	T3/ 505	T3/ 502	T3/ 504	T3/ 501	T3/ 503
<b>T4/ 501</b>	<b>T4/ 502</b>	<b>T4/ 503</b>	<b>T4/ 504</b>	<b>T4/ 505</b>	T1/ 501	T1/ 502	T1/ 503	T1/ 504	T1/ 505
T3/ 501	T3/ 502	T3/ 503	T3/ 504	T3/ 505	T2/ 503	T2/ 505	T2/ 501	T2/ 504	T2/ 502
T2/ 501	T2/ 502	T2/ 503	T2/ 504	T2/ 505	T3/ 503	T3/ 505	T3/ 501	T3/ 504	T3/ 502
T1/ 501	T1/ 502	T1/ 503	T1/ 504	T1/ 505	<b>T4/ 503</b>	<b>T4/ 505</b>	<b>T4/ 501</b>	<b>T4/ 504</b>	<b>T4/ 502</b>

Abb. 1: Schema der Versuchsanlage (T = Erntetermin)

Der Versuch wurde als Spaltanlage angelegt (Großteilstücke = Erntetermine, Kleinteilstücke = Maissorten, n = 4 Wiederholungen). Die Versuchsanlage ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt.

### 3.2.1.2 Standortbeschreibung

Der 1995 genutzte Versuchsstandort Merklingsen liegt 90 m über NN und ist gekennzeichnet durch eine Jahresniederschlagssumme von etwa 750 mm und durch eine Jahresdurchschnittstemperatur von 9,0°C im langjährigen Mittel.

Der Bodentyp ist eine schluffig-tonige Pseudogley-Parabraunerde, entstanden aus Lößablagerungen mit etwa 70 Bodenpunkten. Charakteristisch für diesen Boden ist der mäßige Stauwassereinfluß. Die wasserstauenden Horizonte liegen in einer Tiefe von 75 bis 135 cm und können von Pflanzenwurzeln durchdrungen werden.

Der in den Versuchsjahren 1996 und 1997 genutzte Standort Illingen ist vom Versuchsstandort Merklingsen ca. 6 km entfernt und durch vergleichbare Bedingungen hinsichtlich klimatologischer Faktoren und Bodeneigenschaften gekennzeichnet. Durch den vorhergehenden mehrjährigen Maisanbau war ein starker Fusariumbefallsdruck zu erwarten.

Die Tabellen 1 und 2 geben eine Übersicht über die Bodenkenndaten Korngrößen- und Porenverteilung.

Tab. 1: Korngrößenverteilung (%) - Standort Merklingsen

<b>Bodenart</b>	<b>0 bis 30 cm</b>	<b>30 bis 60 cm</b>	<b>60 bis 90 cm</b>
grober Sand	1,9	1,8	0,9
mittlerer Sand	0,4	0,4	0,4
feiner Sand	1,5	1,4	1,5
grober Schluff	59,0	54,1	52,4
mittlerer Schluff	20,8	20,4	22,3
feiner Schluff	4,2	3,8	2,7
Ton	12,3	18,1	19,8

Tab. 2: Porengrößenverteilung (Vol.-%) - Standort Merklingsen

<b>Bodentiefe</b>	<b>Substanz- volumen</b>	<b>weite Groporen</b>	<b>enge Groporen</b>	<b>Mittelporen</b>	<b>Feinporen</b>
0 bis 30 cm	54,1	7,2	4,9	23,1	10,7
30 bis 45 cm	54,2	4,6	4,7	29,1	7,4
45 bis 75 cm	57,5	3,6	3,9	25,5	9,5
75 bis 105 cm	58,3	2,4	2,5	26,3	10,5
105 bis 135 cm	60,5	2,3	1,8	25,7	9,7

In der Tabelle 3 sind die Ergebnisse der Bodenanalysen hinsichtlich des pH Wertes und der Nährstoffgehalte von jedem Standort dargestellt. Die N-Gleichung gibt die einzelnen Nitrat-Stickstoffgehalte in den Bodentiefen 0 bis 30, 30 bis 60 und 60 bis 90 cm an. Anhand dieser Ergebnisse konnte auf den N-Sollwert aufgedüngt werden, der bei 200 kg N / ha liegt (LÜTKE ENTRUP et al., 1997).

1995 und 1996 sind zur Absicherung der Nmin-Analysenwerte nach 4-6 Tagen nochmals Proben gezogen und auf verfügbaren Bodenstickstoff untersucht worden.

Tab. 3: Ergebnisse der Bodenanalyse

Schlag / Jahr	<b>„Im Felde“ / 1995</b>	<b>„Neuer Kamp“ / 1996</b>	<b>„Neuer Kamp“ / 1997</b>
<b>Bodenanalyse</b>	pH Wert 6,2 (Dez./94)	pH Wert 5,9 (Mär./96)	pH Wert 6,7 (Febr./97)
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> *</b>	22	18	40
<b>K<sub>2</sub>O *</b>	13	14	14
<b>MgO *</b>	5	5	7
<b>NO<sub>3</sub>-N ** (kg/ha)</b>	50+17+12=79 (09.06.1995) 37+13+9=68 (13.06.1995)	110+73+18=202 (12.06.1996) 108+33+33=174 (19.06.1996)	51+24+22=97 (Juni 1997)

\* mg / 100 g Boden

\*\* die N-Gleichung gibt die einzelnen Nitrat-Stickstoffgehalte in den Bodentiefen 0 bis 30, 30 bis 60 und 60 bis 90 cm an

In der Tabelle 4 sind die Anbaudaten für jeden Schlag und jedes Jahr dargestellt.

Tab. 4: Anbaudaten der Versuchsstandorte

Schlag / Jahr	„Im Felde“/ 1995	„Neuer Kamp“/ 1996	„Neuer Kamp“/ 1997
<b>Vorfrucht</b>	Zuckerrüben	Winterweizen	Silomais
<b>Bodenbearbeitung</b>	Grubber (25.04.) Parapflug (02.05.) Kreiselegge (03.05.)	Gareegge (20.04.) Kreiselegge (24.04.)	Grubber (04.04.) Kreiselegge (23.04.)
<b>Aussaatdatum</b>	04.05.	29.04.	25.04.
<b>Düngung</b>	100 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (02.03.) 200 kg K <sub>2</sub> O (02.03.) 36 kg N (Aussaat) 92 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Aussaat) 70 kg N (20.06.) 40 kg N (04.07.)	36 kg N (Aussaat) 72 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Aussaat) 60 kg N (19.06.)	36 kg N (Aussaat) 72 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Aussaat) 60 kg N (15.06.)
<b>Pflanzenschutz</b>	2,0 l Round up (23.03.) 1,5 l Gardoprim plus + 0,75 kg Lentagran + 1,2 l Stomp (29.05.)	20 g CATO + 1,5 l LIDO SC (30.05.)	2,5 l Round up (02.04.) 25 g CATO+ 1,66 l LIDO SC+ 0,25 l Certrol B+ 0,15 l FHS (29.05) 2,0 l Pendimox (13.06.)
<b>Vereinzelung</b>	12.06.	12.06.	09.06.

### 3.2.1.3 Witterungsdaten

Der Standort Soest zeichnet sich durch ein maritimes Klima bei relativ gleichmäßiger Niederschlagsverteilung aus. Sowohl die Witterungsdaten im Untersuchungszeitraum, als auch das langjährige Mittel sind den Abbildungen 2, 3 und 4 zu entnehmen. Da für Merklingsen noch keine langjährigen Wetterdaten in abgesicherter Form vorliegen, bezieht sich das langjährige Mittel auf den etwa 15 km östlich gelegenen Standort Bad Sassendorf. Die genauen Klimadaten des Zeitraums

Januar bis März 1997 konnten aufgrund eines technischen Defekts der Meßapparatur nicht erhoben werden.

Im Frühjahr des **Versuchsjahres 1995** waren die Temperaturabweichungen vom langjährigen Mittel nur gering. Deutlich wärmer als das langjährige Mittel waren allerdings die Monate Juli, August und Oktober, lediglich der September kann als „normal“ warm bezeichnet werden. Durch diese hohen Temperaturen war ein gutes und zügiges Abreifen des Maises möglich. Der Befall mit Fusariosen trat aufgrund dieser Klimabedingungen auf vielen Standorten in den Hintergrund. Die durchschnittliche Jahrestemperatur lag bei 9,8°C und somit 0,8°C über dem langjährigen Mittel.

Die Hauptniederschläge des Jahres 1995 fielen in den Winter- bzw. Frühjahrsmonaten. Ebenfalls über dem langjährigen Mittel lag die Niederschlagsmenge im September. Dagegen waren in den Monaten Juni, Juli und August erhebliche Niederschlagsdefizite zu verzeichnen, die den Mais in seiner Entwicklung insbesondere auf leichten, grundwasserfernen Böden beeinträchtigten. Der gesamte Herbst 1995 kann als zu trocken bezeichnet werden. Die Niederschlagsmenge lag im Versuchsjahr 1995 bei 687 mm und somit leicht (5 %) unter dem langjährigen Mittel. 1995 war zusammengefaßt zwar ein sehr trockenes Jahr, aber dennoch, bezogen auf den Maisanbau, ein gutes Jahr.

Das **Versuchsjahr 1996** war durch sehr extreme Witterungsbedingungen gekennzeichnet. Die Temperaturen im ersten Quartal lagen weit unter denen des langjährigen Mittels. Auch die Monate Mai, Juli und September waren durch zu niedrige Temperaturen gekennzeichnet. Die Durchschnittstemperatur lag mit 7,8°C um 1,2°C unter dem langjährigen Mittel. Hinsichtlich der Niederschlagshöhe und -verteilung war 1996 ebenfalls ein extremes Jahr. Lediglich die Niederschläge im Februar, Mai und Juli entsprachen in etwa den durchschnittlich zu erwartenden Niederschlägen. Dagegen waren die Monate Januar, März, April, Juni, September und Dezember durch sehr geringe Niederschlagssummen gekennzeichnet. Im Jahr 1996 fielen mit 567 mm nur 78 % des langjährigen Mittels. Im Jahre 1996 hatte der Mais bis zur Blüte (Ende Juli) optimale Bedingungen, die hohen Niederschlagsmengen und die niedrigen Temperaturen im Spätsommer jedoch ließen den Mais schlecht abreifen und begünstigten vielerorts einen Fusariumbefall. Die Durchschnittstemperaturen der Monate Mai, Juni, Juli und September des letzten **Versuchsjahres 1997** entsprachen dem langjährigen Mittel, lediglich der August war

überdurchschnittlich warm. Die Monate April und Oktober waren durch niedrige Temperaturen gekennzeichnet.

Im Hinblick auf die Niederschlagsmengen zeichneten sich die Monate April, Mai und in besonders starkem Maße August und September durch Defizite aus (es fielen im August nur ca. 35 % und im September lediglich 10 % der nach dem langjährigen Mittel zu erwartenden Niederschlagsmenge). In den Sommermonaten Juni und Juli hingegen fielen überdurchschnittlich hohe Niederschlagsmengen, die etwa 20 bis 25% über dem langjährigen Mittel lagen.

Insgesamt fielen in den Monaten April bis Dezember 1997 nur 476 mm Niederschlag; das sind ungefähr 20 % weniger als das langjährige Mittel für diesen Zeitraum.

Hinsichtlich des Temperaturverlaufs war 1997 ein „normales Jahr“, abgesehen von dem Monat August, in dem durch hohe Temperaturen und Trockenheit relativ zügig die Maisabreife einsetzte. Die Niederschlagsmenge und -verteilung hingegen war außergewöhnlich. Hohe Niederschlagsmengen im Juni und Juli behinderten die Unkrautbekämpfung im Mais und förderten den Fusariumbefallsdruck. Geringe Niederschlagsmengen im August und September beschleunigten die Maisreife.

Der Untersuchungszeitraum (1995-1997) umfaßte somit ein breites Witterungsspektrum.

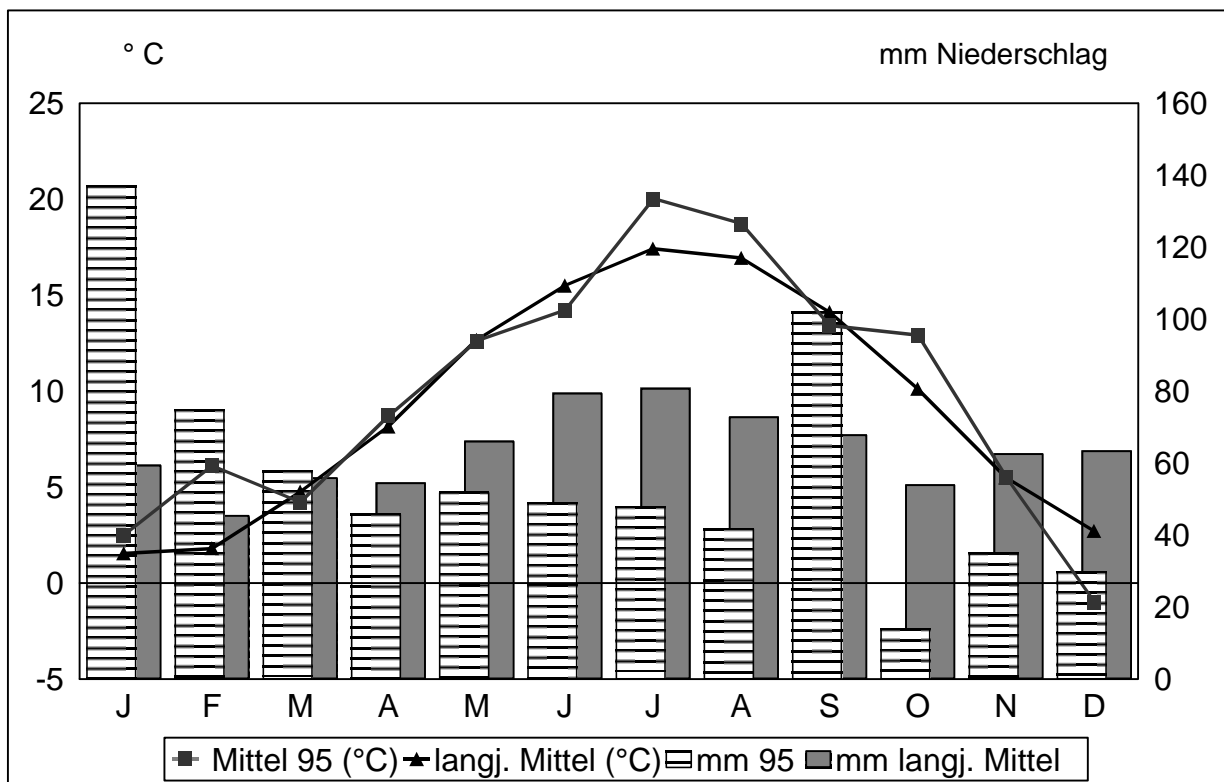


Abb. 2: Temperatur und Niederschlagsverlauf 1995 und im langjährigen Mittel

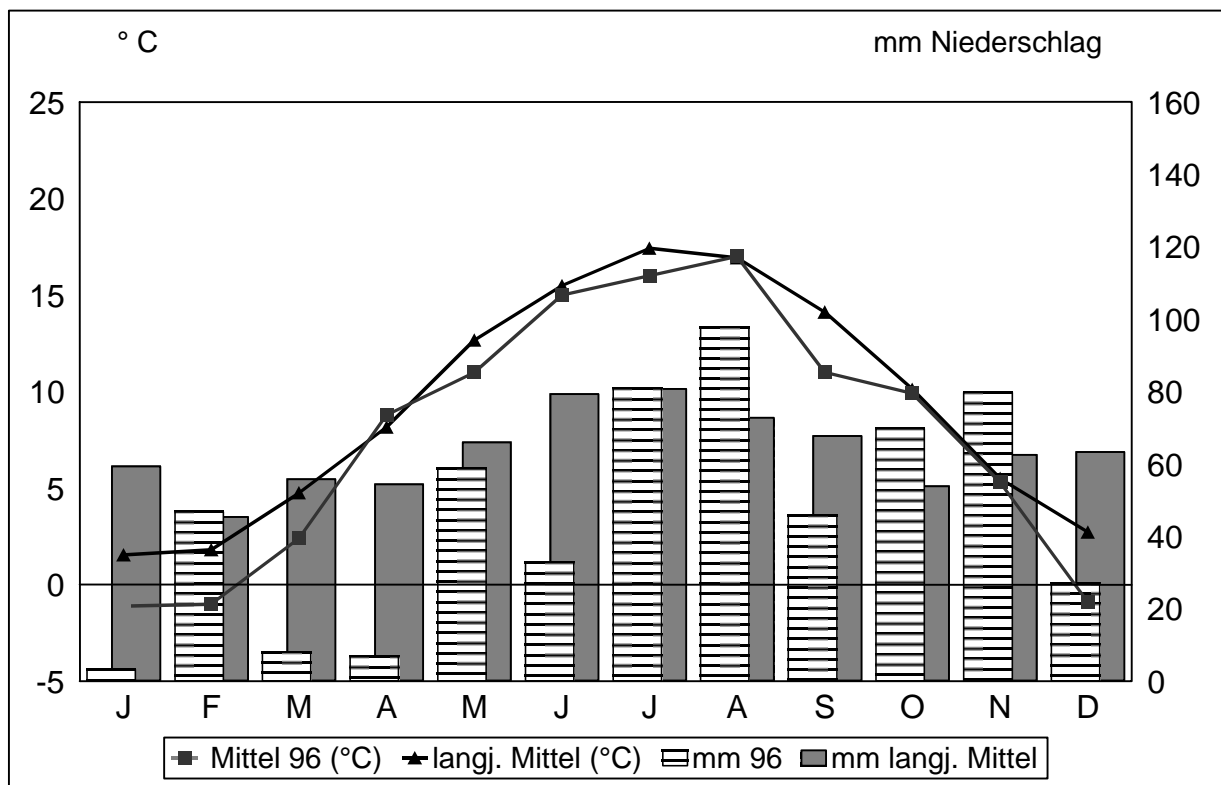


Abb. 3: Temperatur und Niederschlagsverlauf 1996 und im langjährigen Mittel

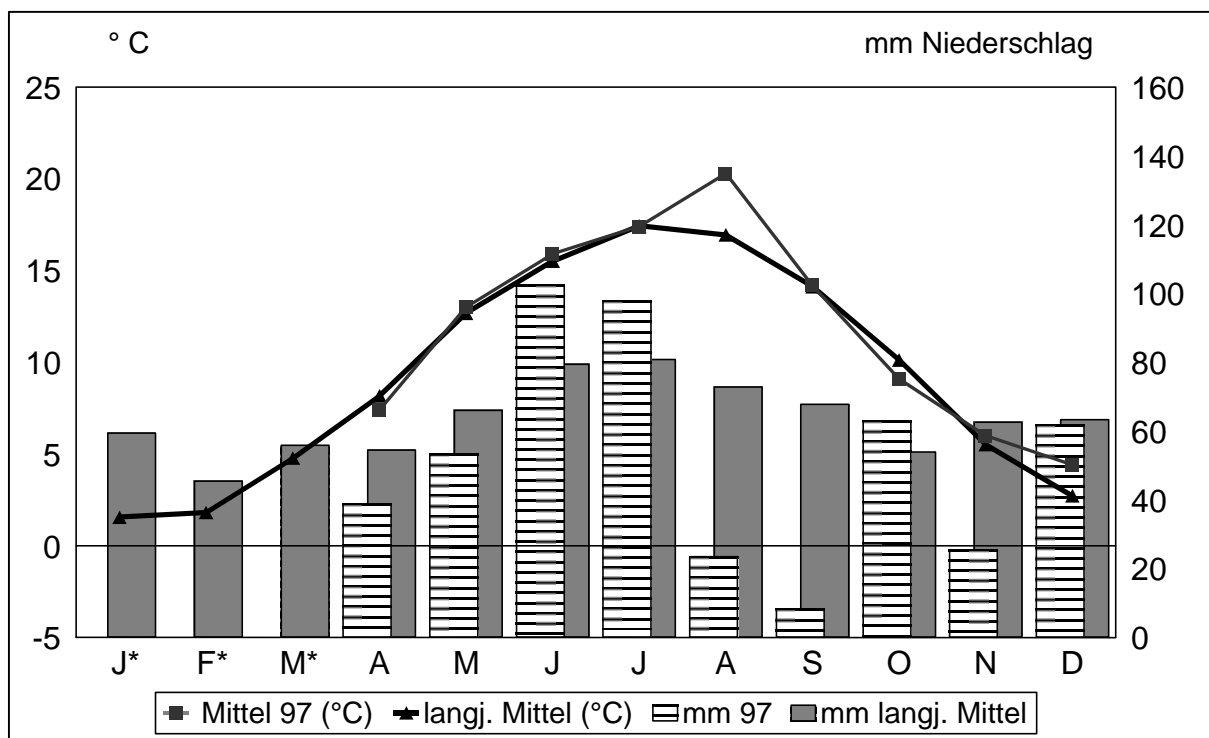


Abb. 4: Temperatur und Niederschlagsverlauf 1997 und im langjährigen Mittel

\* Für die Monate Januar, Februar und März konnte aus technischen Gründen keine Durchschnittstemperatur erfaßt werden.

### 3.2.1.4 Pflanzenmaterial des 5 Genotypen Tests

Das untersuchte Pflanzenmaterial bestand aus fünf Maissorten der frühen und mittelfrühen Reifegruppe (Tab. 5).

Tab. 5: Wichtige Merkmale der untersuchten Maissorten, Bedeutung der Boniturnoten: 1 = Merkmal fehlt, sehr gering ausgeprägt; 9 = Merkmal sehr hoch, sehr stark ausgeprägt

<b>Sorte / Sortenmerkmal</b>	<b>501</b>	<b>502</b>	<b>503</b>	<b>504</b>	<b>505</b>
<b>Reifegruppe</b>	früh	mittelfrüh	mittelfrüh	früh	früh
<b>Silomaisreifezahl</b>	220	ca. 250	230	200	200
<b>Anfälligkeit für Stengelfäule</b>	k.A.	k.A.	3	k.A.	k.A.
<b>Lagerneigung</b>	4	k.A.	2	5	4
<b>Gesamttrockenmasse (GTM)</b>	5	k.A.	6	5	6
<b>Kolbentrockenmasse (KTM)</b>	5	k.A.	6	7	7
<b>Trockenkolbenanteil (TKA)</b>	5	k.A.	5	8	7
<b>Jahr der Zulassung</b>	1990	1991	1994	1995	1994

Quelle: Bundessortenamt Hannover, 1999

k.A. = keine Angabe

### 3.2.2 Der 20 Genotypen Test

Bei diesem Versuchsansatz wurde ein größeres Sortenspektrum zusätzlich in Hinblick auf den Einflußfaktor Standort untersucht.

#### 3.2.2.1 Aufbau des 20 Genotypen Tests

Der Aufbau dieses Versuchs ist in der Übersicht 3 skizziert. Die Standorte Grucking, Löningen, Ostbevern und Bernburg (Abb. 5) wurden von der Kleinwanzlebener Saatzucht betreut, der Anbau auf dem Standort Merklingsen erfolgte unter der Regie des Fachbereich Agrarwirtschaft, Soest. In den Jahren 1996 und 1997 wurde der Feldversuch auf einen Schlag im benachbarten Illingen verlagert, da das natürliche Infektionspotential für Fusarien standortbedingt in Merklingsen sehr niedrig war (vgl. Kap. 3.2.1.1).

Nachfolgend wird die Standortbezeichnung „Merklingsen“ jedoch beibehalten.



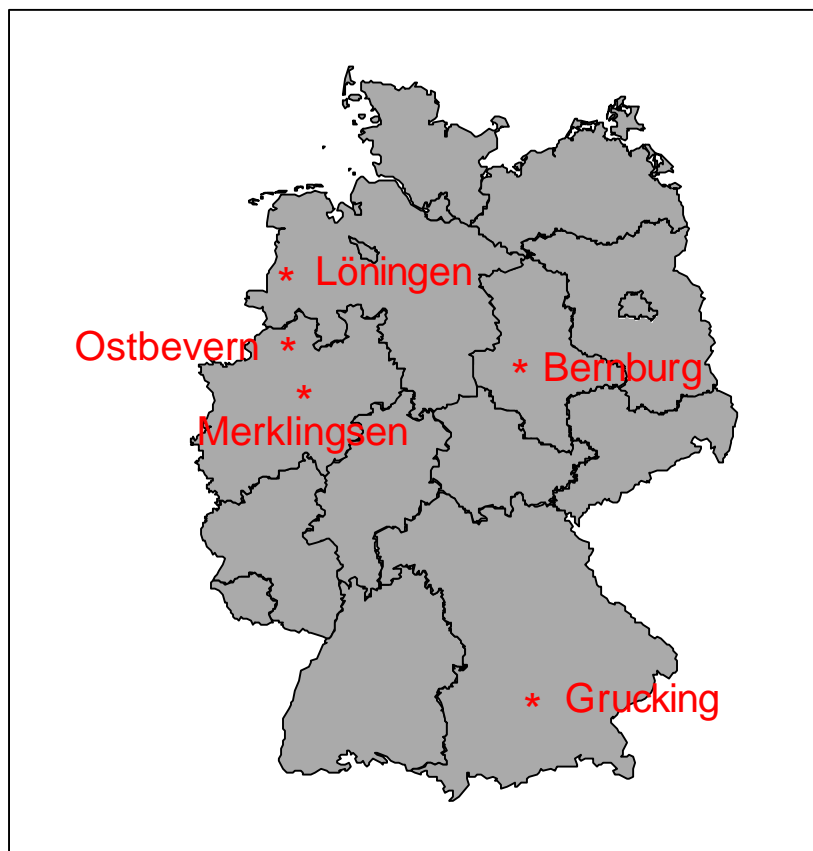


Abb. 5: Geographische Lage der fünf Versuchstandorte

### Übersicht 3: Prüffaktoren des 20 Genotypen Tests

<b>Faktor</b>	<b>Faktorstufen</b>			
20 Maisgenotypen	➤ 2001 ➤ 2002 ➤ 2003 ➤ 2004 ➤ 2005	➤ 2006 ➤ 2007 ➤ 2008 ➤ 2009 ➤ 2010	➤ 2011 ➤ 2012 ➤ 2013 ➤ 2014 ➤ 2015	➤ 2016 ➤ 2017 ➤ 2018 ➤ 2019 ➤ 2020
5 Standorte	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Merklingsen/Nordrhein-Westfalen</li> <li>➤ Gruckling/Bayern</li> <li>➤ Lönigen/Niedersachsen</li> <li>➤ Ostbevern/Nordrhein-Westfalen</li> <li>➤ Bernburg/Sachsen-Anhalt</li> </ul>			
3 Pflanzenfraktionen	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kolben (ohne Lieschblätter und Kolbenstiel)</li> <li>➤ Restpflanze (inkl. Blätter, Lieschblätter, Kolbenstiel, Fahne)</li> <li>➤ Ganzpflanze</li> </ul>			
Wiederholungen	3			
3 Versuchsjahre	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 1995</li> <li>➤ 1996</li> <li>➤ 1997</li> </ul>			

Auf dem Standort Merklingsen wurde jede Maissorte in jeweils vier Reihen mit ca. 13 bis 14 Körner/m<sup>2</sup> gesät. Die Nettoerntefläche pro Parzelle betrug 10,05 m<sup>2</sup> (6,7 m × 1,5 m). Nach dem Aufgang wurde der Bestand auf einen Endbestand von 10,5 Pflanzen/m<sup>2</sup> vereinzelt. Aus den vierreihigen Parzellen wurde eine Kernbeerntung durchgeführt, d.h. die beiden äußeren Reihen wurden als Randreihen verworfen. Der Versuch wurde als randomisierte Blockanlage angelegt. Am Beispiel des Standortes Merklingsen ist die Anlage schematisch dargestellt (Abb. 6).

4	2007	2018	2005	2010	2020	2009	2013	2011	2014	2006
	2015	2003	2017	2001	2008	2019	2012	2016	2002	2004
3	2013	2012	2016	2011	2002	2020	2005	2010	2007	2018
	2014	2009	2004	2019	2006	2003	2008	2001	2017	2015
2	2011	2006	2015	2012	2009	2017	2004	2020	2019	2001
	2008	2010	2014	2007	2013	2002	2018	2003	2016	2005
1	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010

Abb. 6: Schema der Versuchsanlage am Standort Merklingsen, 1995 - 1997 (2001-2020 = Sorten, 1 - 4 = Wiederholungen)

Auf den vier von der Kleinwanzlebener Saatzucht betreuten Standorten wurde das zu untersuchende Pflanzenmaterial im Jahre 1995 Sortenversuchen (Gitteranlage) entnommen. In den Versuchsjahren 1996 und 1997 erfolgte der Versuchsaufbau in randomisierten Blockanlagen. Der Mais wurde auf diesen Standorten auf Endabstand gesät. Die Nettoerntefläche betrug pro Parzelle 9 m<sup>2</sup> (6 m × 1,5 m).

### 3.2.2.2 Standortbeschreibung

Eine detaillierte Beschreibung des Versuchsstandortes Merklingsen sowie der entsprechenden Anbaudaten ist dem Kap. 3.2.1.2 zu entnehmen. Die vier Standorte Grucking, Löningen, Bernburg und Ostbevern werden hinsichtlich ihrer Standortbedingungen und Felddaten in der Tabelle 6 kurz skizziert.

Tab. 6: Standort- Boden- und Klimadaten der Standorte des 20 Genotypen Tests

<b>Standort</b>	<b>Grucking</b>	<b>Löningen</b>	<b>Bernburg</b>	<b>Ostbevern</b>
<b>Höhe über N.N.</b>	468 m	36 m	80 m	50 m
<b>Niederschlag (ganzjährig)*</b>	800 mm	720 mm	476 mm	700 mm
<b>°C (Mai - Sept.)*</b>	14,5	14,8	15,9	15,5
<b>Bodenart</b>	sandiger Lehm	lehmgiger Sand	Löß (Schwarzerde)	Sand

\*langjähriges Mittel

Die Ergebnisse der Bodenanalysen dieser Standorte in den drei Versuchsjahren sind der Tabelle 7 zu entnehmen.

Tab. 7: Daten zur Bodenanalyse auf den Standorten des 20 Genotypen Tests

<b>1995</b>	<b>Grucking</b>	<b>Löningen</b>	<b>Bernburg</b>	<b>Ostbevern</b>
pH Wert	6,8	5,8	7,1	6,5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Gehalt *	25	35	16	32
K <sub>2</sub> O Gehalt *	24	18	35	22
MgO Gehalt *	15	8	6	6
<b>1996</b>	<b>Grucking</b>	<b>Löningen</b>	<b>Bernburg</b>	<b>Ostbevern</b>
pH Wert	7,0	6,5	7,2	6,5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Gehalt *	16	32	31	32
K <sub>2</sub> O Gehalt *	14	22	33	22
MgO Gehalt *	9	6	7	6
<b>1997</b>	<b>Grucking</b>	<b>Löningen</b>	<b>Bernburg</b>	<b>Ostbevern</b>
pH Wert	7,0	6,1	7,5	6,2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Gehalt *	30	35	37	25
K <sub>2</sub> O Gehalt *	29	24	36	28
MgO Gehalt *	11	14	18	12

\* mg /100 g Boden

In der Tabelle 8 sind die Anbaudaten der Versuchsjahre für die Versuchsstandorte Grucking, Löningen, Bernburg und Ostbevern dargestellt.

Tab. 8: Anbaudaten der Versuchstandorte des 20 Genotypen Tests

<b>1995</b>	<b>Grucking</b>	<b>Löningen</b>	<b>Bernburg</b>	<b>Ostbevern</b>
Vorfrucht	Sonnenblumen	Silomais	Silomais	Silomais
Düngung*	190 kg/ha N 80 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 160 kg/ha K <sub>2</sub> O	131 kg/ha N 176 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 235 kg/ha K <sub>2</sub> O	205 kg/ha N 150 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -- K <sub>2</sub> O	141 kg/ha N 221 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 170 kg/ha K <sub>2</sub> O
mineralisch	×	×	×	
organisch	×	×		×
Pflanzenschutz	Zintan Pack	Lido SC	Capsolane, Lido Pack	Lido SC
Aussaat	02.05.	25.04.	25.04.	21.04.
<b>1996</b>	<b>Grucking</b>	<b>Löningen</b>	<b>Bernburg</b>	<b>Ostbevern</b>
Vorfrucht	Zuckerrüben	Wintergerste	Silomais	Silomais
Düngung*	200 kg/ha N 311 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 222 kg/ha K <sub>2</sub> O	180 kg/ha N 140 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 235 kg/ha K <sub>2</sub> O	153 kg/ha N 150 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 200 kg/ha K <sub>2</sub> O	160 kg/ha N 140 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 170 kg/ha K <sub>2</sub> O
mineralisch	×	×	×	×
organisch	×	×		×
Pflanzenschutz	Zintan Pack	Lido SC	Gardoprim, Duogranol	Lido SC
Aussaat	30.04.	24.04.	23.04.	20.04.
<b>1997</b>	<b>Grucking</b>	<b>Löningen</b>	<b>Bernburg</b>	<b>Ostbevern</b>
Vorfrucht	Körnermais	Silomais	Silomais	Silomais
Düngung*	170 kg/ha N 120 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 75 kg/ha K <sub>2</sub> O	180 kg/ha N 140 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 220 kg/ha K <sub>2</sub> O	110 kg/ha N 60 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 100 kg/ha K <sub>2</sub> O	170 kg/ha N 140 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 180 kg/ha K <sub>2</sub> O
mineralisch	×		×	
organisch	×	×		×
Pflanzenschutz	keine Angabe	Zintan-Pack	Zintan-Pack	Lido-Pack
Aussaat	25.04.1997	24.04.1997	07.05.1997	21.04.1997

\* Reinnährstoffe

### 3.2.2.3 Pflanzenmaterial des 20 Genotypen Tests

Die Tabelle 9 gibt einen Überblick über die wichtigsten Sortenmerkmale der untersuchten Maisgenotypen.

Tab. 9: Wichtige Merkmale der untersuchten Maisgenotypen, Bedeutung der Boniturdaten: 1 = Merkmal fehlt, sehr gering ausgeprägt; 9 = Merkmal sehr hoch, sehr stark ausgeprägt; -- = keine Angabe

Maisgenotyp / Merkmal	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Reifegruppe	mittelfrüh	früh	mittelfrüh	früh	früh	mittelfrüh	mittelfrüh	früh	früh	früh
Silomais Reifezahl	240	210	250	220	210	240	230	210	200	220
Anfälligkeit f. Stengelfäule	3	7	4	--	3	--	3	3	--	3
Lagerneigung	2	7	3	4	2	3	2	2	5	2
Gesamtrockenmasse	6	5	5	5	5	7	7	5	5	5
Kolbentrockenmasse	6	7	5	5	6	6	6	6	7	7
Trockenkolbenanteil	5	7	6	5	6	5	5	6	8	7
„Stay Green“ Sortentyp <sup>2</sup>	ja	nein	nein	nein	ja	nein	ja	ja	nein	nein
Jahr der Zulassung in D	1996	1992	1988	1990	1996	1994	1994	1994	1995	1996

Quellen:

Bundessortenamt Hannover, 1999 und Sortenspiegel Mais, 2000

<sup>2</sup>SCHMIDT, 1997

Fortsetzung Tab. 9: Wichtige Merkmale der untersuchten Maisgenotypen, Bedeutung der Boniturdaten: 1 = Merkmal fehlt, sehr gering ausgeprägt; 9 = Merkmal sehr hoch, sehr stark ausgeprägt; -- = keine Angabe

Maisgenotyp / Merkmal	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Reifegruppe	mittelfrüh	mittelfrüh	früh	früh	mittelfrüh	mittelfrüh	früh	mittelfrüh	früh	mittelfrüh
Silomais Reifezahl	240	240	210	200	230	ca. 250	210	250	ca. 240	ca. 230
Anfälligkeit f. Stengelfäule	--	2	--	--	3					
Lagerneigung	3	2	4	4	2					
Gesamtrockenmasse	8	6	6	6	6					
Kolbentrockenmasse	7	6	7	7	6					
Trockenkolbenanteil	4	6	5	7	5					
„Stay Green“ Sortentyp <sup>2</sup>	ja	nein	nein	nein	ja	ja	nein	ja	ja	nein
Jahr der Zulassung in D	1996	1997	1995	1994	1996	1991 in NL, A, F, B 1994 in D*	1992 in F	1994 in F	1997 in D*	1983 in F
<b>EU Sorten</b>										

Quellen:

Bundessortenamt Hannover, 1999 und Sortenspiegel Mais, 2000

<sup>2</sup>SCHMIDT, 1997

\*: ohne Voraussetzung des landeskulturellen Wertes zugelassen

## 3.3 Methoden

### 3.3.1 Erhebung der Fusarium-Boniturdaten

Die Fusariumbonitur erfolgte nach der „Daumendruck-Methode“ („Pinchtest“) entsprechend den Richtlinien des Bundessortenamtes für die Durchführung von Wertprüfungen (ANONYM, 1988). Unmittelbar vor den Ernten wurde jede Maispflanze aus den beiden mittleren Reihen der vierreihigen Parzelle auf Fusariumbefall untersucht. Dazu wurde der untere Stengelbereich umfaßt und durch Daumendruck abgetastet. War der Stengel morsch und ein Eindringen somit möglich, galt die jeweilige Pflanze als fusariumbefallen. Hielt der Stengel dem Druck stand, wurde die Pflanze als gesund bewertet. Die Anzahl der befallenen Maispflanzen pro Parzelle wurde notiert und als Relativzahl angegeben. Eine Bonitur auf Kolbenfusariosen war nicht notwendig, da bei der Kolbenernte zu keinem Zeitpunkt fusariumbefallene Kolben bemerkt wurden. Das Pflanzenmaterial beider Versuche wurde nach der „Daumendruck-Methode“ bonitiert. Allerdings wurde der Standort Ostbevern 1997 aufgrund eines Hagelschadens nicht beerntet und nicht bonitiert. Ähnliches gilt für den Standort Bernburg 1995; dort wurde zwar geerntet, es lagen jedoch keine Felddaten und keine Angaben zum Fusariumbefall vor.

### 3.3.2 Beerntung

Da die Beerntung der beiden Versuche nicht identisch verlief, wird nachfolgend separat auf die beiden Feldversuche eingegangen.

#### 3.3.2.1 Beerntung des 5 Genotypen Tests

Um den Einfluß der verschiedenen Faktoren im Verlauf der Reifeperiode analysieren zu können, wurden die Maispflanzen des 5 Genotypen Tests zu vier verschiedenen Ernteterminen geerntet. Die erste Beerntung sollte bei einem Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt) der Ganzpflanze von etwa 25 % und mit einem möglichst geringen

Fusariumbefall erfolgen. Für den zweiten Erntetermin wurde ein TS-Gehalt von ca. 28 - 30 % angestrebt. Die dritte Beerntung war bei einem TS-Gehalt von 33 - 35 % und der vierte Termin bei einem TS-Gehalt von ca. 37 % vorgesehen. Im Verlauf dieser vier Erntetermine war eine deutliche Differenzierung hinsichtlich des Fusariumbefalls zu erwarten. Die genaue Festlegung jedes Erntetermins erfolgte durch Orientierung an der TS-Entwicklung der Sorte 503.

Die tatsächlichen Erntetermine des 5 Genotypen Tests sind der Tabelle 10 zu entnehmen. Der vierte Erntetermin des Versuchsjahres 1997 konnte nur bedingt ausgewertet werden, da die TS-Gehalte aufgrund von Niederschlägen während der Erntearbeiten verfälscht wurden.

Tab. 10: Erntetermine in den drei Versuchsjahren

Jahr	Erntetermin			
	1	2	3	4
<b>1995</b>	06.09.	18.09.	09.10.	19.09.
<b>1996</b>	19.09.	01.10.	14.10.	28.10.
<b>1997</b>	04.09.	16.09.	23.09.	(01.10.)*

\* konnte nur bedingt ausgewertet werden

Das Probenmaterial wurde ausschließlich aus den beiden inneren Reihen der vierreihigen Parzelle gewonnen. Dabei diente die erste Reihe der Fraktionierung, die zweite Reihe wurde zur Ernte des Ganzpflanzenmaterials herangezogen.

Die Maispflanzen für die Ganzpflanzenernte wurden mit einer Sichel oder einem Messer ca. 15-20 cm über dem Boden abgeschnitten. Die gesamte Reihe wurde sofort zu zwei Bündeln zusammengebunden, mit Etiketten versehen und zum Häckseln aus dem Bestand transportiert. Die Ernte der einzelnen Pflanzenfraktionen aus der zweiten Reihe der Kernparzelle begann mit dem Abtrennen der Kolben. Die Kolben wurden zunächst vorsichtig an der Pflanze entliescht, so daß Lieschblätter und Kolbenstiel am Maisstengel verblieben und nur der Kolben, bestehend aus Körnern und Spindel, geerntet wurde. In der Regel besaßen die Pflanzen nur einen Kolben. Wenn jedoch noch ein weiterer erntefähiger Nebenkolben ausgebildet war, so wurde dieser auf die gleiche Weise geerntet. Die Kolben einer Reihe wurden in Netzsäcken gesammelt, die dann ebenfalls etikettiert aus dem Bestand transportiert wurden. Anschließend erfolgte die Ernte der Restpflanze, von der zunächst der



obere Stengelabschnitt, d. h. der Stengel oberhalb des Kolbenansatzes inklusive Fahne und Blätter, vom unteren Stengelteil mit einer Sichel abgetrennt wurde. Zum Schluß wurde der untere Stengelabschnitt ähnlich wie bei der Ganzpflanze ca. 15-20cm über dem Boden abgetrennt und samt Lieschblättern und Kolbenstiel gebündelt und etikettiert.

Die vier Wiederholungen jeder Sorte wurden zu jedem Erntetermin getrennt geerntet und aufbereitet.

### 3.3.2.2 Beerntung des 20 Genotypen Tests

Die Beerntung erfolgte etwa zum Zeitpunkt der Silomaisreife. Da der gesamte Maisbestand eines Standortes zu einem Termin geerntet wurde, ergaben sich sortenbedingt Unterschiede im Trockensubstanzgehalt. Die fraktionierte Ernte (Kolben und Restpflanze) wurde an der ersten der beiden Mittelreihen durchgeführt, das Ganzpflanzenmaterial stammte aus der benachbarten Reihe. Die Vorgehensweise bei der Fraktionierung ist in Kap. 3.3.2.1 näher erläutert. Auch bei diesem Versuch zählten die Lieschblätter und der Kolbenstiel zur Restpflanzenfraktion. Die Restpflanze wurde nicht weiter unterteilt. Auf dem Standort Merklingsen wurden die Versuche mit vier, auf den übrigen Versuchsstandorten mit drei Wiederholungen angelegt. Die genauen Erntetermine sind der Tabelle 11 zu entnehmen.

Tab. 11: Erntetermine in den drei Versuchsjahren auf den Versuchsstandorten

<b>Standort / Jahr</b>	<b>Merklingsen</b>	<b>Grucking</b>	<b>Löningen</b>	<b>Bernburg</b>	<b>Ostbevern</b>
<b>1995</b>	04.10.	29.09.	19.09.	31.08.	12.09.
<b>1996</b>	17.10.	12.10.	28.10.	27.09.	07.10.
<b>1997</b>	23.09.	25.09.	29.09.	09.09.	nicht geerntet

### 3.3.3 Erfassung des Frischmasseertrages

Die Pflanzenfraktionen wurden am Versuchsfeldrand mit einer mobilen Waage gewogen, um den Frischmasseertrag bzw. nach der Trocknung den Trockenmasseertrag ermitteln zu können.

### 3.3.4 Zerkleinern des Pflanzenmaterials und Probenahme

Nach der Feldernte wurde das Pflanzenmaterial, getrennt nach Fraktionen und beginnend mit den Restpflanzenfraktionen, mit einem einreihigen Maishäcksler stationär zerkleinert. Die Restpflanzenfraktionen wurden zuerst gehäckselt, um ein Verschleppen von hochverdaulichem Kornmaterial auf die stärkefreie Restpflanze zu vermeiden. Das gesamte Häckselgut einer Fraktion und einer Sorte aus einer Wiederholung wurde in einer großen Kunststoffwanne aufgefangen, durchmischt und in mehreren kleinen Teilmengen eine etwa 500 g schwere Probe entnommen. Diese Frischprobe wurde in einen luftdurchlässigen Crisppack-Beutel gepackt und zur Identifizierung mit einem Hartplastiketicket als Einleger versehen.

Für die Untersuchungen zum **5 Genotypen Test** wurden jeweils drei Parallelproben (a, b und c) von einer Häckselprobe je Wiederholung genommen, von dem Pflanzenmaterial des **20 Genotypen Tests** nur zwei. Auf diese Weise wurden die Restpflanzenfraktionen, anschließend die Ganzpflanze und zuletzt das Kolbenmaterial zerkleinert.

### 3.3.5 Trocknung und Ermittlung des Trockensubstanzgehaltes

Um Trocknungs- und Atmungsverluste möglichst gering zu halten, erfolgte unverzüglich das Wiegen sowie das Trocknen der Proben.

Die Pflanzenproben wurden dicht nebeneinander auf Gitter einer Flächentrocknung gelegt, wobei auf eine lockere Packung des Häckselgutes in den luftdurchlässigen Beuteln geachtet wurde. Auf diese Weise wurden bis zu vier Gitter übereinander gelegt. Über ein Gebläse wurde Luft (4.500 m<sup>3</sup>/h) durch die Proben geschickt und somit eine schnelle und gleichmäßige Trocknung erreicht. Nach 24 Stunden wurden

die Teilproben a und b des **5 Genotypen Tests** in einem Umlufttrockenschrank (Heraeus) bei einer Temperatur von 60°C etwa 48 Stunden lang nachgetrocknet, während die Teilprobe c nochmals ca. 48 Stunden auf der Flächentrocknung verblieb. Diese Teilprobe war für die Untersuchung auf Cellulaseaktivität (Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz der Universität Göttingen, Arbeitsgruppe Prof. Wolf) bestimmt und durfte, um eine Enzymdegenerierung zu vermeiden, nur bei maximal 35°C getrocknet werden. Sie wurde nicht zur Berechnung des Trockensubstanzgehaltes herangezogen, da sie aufgrund der alleinigen Trocknung durch Luftdurchsatz eine höhere Restfeuchte aufwies.

Die Teilproben a und b wurden nach 48 Stunden gitterweise aus dem Trockenschrank genommen, kühlten kurz an der Raumluft ab und wurden rückgewogen. Aus der Gewichts Differenz Einwaage-Rückwaage ließ sich der Trockensubstanzgehalt der Proben und somit auch der Trockenmasseertrag ermitteln.

Die Trocknung des Erntegutes der Standorte Grucking, Lönigen, Bernburg und Ostbevern aus dem **20 Genotypen Tests** erfolgte zunächst bei 55°C im Trockenschrank. Aus jeder einzelnen Probe wurde wiederum eine repräsentative kleinere Teilprobe gezogen, die durch Trocknung bei 105°C zur Bestimmung des Trockensubstanzgehaltes bzw. der noch verbliebenen Restfeuchte herangezogen wurde.

Da die Flächentrocknung zu den beiden ersten Ernteterminen des Jahres 1995 noch nicht einsatzbereit war, wurden die c-Teilproben aus diesen Terminen unmittelbar nach dem Zerkleinern bis zur weiteren Analyse in Göttingen eingefroren. Die a- und b-Teilproben dieser Termine wurden ausschließlich im Trockenschrank bei 60 °C getrocknet.

### 3.3.6 Lagerung des Probenmaterials

Die getrockneten Proben wurden in Kartons verpackt und bis zur Weiterverarbeitung bzw. Verschickung in einem nicht klimatisierten Lagerraum untergebracht.

### 3.3.7 Vermahlung des Probenmaterials

Ebenso wie das Häckseln der Proben erfolgte auch das Feinvermahlen getrennt nach Fraktionen. Der gesamte Inhalt eines Crisppack-Beutels wurde mittels einer „Brabender“ Mühle (System Wiley, Drehstrommotor  $n=750$  U/min) mit vier feststehenden Zerkleinerungsmessern bei einer Siebgröße von einem Millimeter vermahlen. Nach dem Vermahlen jeder einzelnen Probe wurde der gesamte Innenraum der Mühle mittels Druckluft gesäubert.

Das gemahlene Pflanzenmaterial wurde bis zur Analyse in Plastikbeuteln luftdicht gelagert (Kap. 3.3.6).

### 3.3.8 Gewinnung und Aufarbeitung des Probenmaterials für die Untersuchung am Pansensimulationssystem RUSITEC

Zur Untersuchung eines potentiellen Einflusses von Fusariumbefall auf Parameter der Pansenphysiologie wurden ausschließlich Pflanzenproben der Fraktion „unterer Stengelabschnitt“ aus dem 5 Genotypen Test analysiert, da aufgrund der Bodenbürtigkeit der Fusarien dieses Pflanzenmaterial die stärkste Kontamination erwarten ließ. Ebenfalls aus diesem Grund wurde der späte Termin für die Probennahme gewählt. Es wurde im Anschluß an den letzten Erntetermin des Versuchsjahres 1997 geerntet. Zur Probennahme wurden die Maispflanzen der nach der Ernte des 5 Genotypen Test nicht genutzten Rendreihen herangezogen. Von jeder Sorte wurden Frischproben fusariumbefallener bzw. befallsfreier Maisstengel geerntet. Die Befallsermittlung erfolgte nach der Daumendruckbonitur (vgl. Kap. 3.3.1). Von den vergleichsweise wenig fusariumanfälligen Sorten 502 und 503 konnten nicht in ausreichendem Maße fusariumbefallene Maisstengel selektiert werden. Deswegen mußte sich die Ernte und die weiteren Untersuchungen auf die Sorten 501, 504 und 505 beschränken.

Die Stengel wurden gehäckselt und in luftdurchlässige Crisppack-Beutel gepackt. Die Trocknung erfolgte ausschließlich auf der Flächentrocknung (vgl. Kap. 3.3.5). Die Vermahlung der Proben wurde wie in Kapitel 3.3.7 dargestellt durchgeführt.

Durch eine Fusarium- Untersuchung der Maisstengel mittels ELISA (enzyme linked immunosorbent assay) am Institut für Pflanzenpathologie der Universität Göttingen

(Arbeitsgruppe Prof. Wolf) konnte die aufgrund der Feldbonitur getroffene Differenzierung der Maisstengel bestätigt werden. In der Tabelle 12 sind die Ergebnisse der ELISA-Untersuchung dargestellt.

Das aufgrund der „Daumendruck-Bonitur“ als fusariumbefallen charakterisierte Pflanzenmaterial wies bei jeder der drei Sorten eine deutlich höhere Menge (bis zu 11,5 fach) an Fusariumproteinen auf.

Ebenfalls in der Tabelle 12 sind die Ergebnisse der Nährstoffanalyse der drei eingesetzten Maissorten jeweils in befallener und nicht befallener Variante aufgeführt. Der Rohproteingehalt (XP) ist bei den befallsfreien Varianten der Sorten 501 und 505 etwas niedriger, bei 504 kann diesbezüglich keine Differenz festgestellt werden. Größere Unterschiede zwischen den Fusarium(+)- und Fusarium(-)-Varianten existierten auch hinsichtlich der Gerüstsubstanzgehalte. Bei stärkerem Fusariumbefall waren sowohl die NDF- (Neutral Detergent Fiber) als auch die ADF- (Acid Detergent Fiber) Gehalte höher. Der Anteil an Stärke, Zucker und organischem Rest ergibt sich rechnerisch durch die Subtraktion der Analysenwerte für Rohasche, Rohprotein, Rohfett und Rohfaser von dem TS-Gehalt (JEROCH et al., 1999). Dieser Anteil war bei den befallenen Varianten der untersuchten Maissorten deutlich niedriger als bei den befallsfreien Varianten.

Tab. 12: Ergebnisse der Nährstoffanalyse sowie Fusariumproteingehalte der eingesetzten Maisproben (+ = stark befallen\*, - = befallsfrei\*)

Untersuchung	Maissorte					
	501 +	501 -	504 +	504 -	505 +	505 -
Fusariumprotein [µg / g TS]	13,3	2,5	15,6	3,4	17,3	1,5
TS-Gehalt [%]	92,3	92,9	91,8	92,7	92,9	93,4
XA [% d. TS]	6,1	5,1	7,0	6,2	4,6	4,2
XP [% d. TS]	4,9	3,7	5,4	5,4	4,6	3,9
XL [% d. TS]	0,62	0,55	0,21	0,65	0,54	0,50
ADF [% d. TS]	49,6	42,2	49,3	38,1	51,2	42,8
NDF [% d. TS]	76,1	65,9	76,2	60,0	77,9	67,0
Stärke, Zucker, organ. Rest [% d. TS]	4,7	17,6	3,0	20,5	5,3	17,2

\* Befallserfassung lt. „Daumendruck-Bonitur“,

XA = Rohasche,

XL = Rohlipide,

XP = Rohprotein,

NDF = Neutral Detergent Fiber,

ADF = Acid Detergent Fiber.

### 3.3.9 Laboranalysen

#### 3.3.9.1 Bestimmung der *in vitro*-Verdaulichkeit durch die Cellulasemethode

Die vermahlenden Pflanzenproben wurden mit Hilfe der Cellulasemethode auf ihre *in vitro*-Verdaulichkeit untersucht (ANONYM, 1993). Bei jedem Inkubationsdurchgang wurden zwei Standardmaisproben (eine hoch verdauliche, eine niedriger verdauliche) mit bekannter Cellulaseverdaulichkeit zusätzlich analysiert, um systematische Fehler bei der Laboruntersuchung ausschließen zu können, bzw. um eine gleichbleibende und vergleichbare Aktivität der benutzten Enzyme sicherzustellen. Als Enzyme wurden Pepsin (2000 FIP-U/g, Merck, Darmstadt) und Cellulase (Onozuka R-10 aus *Trichoderma viride* 1 U/mg, Boehringer Ingelheim Bioproducts Partnership, Heidelberg) eingesetzt. Die verwendeten Glasfritten (Burdich, Limburg) mit Schraubverschlüssen besaßen die Porosität 1.

Parallel zur Untersuchung der Cellulaseverdaulichkeit erfolgte die Bestimmung des Gehaltes an Restfeuchte (nach Trocknung bis zur Gewichtskonstanz bei 105 °C) sowie des Rohaschegehaltes (nach Veraschung bei 550 °C).

Jede Analyse (Cellulaseverdaulichkeit, Restfeuchte- und Rohaschegehalt) wurde doppelt durchgeführt; die beiden Parallelen wurden entsprechend der Analysenspielräume für Futtermitteluntersuchungen auf tolerierbare Abweichungen (ANONYM, 1993) kontrolliert.

Das unmittelbare Ergebnis der Cellulasemethode ist der sogenannte Glühverlust, aus dem sich unter Berücksichtigung von Einwaage und Trockensubstanzgehalt der organische Rückstand der Enzymbehandlung berechnen läßt. In die Schätzgleichung zur Ermittlung der Verdaulichkeit der organischen Masse = DOMD (Digestibility of Organic Matter in Dry Matter) für Silomais und Maissilage nach WEISSBACH, SCHMIDT und KUHLA (1994) gehen der organische Rückstand der Enzymbehandlung und der Gehalt an Rohasche ein.

Die Untersuchungen zur Cellulaseverdaulichkeit wurden sowohl am Ganzpflanzenmaterial, als auch an den drei Pflanzenfraktionen des 5 Genotypen Tests über die drei Versuchsjahre durchgeführt. Bei dem 20 Genotypen Test beschränkte sich diesbezüglich die Analyse des gesamten Pflanzenmaterials auf das Versuchsjahr 1995. Da das Kolbenmaterial keine wesentlichen Sorten- oder

Standortunterschiede hinsichtlich der Cellulaseverdaulichkeit aufwies, wurde in den beiden Folgejahren auf die Kolbenanalyse verzichtet. Die Untersuchung des Restpflanzenmaterials wurde in allen drei Versuchsjahren durchgeführt, lediglich der Standort Ostbevern konnte im Jahre 1997 nicht beerntet werden.

### 3.3.9.2 Schätzung der Verdaulichkeit mit Hilfe der Nahinfrarotreflexionsspektroskopie (NIRS)

Im Gegensatz zur Cellulasemethode (Kapitel 3.3.9.1) konnte die Schätzung der *in vitro*- Verdaulichkeit mittels NIRS nicht an den einzelnen Pflanzenfraktionen, sondern ausschließlich am Ganzpflanzenmaterial durchgeführt werden, da für die Analyse einzelner Fraktionen zum damaligen Zeitpunkt noch keine Kalibrierung existierte. Um von den Meßsignalen des NIRS Gerätes auf konkrete Schätzwerte der Verdaulichkeit schließen zu können, wird eine Kalibrierung benötigt. Diese Kalibrierung besteht aus einer Schätzfunktion zur Ableitung der verschiedenen Inhaltsstoffe und basiert auf den Untersuchungsergebnissen von Vergleichsproben, die nach einer Referenzmethode, bei den vorliegenden Untersuchungen die **Enzymlöslichkeit der organischen Substanz** (% ELOS d. TS) nach der Cellulasemethode, untersucht worden sind.

Die NIRS-Analysen wurden durch die Kleinwanzlebener Saatzucht in Einbeck vorgenommen.

Als Ausgangsmaterial für die Untersuchung mittels NIRS diente wie bei der Cellulasemethode das auf einheitliche Partikelgröße vermahlene Ganzpflanzenmaterial. Das Meßgerät NIRS 5000 war mit einem Computer (IBM PS/2) verbunden, der die gewonnenen Meßdaten mit Hilfe des Programms NIRS ISI 3.0 auswertete und speicherte. Für jede Messung wurde das Meßgerät mit einer mit Pflanzenmaterial gefüllten Küvette bestückt, die mit Licht aus dem nahen Infrarotbereich bestrahlt wurde. Durch eine frequenzspezifische Lichtabsorption der verschiedenen molekularen Strukturen im Frequenzbereich 1100-2500 nm konnte anhand der jährlich aktualisierten Kalibrierung der Gehalt an enzymlöslicher organischer Substanz und verschiedener Rohnährstoffgehalte geschätzt werden.

Die NIRS Untersuchung erfolgte sowohl an dem Ganzpflanzenmaterial des 5 Genotypen Tests sowie des 20 Genotypen Tests.

### 3.3.9.3 Messung der Cellulaseaktivität des Pilzmycels

Die Bestimmung der Aktivität des Enzyms Cellulase wurde am Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz der Universität Göttingen vorgenommen. Diese Analyse sollte Auskunft über die Quantität einer Fusariuminfektion geben. Der Cellulasenachweis ist allerdings nicht fusariumspezifisch, sondern es wird allgemein die Enzymaktivität von cellulasebildenden Organismen nachgewiesen. Da die Fusarien aber im Vergleich zu anderen auf und in Maispflanzen nachgewiesenen Feldpilzen (BAATH et al., 1990) als cellulolytisch besonders wirksam gelten (WAINWRIGHT, 1995), ermöglichte die Messung der Cellulaseaktivität Rückschlüsse auf den Fusariumbefall.

Als Untersuchungsmaterial diente ausschließlich das eingefrorene bzw. getrocknete und vermahlene Pflanzenmaterial der c-Teilprobe des 5 Genotypen Tests. Im ersten Versuchsjahr wurden alle drei Pflanzenfraktionen analysiert. Es zeigte sich jedoch, daß die Aktivitätseinheiten im Kolbenmaterial unbedeutend gering waren, so daß in den weiteren Jahren ausschließlich die beiden Restpflanzenfraktionen untersucht wurden.

Die Bestimmung der Enzymaktivität erfolgte in Anlehnung an eine von WIRTH & WOLF (1992) entwickelte Nachweismethode bei der lösliche, kovalent an einen Farbstoff gebundene hochmolekulare Polysaccharide enzymatisch in Bruchstücke gespalten werden. Die gefärbten Konjugate werden als Substrate zur colorimetrischen Aktivitätsbestimmung von Cellulase genutzt.

Bei diesem Nachweis wird zunächst die Cellulase aus dem Pflanzenmaterial durch Zugabe eines Na-Acetat-Puffers (0,5 M, pH 5) extrahiert. Nach anschließendem Zentrifugieren werden 150 µl aus dem Probenüberstand abgenommen und mit 300 µl Cellulose-Substrat versetzt. Bei der Inkubation (2 h, 40°C im Wasserbad) erfolgt eine enzymatische Reaktion, die durch Zugabe von 150 µl 1N HCl gestoppt wird. Dadurch werden noch in Lösung befindliche hochpolymere, nicht abbaubare Substratstücke bei einem pH Wert unter 2,0 ausgefällt. Nach weiterem Zentrifugieren erfolgt die Abnahme eines Aliquots von 175 µl aus dem Überstand, der in eine Mikrotiterplatte mit 96 × 185 µl Kavität pipettiert wird. Die Absorption der löslichen, farbigen Abbauprodukte erfolgt in einem Photometer für Mikrotiterplatten (EAR 400; SLT Labinstruments, Overath) bei einer Wellenlänge von 600 nm. Bei der Auswertung der



aus vier Meßwerten gemittelten Absorptionswerte wird die Enzymaktivität als Einheit optischer Dichte angegeben. Die Berechnung erfolgt nach der Formel:

$$U \text{ (Einheiten optischer Dichte)} = \frac{\text{Absorptionswerte bei 600 nm}}{\text{Verdünnungsfaktor durch die Extraktion (g/ml)} \times \text{Verdünnungsfaktor durch den Testansatz (ml/ml)}}$$

#### 3.3.9.4 Untersuchungen am Pansensimulationssystem RUSITEC

Das verwendete RUSITEC-System (RUMEN SIMULATION TECHNIQUE) ist ein Pansensimulationsmodell, das vom Prinzip her von CZERKAWSKI und BRECKENRIDGE (1977) entwickelt wurde. Es handelt sich um ein kontinuierlich über längere Versuchszeiträume laufendes *in vitro*- System, bei dem in sechs parallel betriebenen Fermentationsbehältern der Stoffwechsel pansenstämmiger Mikroorganismen simuliert werden kann. Diese Fermentationsbehälter, die einen kontinuierlichen Pufferzufluß haben, stehen in einem Wasserbad, so daß die Pansensimulation bei einer gleichbleibenden Temperatur von 39°C abläuft. Der genaue Aufbau sowie die Funktionsweise des Systems ist der Dissertation von DA COSTA GOMEZ (1999) zu entnehmen.

Der benutzte Puffer hatte folgende Zusammensetzung (McDOUGALL, 1948):

##### **Lösung 1:**

32,7 g NaHCO<sub>3</sub>

31,0 g NaHPO<sub>4</sub> × 12 H<sub>2</sub>O

##### **Lösung 2:**

47,0 g NaCl

57,0 g KCl

5,3 g CaCl<sub>2</sub> × 2 H<sub>2</sub>O

12,8 g MgCl × 2 H<sub>2</sub>O

in einem Liter H<sub>2</sub>O gelöst

Die Bestandteile von Lösung 1 sowie 1 ml Kobaldacetat und 5 ml <sup>15</sup>N markierter Harnstoff (0,2259 g auf 100 ml H<sub>2</sub>O, 99% Anreicherung) wurden in H<sub>2</sub>O gelöst. Vorsichtig wurden 33 ml der Lösung 2 hinzugefügt und anschließend mit H<sub>2</sub>O auf ein Volumen von 5 Liter aufgefüllt. Bei dem letzten der insgesamt drei durchgeführten RUSITEC-Durchgänge (= Wiederholungen) wurde zusätzlich 1,665 g Harnstoff zur

Pufferlösung gegeben, um die  $\text{NH}_4$ -Stickstoffkonzentration zu erhöhen. Da wie im Pansen auch in den Fermentationsbehältern weitgehend reduktive Bedingungen herrschen sollten, wurde die täglich frisch angesetzte Pufferlösung durch 15-minütiges kaltes Sieden unter Vakuum entgast bevor sie dem System zugeführt wurde.

Die beiden zur Pansensaftentnahme verwendeten Jersey-Ochsen wurden mindestens eine Woche vor Beginn der Pansensaftentnahme mit einer Ration aus 12kg Heu und 600g Konzentratfutter (6,4 MJ NEL, 20 % XP, Fa. Hemo) pro Tag gefüttert.

Die Entnahme des Pansensaftes erfolgte nach DA COSTA GOMEZ (1999).

Zu Beginn jeder Inkubationsperiode wurden die vorgewärmten Fermenter mit 690 ml Pansensaft und zwei Nylonbags beschickt. Einer der Nylonbags (100  $\mu\text{m}$  Maschenweite) enthielt 80 g festen Panseninhalt, der ebenso wie der Pansensaft kurz zuvor den pansenfistulierten Jersey-Ochsen entnommen worden war. Der zweite Nylonbag (40  $\mu\text{m}$  Maschenweite) enthielt 6 g Heu (zerkleinert auf eine Größe von 2 cm), 6 g des zu untersuchenden Maisstrohs (vermahlen auf eine Partikelgröße von 1 mm) sowie 0,15 g Mineralfuttermischung.

Am zweiten Inkubationstag wurde der Nylonbag, der den festen Panseninhalt enthielt gegen einen anderen Nylonbag (Maschenweite 40  $\mu\text{m}$ ) mit Maisstroh, Heu und Mineralfutter ersetzt. Am dritten Tag wurde der Futterbeutel des ersten Tag gegen einen neuen ausgetauscht. Dieser Rhythmus wurde bis zum Ende der Inkubationsdauer fortgesetzt, so daß jeder Futterbeutel genau 48 Stunden im RUSITEC-System fermentiert wurde. Der tägliche Ablauf der Arbeiten am RUSITEC, d.h. der Wechsel der Nylonbags und die Entnahme bzw. Gewinnung der Analyseproben erfolgte nach DA COSTA GOMEZ (1999).

In der Tabelle 13 sind die an den jeweiligen Tagen eines Durchganges durchgeführten Analysen dargestellt.

Die Dokumentation des **pH Wertes**, des **Redoxpotentials** und der **Protozoenanzahl** im Pansensaft erfolgte täglich; dasselbe gilt für die quantitative Erfassung der **Fermentationsgase** und den gaschromatographisch (Shimadzu GC 8A mit Wärmeleitfähigkeitsdetektor) bestimmten **Methananteil** (DA COSTA GOMEZ, 1999).

Nach einer 5-tägigen Adaptationsphase fand vom 6. bis 8. Tag jedes Inkubationsdurchganges die eigentliche Meßphase statt. Aus der täglich gewonnenen Überlaufflüssigkeit erfolgte durch anteilige Mischung die Herstellung einer Sammelprobe von jedem Fermenter. Diese Sammelproben wurden für die nachfolgenden Analysen herangezogen.

Die **NH<sub>4</sub>-Stickstoff-Bestimmung** erfolgte mittels der Mikrodiffusionsmethode nach CONWAY und O'MALLEY (1942). Die genaue Durchführung ist bei COENEN (1988) beschrieben.

Der <sup>15</sup>N-markierte Harnstoff (Deutero GmbH, Kastellaun), der der Pufferlösung beigemischt wurde, diente der Quantifizierung der **mikrobiellen Proteinsynthese** im Pansensaft während der Inkubation.

Tab. 13: Ablauf der Versuchsdurchgänge und untersuchte Parameter

Tag	Analysen, Parameter							
	pH-Wert	Redox-potential	Protozoen-anzahl	Gesamt-gasmenge	Methan-menge	Mikroben-masse	NH <sub>4</sub> -N-Bildung	SCFA
1	·	·	·	·	·	·	--	--
2	·	·	·	·	·	·	--	--
3	·	·	·	·	·	·	--	--
4	·	·	·	·	·	·	--	--
5	·	·	·	·	·	·	--	--
6	·	·	·	·	·	·	·	·
7	·	·	·	·	·	·	·	·
8	·	·	·	·	·	·	·	·

-- = Untersuchung nicht durchgeführt

Die Probenaufbereitung und Umwandlung des NH<sub>4</sub>-N zu N<sub>2</sub> erfolgte nach ROSS und MARTIN (1970) zitiert von COENEN (1988). Die Messung der <sup>15</sup>N-Anreicherung fand im Isotopenlaboratorium der Universität Göttingen mit einem Massenspektrometer (Finnigan MAT 251) statt und diente der Ermittlung der NH<sub>4</sub>-Stickstoffmenge, die durch Mikroben zur Proteinsynthese verwendet wurde. Aus dieser NH<sub>4</sub>-

Stickstoffmenge ließ sich, unter der Annahme, daß Mikrobenprotein einen N-Gehalt von 8% besitzt, die gebildete Mikrobenmasse (mg/d) errechnen (COENEN, 1988).

Die Messung der während der Fermentation gebildeten **kurzkettigen flüchtigen Fettsäuren (SCFA)** erfolgte mit Hilfe eines Gaschromatographen (Shimadzu GC 14B) mit Flammenionisationsdetektor. Die Konzentration der einzelnen flüchtigen Fettsäuren wurde unter Berücksichtigung eines Korrekturfaktors durch den Vergleich von Peakflächen eines Standardgemisches mit Peakflächen der untersuchten Probe berechnet. Die Chromatographiebedingungen, die Zusammensetzung des benutzten Standardgemisches, sowie die Konzentrationsberechnung der einzelnen flüchtigen Fettsäuren erfolgte nach Verfahren 2 bei DA COSTA GOMEZ (1999). Die zu untersuchende Probe wurde wie folgt für die gaschromatographische Analyse aufbereitet:

1,5 ml Überlaufflüssigkeit (Sammelprobe) wurde 10 min bei 13000 U/min zentrifugiert. Aus dem Überstand wurde 1 ml in ein Eppendorf-Gefäß pipettiert und nach Zugabe von 50 µl Ameisensäure mit internem Standard sowie 150 µl Phosphorsäure erneut 10 min bei 13000 U/min zentrifugiert. Der Überstand wurde abpipettiert und in einer Menge von 1 µl in den Gaschromatographen injiziert.

### 3.3.9.5 Ermittlung des Zearalenongehaltes

Parallel zur Untersuchung der *in vitro*- Verdaulichkeit des Kolben- und Restpflanzenmaterials nach der Cellulasemethode erfolgte im ersten Versuchsjahr 1995 auch eine Untersuchung der beiden Pflanzenfraktionen des 20 Genotypen Tests auf den Gehalt an Zearalenon. Diese Mykotoxinuntersuchung mit Hilfe des RIDASCREEN® Zearalenon Tests der Firma R-Biopharm GmbH, Darmstadt, wurde von Frau Dr. Oldenburg, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig-Völkenrode, durchgeführt.

Bei dem RIDASCREEN® Zearalenon Test handelt es sich um einen kompetitiven Enzymimmunoassay zur quantitativen Bestimmung von Zearalenon in Getreide, Futtermitteln, Bier, Serum und Urin. Das Testprinzip basiert auf einer Antigen-Antikörper-Reaktion. Das Testkit verfügt über einen Mikrotiterstreifen mit spezifischer Antikörperbeschichtung (gegen Zearalenon). Es werden enzymmarkiertes Zearalenon und die Probenlösung zugegeben. Freies und

enzymmarkiertes Zearalenon konkurrieren um die Antikörperbindungsstellen. Nicht gebundenes, enzymmarkiertes Zearalenon wird in einem Waschschrift wieder entfernt. Der Nachweis erfolgt durch Zugabe von Substrat (Harnstoffperoxid) und Chromogen (Tetramethylbenzidin). Das farblose Chromogen wird durch gebundenes Enzymkonjugat in ein blaues Endprodukt umgewandelt, welches durch Zugabe eines Stopp-Reagenz einen Farbumschlag von blau nach gelb erfährt. Anschließend erfolgt eine photometrische Messung bei einer Wellenlänge von 450 nm. Die Extinktion der Lösung ist umgekehrt proportional zur Zearalenonkonzentration in der Probe. Die genaue Vorgehensweise zur Durchführung des Tests ist der RIDASCREEN® Kurzinformation zu entnehmen.

Die ermittelten Zearalenongehalte des Kolbens aus 1995 ließen keine versuchsrelevanten Ergebnisse erkennen, da die Gehalte meist unterhalb der Nachweisgrenze lagen. Die Kolbenproben des darauffolgenden Jahres 1996 wurden deshalb nur stichprobenartig auf Zearalenon untersucht und zeigten vergleichbar geringe Konzentrationen. Die Untersuchungsergebnisse des Restpflanzenmaterials liegen aus den Versuchsjahren 1995 und 1996 vor.

### **3.4 Statistische Auswertung**

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit Hilfe der Prozeduren „ANOVA“ „LINEARE REGRESSION“ bzw. „KORRELATION“ des Computerprogramms „SPSS für Windows 6.1.3“.

Mittelwertdifferenzen wurden durch die Berechnung von Grenzdifferenzen (GD) auf ihre Signifikanz untersucht. Als Irrtumswahrscheinlichkeit für den t-Test wurden 5 % angenommen.

Die Untersuchung auf lineare Beziehungen zwischen verschiedenen Merkmalen erfolgte mittels des Korrelationskoeffizienten nach Pearson. Signifikanzen wurden mit \* =  $p \leq 0,05$  , \*\* =  $p \leq 0,01$  , \*\*\* =  $p \leq 0,001$  entsprechend der Irrtumswahrscheinlichkeit angegeben.

### 3.4.1 Auswertung des 5 Genotypen Tests

Die Daten des 5 Genotypen Tests wurden nach folgendem Modell analysiert. Dabei fanden die Faktoren TS-Gehalt und Fusariumbefall als Kovariaten Berücksichtigung.

$$Y_{ijkl} = \mu + G_i + R_j + W_k + GR_{ij} + GW_{ik} + RW_{jk} + b_1 (TS_{ijkl} - \bar{x} TS) + b_2 (F_{ijkl} - \bar{x} F) + e_{ijkl}$$

$Y_{ijkl}$	=	Beobachtungswert
$\mu$	=	Populationsmittel
$G_i$	=	fixer Effekt des i-ten Genotyps ( $i = 1 - 5$ )
$R_j$	=	fixer Effekt der j-ten Reifephase ( $j = 1 - 4$ )
$W_k$	=	fixer Effekt der k-ten Wiederholung ( $k = 1 - 4$ )
$GR_{ij}$	=	Effekt der Interaktion zwischen dem i-ten Genotyp und der j-ten Reifephase
$GW_{ik}$	=	Effekt der Interaktion zwischen dem i-ten Genotyp und der k-ten Wiederholung
$RW_{jk}$	=	Effekt der Interaktion zwischen der j-ten Reifephase und der k-ten Wiederholung
$b_1$	=	Regression auf einheitlichen TS-Gehalt
$TS_{ijkl}$	=	individueller TS-Gehalt
$\bar{x} TS$	=	mittlerer TS-Gehalt
$b_2$	=	Regression auf einheitlichen Fusariumbefall
$F_{ijkl}$	=	individueller Fusariumbefall
$\bar{x} F$	=	mittlerer Fusariumbefall
$e_{ijkl}$	=	Restfehler

### 3.4.2 Auswertung des 20 Genotypen Tests

Die Daten des 20 Genotypen Tests wurden nach folgendem Modell analysiert. Auch bei diesem Modell wurden die Faktoren TS-Gehalt und Fusariumbefall als Kovariaten berücksichtigt.

$$Y_{ijkl} = \mu + G_i + U_j + W_k + GU_{ij} + GW_{ik} + UW_{jk} + b_1 (TS_{ijkl} - \bar{x} TS) + b_2 (F_{ijkl} - \bar{x} F) + e_{ijkl}$$

$Y_{ijkl}$	=	Beobachtungswert
$\mu$	=	Populationsmittel
$G_i$	=	fixer Effekt des i-ten Genotyps ( $i = 1 - 20$ )
$U_j$	=	fixer Effekt der j-ten Umwelt ( $j = 1 - 14$ )
$W_k$	=	fixer Effekt der k-ten Wiederholung ( $k = 1 - 3$ )
$GU_{ij}$	=	Effekt der Interaktion zwischen dem i-ten Genotyp und der j-ten Umwelt
$GW_{ik}$	=	Effekt der Interaktion zwischen dem i-ten Genotyp und der k-ten Wiederholung
$UW_{jk}$	=	Effekt der Interaktion zwischen der j-ten Umwelt und der k-ten Wiederholung
$b_1$	=	Regression auf einheitlichen TS-Gehalt
$TS_{ijkl}$	=	individueller TS-Gehalt
$\bar{x} \text{ TS}$	=	mittlerer TS-Gehalt
$b_2$	=	Regression auf einheitlichen Fusariumbefall
$F_{ijkl}$	=	individueller Fusariumbefall
$\bar{x} F$	=	mittlerer Fusariumbefall
$e_{ijkl}$	=	Restfehler

### 3.4.3 Auswertung der Untersuchungen am Pansensimulationssystem RUSITEC

Zur Analyse der aus dem RUSITEC-Versuch gewonnenen Daten wurde folgendes Modell verwendet.

$$Y_{ijkl} = \mu + G_i + F_j + W_k + GF_{ij} + GW_{ik} + FW_{jk} + e_{ijkl}$$

$Y_{ijkl}$	=	Beobachtungswert
$\mu$	=	Populationsmittel
$G_i$	=	fixer Effekt des i-ten Genotyps ( $i = 1 - 3$ )
$F_j$	=	fixer Effekt der j-ten Fusariumbefallsstufe ( $j = 1$ : befallen, $2$ : nicht befallen)
$W_k$	=	fixer Effekt der k-ten Wiederholung ( $k = 1 - 3$ )
$GF_{ij}$	=	Effekt der Interaktion zwischen dem i-ten Genotyp und der j-ten Fusariumbefallsstufe

$GW_{ik}$  = Effekt der Interaktion zwischen dem i-ten Genotyp und der k-ten Wiederholung

$FW_{jk}$  = Effekt der Interaktion zwischen der j-ten Fusariumbefallsstufe und der k-ten Wiederholung

$e_{ijkl}$  = Restfehler



## 4 Ergebnisse

Zu den nachfolgend dargestellten Ergebnissen sind zwei Anmerkungen zu machen.

**1. Anmerkung:** Ein wichtiger Prüffaktor des 5 Genotypen Tests war der Faktor „Erntetermin“, durch den Verdaulichkeitsveränderungen im Verlauf der Abreife und mit zunehmendem Fusariumbefallsdruck dokumentiert werden sollten.

Im Verlauf der drei Versuchsjahre erwies es sich als unpraktikabel, alle fünf Sorten zu den durch bestimmte TS-Gehalte definierten Terminen zu ernten (Kap. 3.3.2.1). Es bestanden zwischen den einzelnen Sorten bedingt durch Unterschiede hinsichtlich Abreifeverhalten und Reifegruppenzugehörigkeit größere Differenzen im TS-Gehalt eines Erntetermins. Um alle Maissorten trotzdem hinsichtlich ihrer *in vitro*-Verdaulichkeit über die gesamte Abreifeperiode miteinander vergleichen zu können, wurde die Einteilung in Erntetermine durch eine Einteilung in Reifephasen ersetzt. Diese vier Reifephasen, in die auch die einzelnen Pflanzenfraktionen eingeteilt wurden, wurden durch Ganzpflanzen TS-Bereiche definiert (Tab. 14). Dadurch konnte der Tatsache Rechnung getragen werden, daß die Verdaulichkeit durch den TS-Gehalt beeinflußt wird.

Tab. 14: Einteilung in Reifephasen entsprechend der TS-Gehalte der Ganzpflanze

Reifephase	TS-Gehalt [%] der Ganzpflanze
1	< 28,0%
2	28,0 – 33,9%
3	34,0 – 39,9%
4	> 40,0%

**2. Anmerkung:** Aufgrund von Witterungsbedingungen (Hagelschaden) kam es auf einigen Standorten des 20 Genotypen Tests zu Schwierigkeiten bei der Feldbonitur bzw. Ernte. Auf dem Standort Ostbevern konnte in den Versuchsjahren 1995 und 1997 nicht bonitiert werden; 1997 konnte die Versuchsfläche zusätzlich nicht beerntet werden. Auch von dem Standort Bernburg liegen aus 1995 keine Boniturdaten vor. Um eine unbalancierte Versuchsanordnung zu vermeiden, wurden die beiden Faktoren „Jahr“ und „Standort“ zu dem Faktor „Umwelt“ zusammengefaßt.

## 4.1 Ergebnisse der Feldversuche

Nachfolgend werden die wichtigsten Ergebnisse der Feldversuche des 5 Genotypen Tests und anschließend des 20 Genotypen Tests dargestellt.

### 4.1.1 Ertragsdaten des 5 Genotypen Tests

Die ermittelten Trockenmasseerträge der einzelnen Pflanzenfraktionen sind im Kapitel 8.1 (Anhangtab. 5, 6 und 7) zusammengestellt. Gleiches gilt für die Kolbenanteile (Anhangtab. 8).

#### 4.1.1.1 Trockensubstanzgehalt

Das Pflanzenmaterial wurde zu vier verschiedenen Terminen geerntet. In der Tabelle 15 sind die Trockensubstanzgehalte der Ganzpflanze zu den jeweiligen Ernteterminen dargestellt. Da der vierte Erntetermin im Gegensatz zu den anderen nur aus zwei Versuchsjahren bestand, (der vierte Erntetermin 1997 konnte nicht gewertet werden, da die TS-Gehalte aufgrund von Niederschlägen während der Erntearbeiten verfälscht worden sind) mußte eine separate Grenzdifferenz (GD) berechnet werden.

Tab. 15: Trockensubstanzgehalte [%] der Ganzpflanzen verschiedener Sorten zu den Ernteterminen (1 - 3: Mittel der Jahre 1995 - 1997, 4: Mittel der Jahre 1995 - 1996)

Erntetermin	Sorte					Mittelwert
	501	502	503	504	505	
1	28,0	26,9	29,1	29,8	28,2	28,4
2	34,9	31,4	32,1	35,2	33,1	33,3
3	43,6	36,3	39,4	43,5	41,9	40,9
4	49,5	40,4	44,2	47,7	45,2	45,4
<b>Mittelwert</b>	38,1	33,1	35,5	38,3	36,4	36,3

Erntetermin 1-3: TS-Gehalt GD 5 % (Sorte×Termin): 1,0 %

Erntetermin 4: TS-Gehalt GD 5 % (Sorte×Termin): 1,8 %

Die Grenzdifferenz stellt die kleinste statistisch gesicherte Differenz (hier bei  $p = 5\%$ ) zwischen zwei TS-Werten dar.

Die Sorte 502 besaß zu jedem Erntetermin einen signifikant niedrigeren TS-Gehalt als die vier übrigen Sorten. Auch der Trockensubstanzgehalt der Ganzpflanze von Sorte 503 war vergleichsweise niedrig, was allerdings nicht auf den TS-Gehalt des Kolbens (vgl. Tab. 16), sondern offensichtlich auf den TS-Gehalt der Restpflanze zurückzuführen war.

Aus der sortenspezifischen Auflistung der Kolbentrockensubstanzgehalte (Tab. 16) geht deutlich die von den anderen Sorten abweichende Reifegruppenzugehörigkeit von 502 hervor. Die Sorten 501, 503, 504 und 505 besaßen besonders zum zweiten Erntetermin, aber auch im Mittelwert über alle vier Termine, bis auf eine Ausnahme stets signifikant höhere Trockensubstanzgehalte als die mittelfrüh einzustufende Sorte 502.

Tab. 16: Trockensubstanzgehalte [%] der Kolben verschiedener Maissorten zu den vier Ernteterminen (1 - 3: Mittel der Jahre 1995 - 1997, 4: Mittel der Jahre 1995 - 1996)

Erntetermin	Sorte					Mittelwert
	501	502	503	504	505	
1	44,6	42,9	48,5	48,1	44,1	45,6
2	54,1	51,4	55,9	54,2	53,3	53,8
3	58,3	55,4	60,3	56,8	57,1	57,6
4	60,6	56,0	61,5	57,1	58,4	58,7
<b>Mittelwert</b>	53,8	51,0	56,1	53,8	52,8	53,5

Erntetermin 1-3: Kolbentrockensubstanzgehalt GD 5 % (Sorte $\times$ Termin): 1,0 %

Erntetermin 4: Kolbentrockensubstanzgehalt GD 5 % (Sorte $\times$ Termin): 1,5 %

#### 4.1.1.2 Fusariumbefall

Tabelle 17 gibt einen Überblick über das Fusariumbefallsniveau der drei Versuchsjahre. 1995 war der Befallsdruck aufgrund der Standortbedingungen, aber auch wegen des trockenen und heißen Sommers als sehr gering einzustufen. Im zweiten Versuchsjahr zeigte sich zu den frühen Ernteterminen trotz des Standortwechsels (Kap. 3.2.1.1) ebenfalls nur ein geringer Fusariumbefall, der

jedoch mit zunehmender Abreife deutlich stärker wurde. 1997 war dagegen ab dem zweiten Erntetermin ein relativ starker Fusariumbefall festzustellen.

Die einzelnen Sorten zeigen eine deutliche Differenzierung hinsichtlich des Fusariumbefalls. Die Sorten 502 und 503 blieben über alle Jahre und Erntetermine weitgehend befallsfrei. Dagegen fielen 501 und 504 durch eine stärkere Fusariumanfälligkeit auf, die 1997 bereits zum zweiten Erntetermin erkennbar war. Zum letzten Erntetermin jedes Versuchsjahres war jedoch 501 immer stärker befallen als 504. Die Sorte 505 verhielt sich nicht ganz eindeutig. Während 1995 bei geringem Befallsdruck fast kein Fusariumbefall bonitiert wurde, zeigte 505 in den darauffolgenden Jahren, insbesondere 1996 zu den letzten beiden Ernteterminen eine starke Anfälligkeit.

Tab. 17: Fusariumbefall [% befallene Pflanzen pro Versuchsparzelle] der Maissorten im Verlauf der Abreife der einzelnen Versuchsjahre

Sorte	Jahr	1. Termin	2. Termin	3. Termin	4. Termin	Mittelwert
501	1995	0,0	0,0	13,0	27,0	16,2
	1996	0,0	1,0	11,0	54,0	
	1997	2,8	14,5	31,8	39,5	
502	1995	0,0	0,0	0,8	1,8	1,1
	1996	0,0	0,0	2,0	2,0	
	1997	0,8	1,8	2,0	2,3	
503	1995	0,0	0,0	0,0	0,5	0,6
	1996	0,0	0,3	0,5	4,5	
	1997	0,0	0,5	0,0	0,5	
504	1995	0,0	0,0	10,0	21,0	11,9
	1996	0,0	0,8	7,5	25,0	
	1997	4,0	17,3	26,0	31,3	
505	1995	0,0	0,0	2,5	3,8	10,0
	1996	0,0	0,8	10,5	58,0	
	1997	0,3	7,0	15,3	22,0	
<b>Mittelwert</b>		0,5	2,9	8,8	19,5	7,9

Fusariumbefall GD 5 % (Sorte × Termin × Jahr): 7,2 %

#### 4.1.2 Ertragsdaten des 20 Genotypen Tests

Die ermittelten Daten zum Trockenmasseertrag der einzelnen Maissorten bzw. Standorte sowie die Kolbenanteile können den Anhangtabellen 19, 20, 21 und 22 (Kap. 8.2) entnommen werden.

##### 4.1.2.1 Trockensubstanzgehalt

Das Pflanzenmaterial wurde auf den fünf Standorten getrennt nach Kolben und Restpflanze sowie als ganze Pflanze geerntet. Die Ernte erfolgte in den drei Versuchsjahren bei TS-Gehalten der Ganzpflanze zwischen 30,4 % und 45,9 % (Tab. 18).

Tab. 18: Trockensubstanzgehalte der Ganzpflanze [GTS %] zum Erntezeitpunkt in den drei Versuchsjahren und auf den verschiedenen Standorten (Mittelwert über die Faktoren Sorte und Wiederholung)

<b>Standort</b>	<b>GTS (%) 1995</b>	<b>GTS (%) 1996</b>	<b>GTS (%) 1997</b>
Merklingsen	43,5	38,4	42,5
Grucking	39,2	35,3	38,5
Löningen	41,2	30,4	45,9
Bernburg	keine Angaben	31,1	40,8
Ostbevern	39,5	32,0	keine Beerntung

GD GTS 5 % (Umwelt): 0,8 %

Auf allen Standorten war im Jahre 1996 ein deutlicher Einfluß der Witterung zu erkennen. Durch die kühle und feuchte Witterung reifte der Mais sehr viel später ab als in den anderen beiden Versuchsjahren (vgl. auch Abb. 2, 3 und 4 zum Witterungsverlauf in den Versuchsjahren).

Die Sortenmittelwerte der TS-Gehalte der Ganzpflanze (GTS), dargestellt in Abbildung 7, variierten von 33,7 % (2016) bis 43,0 % (2009). Die Sortierung der 20 Maissorten erfolgte nach steigendem GTS Mittelwert. Die daraus resultierende Rangierung entspricht in etwa der Einstufung der Maissorten nach der Silomaisreifezahl.

Zwischen den Faktoren Sorte  $\times$  Umwelt war eine signifikante Wechselwirkung festzustellen. Es bestanden demnach Unterschiede in der Sortenrangierung hinsichtlich des TS-Gehaltes der Ganzpflanze in den verschiedenen Umwelten. Die konkreten Daten zu den GTS-Gehalten der jeweiligen Umwelt sind der Anhangtabelle 16 zu entnehmen. Es wird deutlich, daß in jeder Umwelt kleinere Verschiebungen hinsichtlich der Rangierung einzelner Maissorten vorkamen, jedoch waren die „Extrem“-Sorten stets dieselben. Hinsichtlich der unterschiedlichen Ganzpflanzen TS-Gehalte war keine Gesetzmäßigkeit festzustellen, d.h. es konnte nicht festgestellt werden, daß beispielsweise Standorte mit hohem Fusariumbefallsdruck oder spät beerntete Standorte Abweichungen in der Sortenrangierung zeigten. Aus der Anhangtabelle 16 ist ebenfalls ersichtlich, daß in den einzelnen Umwelten zu relativ unterschiedlichen Reifestadien geerntet wurde. Ausgehend vom Umweltmittelwert (30,4 % GTS) wurde 1996 in Löningen zum frühesten und auf demselben Standort im Jahre 1997 zum spätesten Reifestadium geerntet (Umweltmittelwert: 45,9 % GTS).

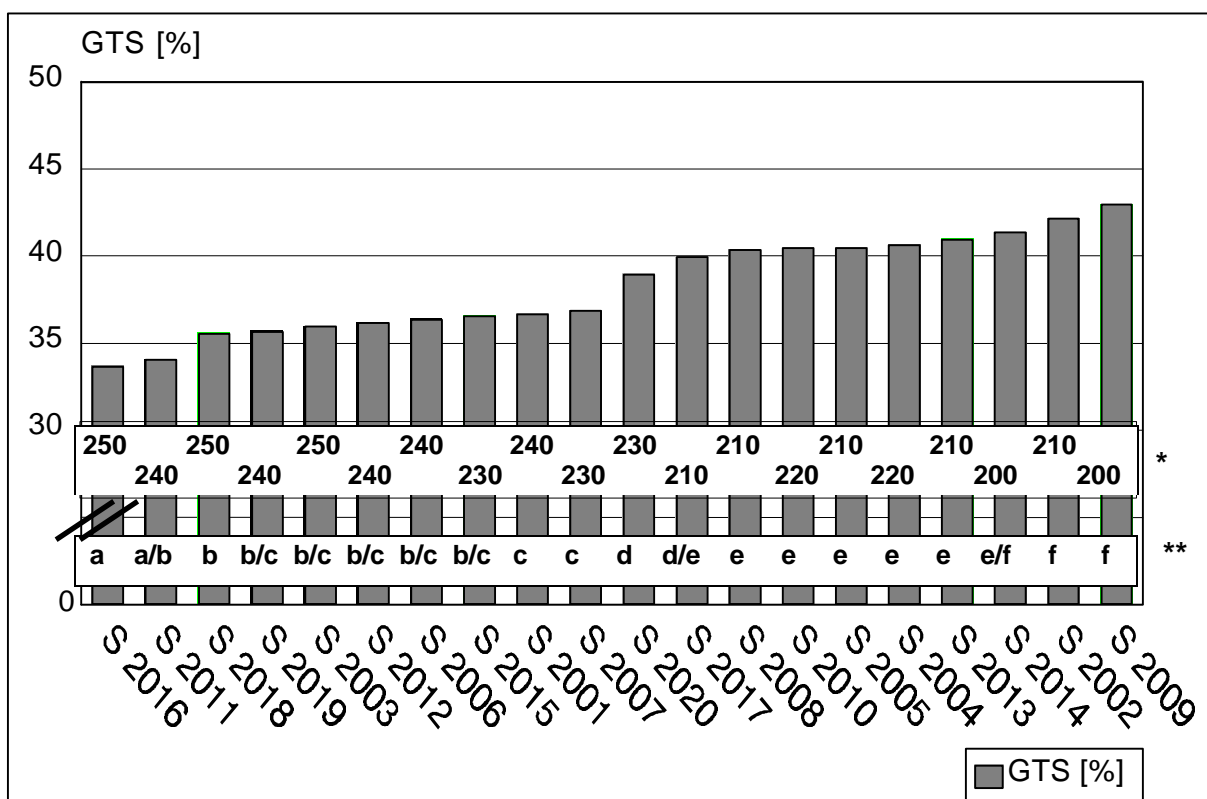


Abb. 7: Trockensubstanzgehalte [%] der Ganzpflanze verschiedener Maissorten sowie Angabe der Reifezahlen für Silomais\*; Mittelwerte über die Faktoren Umwelt und Wiederholung

\*Quelle: MILTNER & RATH, 1998

\*\* unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Differenzen ( $p = 5\%$ ) zwischen den Sorten

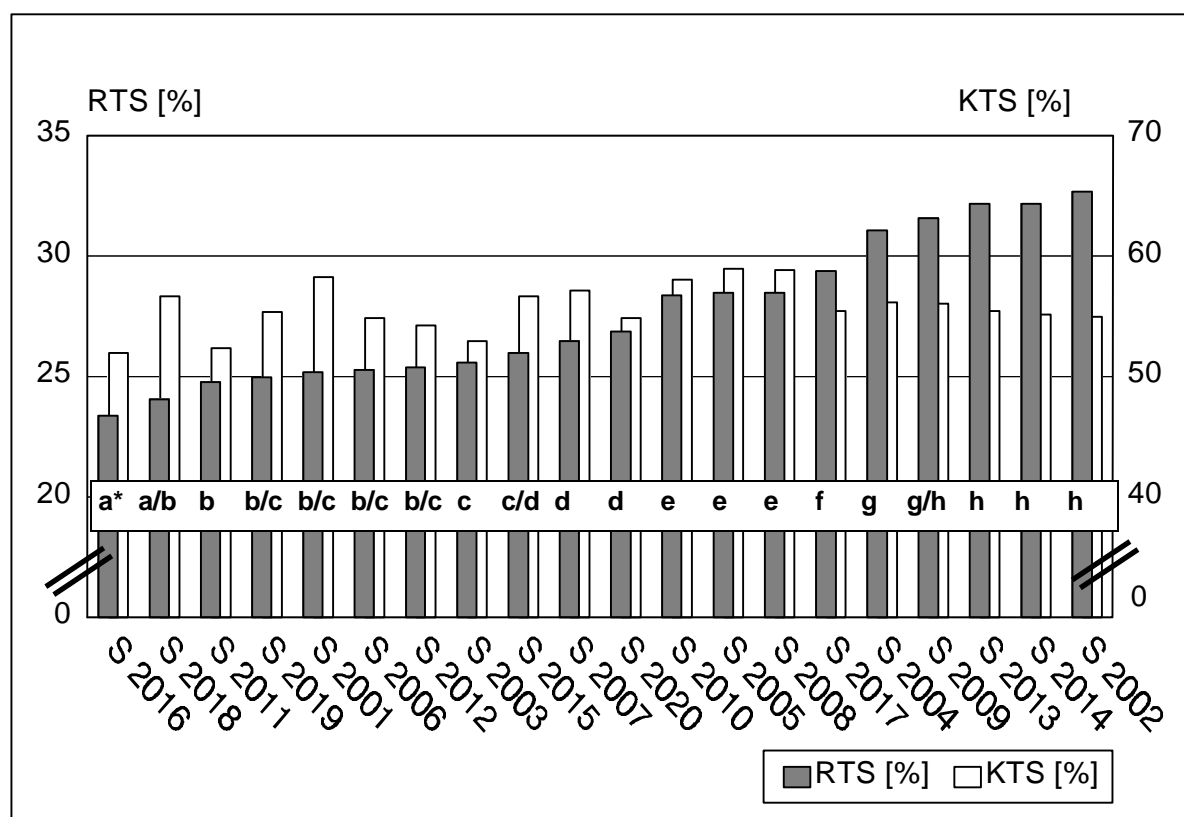


Abb. 8: Trockensubstanzgehalte von Kolben [% KTS] und Restpflanze [% RTS] der 20 Maissorten, Mittelwerte über die Faktoren Umwelt und Wiederholung

\* unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Differenzen ( $p = 5\%$ ) zwischen dem Restpflanzen TS-Gehalt der Sorten

Die Trockensubstanzgehalte der Restpflanze (RTS) lagen im Mittel (Abb. 8) über den Faktoren Umwelt und Wiederholung zwischen 23,4 % (2016) und 32,7 % (2002).

Die Sorten, die die höchsten RTS-Gehalte aufwiesen (2002, 2014, 2013, 2009 und 2004) waren gleichzeitig auch die Sorten mit den höchsten KTS-Gehalten (Abb. 7). Bei dem Merkmal RTS-Gehalt setzten sie sich deutlich vom Mittelfeld ab. Vergleichbar konstant verhielten sich die weniger weit abgereiften Sorten 2016, 2011 und 2018, die in den Abbildungen 7 und 8 in etwa ähnlich positioniert sind.

Die größten Differenzen im Kolbentrockensubstanzgehalt (KTS) waren im Mittel (Abb. 8) zwischen den Sorten 2016 (52,0%) und 2005 (59,0%) zu finden. Zwischen den Trockensubstanzgehalten der beiden untersuchten Pflanzenfraktionen (Restpflanze und Kolben) bestand kein Zusammenhang. Es gab Maissorten mit schnell abreifender Restpflanze und mittelhohem KTS-Gehalt wie 2002, 2014, 2013, 2009 und 2004. Sorten, wie 2020, 2003, 2005, 2010 und 2008 reiften relativ gleichmäßig im Kolben und in der Restpflanze ab. 2016, 2018, 2011, 2019, 2001, 2015 und 2007 waren nach den vorliegenden Ergebnissen als „Stay-Green“-Typen einzustufen. Diese Sorten besaßen eine länger grünbleibende Restpflanze, während

der Kolben schon relativ hohe TS-Gehalte hatte, also schon stärker abgereift war. Auch bei den TS-Gehalten von Kolben und Restpflanzen (Anhangtabellen 17 und 18) gab es signifikante Wechselwirkungen zwischen den Faktoren Umwelt und Sorte. Da nicht auf jedem Standort jede Sorte im gleichen Reifestadium geerntet wurde, waren Verschiebungen in der Sortenrangierung zu erkennen.

#### 4.1.2.2 Fusariumbefall

Die 20 untersuchten Maissorten zeigten eine deutliche Varianz hinsichtlich der Anfälligkeit für Pilze der Gattung *Fusarium* (vgl. Tab. 19 und Anhangtab. 23).

Die geringste Anfälligkeit in allen Umwelten (maximal 1,3 % befallene Pflanzen nach „Daumendruck“- Bonitur) wiesen 2018 und 2011 auf. Ebenfalls sehr wenig anfällig waren die Sorten 2007, 2016, 2006, 2005 und 2019 (maximal 5 % Befall). Eine stärkere Anfälligkeit (Durchschnitt über alle Umwelten 17,3 % bis 22,3 % Befall) wurde bei den Sorten 2009, 2014, 2002, 2004 und 2013 bonitiert, wobei die Umweltabhängigkeit der Befallsstärke besonders deutlich wurde. Während diese hochanfälligen Sorten auf dem Standort Ostbevern in den Jahren 1995 und 1996 keine Befallssymptome zeigten (1997 konnte aufgrund eines Hagelschadens weder bonitiert noch geerntet werden), war 1995 in Grucking und Löningen in etwa jede zweite Pflanze infiziert (2009: 52,6 % bzw. 55,7 %, 2002: 48,9 % bzw. 45,3 %, 2013: 67,4 % bzw. 54,7 %). In den Jahren 1996 und 1997 war der mittlere Befall auf beiden Standorten geringer als im ersten Versuchsjahr. Die Sorte 2003 zeigte auf allen Standorten eine niedrige bis mittlere Fusariumanfälligkeit, lediglich 1995 wurde in Löningen eine Befallsstärke von 42 % ermittelt.

Zu dem untersuchten Sortiment zählten insgesamt neun Sorten der frühen Reifegruppe. Die fünf Genotypen dieser Gruppe (2002, 2014, 2013, 2009 und 2004) mit den höchsten RTS-Gehalten (vgl. Abb. 8) besaßen gleichzeitig die größte Fusariumanfälligkeit (im Mittel 17,3 % bis 22,3 % Befall nach Bonitur). Die übrigen frühen Sorten waren bezüglich ihrer Fusariumanfälligkeit vergleichbar mit den Sorten der mittelfrühen Reifegruppe. Abgesehen von 2010 lag die Befallsstärke deutlich unter 5 Prozent. Die Sorte 2010 (mittlerer Befall 5,1 %) zeigte in den verschiedenen Umwelten eine unterschiedliche Reaktion. In Grucking 1995 und Bernburg 1996 war



eine mittelstarke Anfälligkeit zu erkennen (22,2 % bzw. 14,3 % Befall), in den übrigen Umwelten wurde kein bzw. nur ein geringer Befall bonitiert.

Tab. 19: Fusariumbefall [% befallene Pflanzen] der verschiedenen Maissorten, Mittelwert über alle Umwelten und Variationsbreiten

	<b>Sorte</b>	<b>Ergebnisse der Fusariumbonitur</b>
		Mittelwert (Variationsbreite)
<b>frühe Reifegruppe</b>	2002	22,3 (0,0 - 55,3)
	2004	17,3 (0,0 - 41,3)
	2005	0,9 (0,0 - 3,4)
	2008	1,6 (0,0 - 1,6)
	2009	19,7 (0,0 - 55,7)
	2010	5,1 (0,0 - 22,2)
	2013	17,8 (0,0 - 67,4)
	2014	19,2 (0,0 - 19,2)
	2017	2,7 (0,0 - 2,7)
	2019	0,5 (0,0 - 2,0)
<b>mittelfrühe Reifegruppe</b>	2001	3,0 (0,0 - 15,6)
	2003	6,7 (0,0 - 42,0)
	2006	1,5 (0,0 - 5,0)
	2007	0,8 (0,0 - 2,7)
	2011	0,3 (0,0 - 1,3)
	2012	0,9 (0,0 - 6,1)
	2015	3,7 (0,0 - 12,3)
	2016	1,0 (0,0 - 3,9)
	2018	0,4 (0,0 - 1,1)
	2020	4,9 (0,0 - 14,0)

## 4.2 Ergebnisse der Laboruntersuchungen

Dem Versuchsaufbau entsprechend werden nachfolgend die Ergebnisse des 5 bzw. 20 Genotypen Tests separat besprochen. Die in der Regel angegebenen Mittelwerte wurden aus Einzelwerten berechnet, die in den jeweiligen Anhangtabellen (Kap. 8.1 bzw. 8.2) zu finden sind.

#### 4.2.1 Laborergebnisse des 5 Genotypen Tests

In der Tabelle 20 sind die Ergebnisse der Varianzanalyse für die Merkmale des 5 Genotypen Tests aufgezeigt. Die unabhängige Variable Genotyp übte demnach einen signifikanten Einfluß auf die Cellulaseverdaulichkeit aller Pflanzenfraktionen und der Ganzpflanze aus.

Auch die geschätzte Verdaulichkeit der Ganzpflanze nach NIRS wurde durch diesen Faktor signifikant beeinflusst. Unbeeinflusst vom Genotyp blieb hingegen die Cellulaseaktivität im unteren und oberen Stengelabschnitt. Als weitere unabhängige Variable besaß das Reifestadium als Faktor einen signifikanten Effekt auf alle untersuchten Merkmale, während von der Wiederholung kein Einfluß auf eines der Merkmale ausging. Dasselbe gilt für alle Interaktionen zwischen diesen drei fixen Effekten. Eine Ausnahme zeigte sich in dieser Hinsicht nur bei dem Merkmal Cellulaseverdaulichkeit des Kolbens: hier konnte eine signifikante Wechselwirkung zwischen Genotyp und Reifestadium festgestellt werden. Außer bei dem Merkmal Cellulaseverdaulichkeit des Kolbens war der TS-Gehalt immer ein signifikanter Einflußfaktor. Der Fusariumbefall, der ebenso wie der TS-Gehalt als Kovariate berücksichtigt wurde, besaß einen signifikanten Einfluß auf die Cellulaseverdaulichkeit des oberen Stengelabschnittes, auf die NIRS Ergebnisse sowie auf die Cellulaseaktivität im unteren Stengelabschnitt.

Tab. 20: Ergebnisse der Varianzanalyse für die untersuchten Merkmale des 5 Genotypen Tests

Merkmal	Einflussfaktoren			Interaktionen			Kovariaten	
	Genotyp	Reife- stadium	Wieder- holung	G x R	G x W	R x W	TS-Gehalt	Fusarium- befall
<b>Cellulaseverdaulichkeit</b> [% DOMD d. TM]								
• Kolben	***	***	n.S.	*	n.S.	n.S.	n.S.	n.S.
• unterer Stengelabschnitt	***	***	n.S.	n.S.	n.S.	n.S.	***	n.S.
• oberer Stengelabschnitt	**	*	n.S.	n.S.	n.S.	n.S.	***	*
• Ganzpflanze	***	*	n.S.	n.S.	n.S.	n.S.	***	n.S.
<b>NIRS [% ELOS d. TM]</b>								
• Ganzpflanze	***	***	n.S.	n.S.	n.S.	n.S.	***	***
<b>Cellulaseaktivität [U]</b>								
• unterer Stengelabschnitt	n.S.	*	n.S.	n.S.	n.S.	n.S.	*	***
• oberer Stengelabschnitt	n.S.	***	n.S.	n.S.	n.S.	n.S.	***	n.S.

\*\*\* =  $p \leq 0,001$ ; \*\* =  $p \leq 0,01$ ; \* =  $p \leq 0,05$ ; n.s. = nicht signifikant

G = Genotyp,

R = Reifephase,

W = Wiederholung

Der Einfluß des Genotyps auf die Merkmale des 5 Genotypen Tests ist in der Tabelle 21 aufgezeigt.

Tab. 21: Mittelwerte der Merkmale des 5 Genotypen Tests, deren Varianz signifikant durch den Faktor Genotyp beeinflusst wurde

Merkmal	Genotyp					n
	501	502	503	504	505	
<b>Cellulaseverdaulichkeit</b> [ $\bar{x}$ % d. TM]						
• Kolben	85,3 <sup>b</sup>	85,5 <sup>b</sup>	84,1 <sup>a</sup>	84,7 <sup>ab</sup>	84,4 <sup>ab</sup>	240
• unterer Stengel	49,2 <sup>a</sup>	51,5 <sup>b</sup>	50,2 <sup>ab</sup>	51,7 <sup>b</sup>	48,3 <sup>a</sup>	239
• oberer Stengel	49,9 <sup>a</sup>	52,7 <sup>b</sup>	50,4 <sup>a</sup>	50,8 <sup>a</sup>	49,4 <sup>a</sup>	240
• Ganzpflanze	63,9 <sup>a</sup>	66,7 <sup>b</sup>	63,3 <sup>a</sup>	67,0 <sup>b</sup>	63,6 <sup>a</sup>	240
<b>NIRS</b> [ $\bar{x}$ % d. TM] Ganzpflanze	63,6 <sup>ab</sup>	66,7 <sup>b</sup>	64,2 <sup>ab</sup>	67,4 <sup>b</sup>	63,5 <sup>a</sup>	231

Mittelwerte mit ungleichen Hochbuchstaben innerhalb einer Zeile unterscheiden sich nach Berechnung der Grenzdifferenzen ( $p = 5\%$ ) signifikant voneinander.

Die Kolben der Genotypen 501 und 502 besaßen im Mittel die höchste Cellulaseverdaulichkeit und unterschieden sich signifikant von 503. Die maximale Differenz betrug jedoch lediglich 1,4%. Ausgeprägter waren die Sortenunterschiede in der Cellulaseverdaulichkeit der beiden Restpflanzenfraktionen. Im Bereich des unteren wie auch des oberen Stengelabschnittes war die Cellulaseverdaulichkeit der Genotypen 502 und 504 am höchsten. Eine ebenfalls vergleichsweise hohe Cellulaseverdaulichkeit besaß 503, während 501 und 505 insbesondere im unteren Stengelabschnitt eine signifikant schlechtere Cellulaseverdaulichkeit aufwiesen.

Die Ergebnisse zur Verdaulichkeitsschätzung der Ganzpflanze der verschiedenen Sorten zeigte eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den beiden Methoden (naßchemisch bzw. NIRS). Die Sortenrangierung und die Sortenmittelwerte waren fast identisch, lediglich der Genotyp 503 wurde nach der Cellulasemethode als signifikant schlechter verdaulich ermittelt als die beiden höher verdaulichen Genotypen 502 und 504. Nach den NIRS Daten konnte diese Signifikanz nicht berechnet werden.

Der Einfluß der Reifephase auf die untersuchten Merkmale des 5 Genotypen Tests geht aus der Tabelle 22 hervor. Das Kolbenmaterial besaß im Mittel zur zweiten und

dritten Reifephase ein Verdaulichkeitsmaximum, jedoch ist die signifikante Interaktion (Genotyp  $\times$  Reifephase) zu berücksichtigen (vgl. Abb. 9).

Tab. 22: Mittelwerte der Merkmale des 5 Genotypen Tests, deren Varianz signifikant durch den Faktor Reifephase beeinflusst wurde

Merkmal	Reifephase				n
	1	2	3	4	
<b>Cellulaseverdaulichkeit</b> [ $\bar{x}$ % d. TM]					
• Kolben	84,2 <sup>a</sup>	85,4 <sup>b</sup>	85,0 <sup>b</sup>	84,4 <sup>ab</sup>	220
• unterer Stengel	53,0 <sup>c</sup>	50,6 <sup>b</sup>	50,4 <sup>b</sup>	47,7 <sup>a</sup>	219
• oberer Stengel	52,9 <sup>c</sup>	51,2 <sup>b</sup>	50,9 <sup>b</sup>	48,5 <sup>a</sup>	220
• Ganzpflanze	64,5 <sup>ab</sup>	63,3 <sup>a</sup>	64,1 <sup>ab</sup>	66,3 <sup>b</sup>	220
<b>NIRS</b> [ $\bar{x}$ % d. TM]					
Ganzpflanze	64,1 <sup>a</sup>	62,4 <sup>a</sup>	63,8 <sup>a</sup>	67,8 <sup>b</sup>	211
<b>Cellulaseaktivität</b> [ $\bar{x}$ U]					
• unterer Stengel	19,8 <sup>ab</sup>	14,7 <sup>a</sup>	21,2 <sup>ab</sup>	25,5 <sup>b</sup>	215
• oberer Stengel	29,6 <sup>a</sup>	25,6 <sup>a</sup>	27,9 <sup>a</sup>	32,0 <sup>a</sup>	216

Mittelwerte mit ungleichen Hochbuchstaben innerhalb einer Zeile unterscheiden sich nach Berechnung der Grenzdifferenzen ( $p = 5\%$ ) signifikant voneinander.

Bei beiden Restpflanzenfraktionen war eine deutliche, signifikante Reduktion der Cellulaseverdaulichkeit im Verlauf der Abreife zu erkennen. Bei dem Ganzpflanzenmaterial bestand wiederum übereinstimmend nach beiden Untersuchungsmethoden (Cellulasemethode bzw. NIRS) zu der ersten, zweiten und dritten Reifephase kein signifikanter Unterschied in der geschätzten Verdaulichkeit. Erst zur vierten Reifephase war eine signifikante Zunahme zu erkennen. Diese höhere geschätzte Verdaulichkeit war vermutlich auf den zunehmenden Kolbenanteil zum Ende der Abreifephase zurückzuführen.

Hinsichtlich des Merkmals Cellulaseaktivität war bei beiden Restpflanzenfraktionen eine Zunahme nachzuweisen. Im unteren Stengelabschnitt war die Cellulaseaktivität zur vierten Reifephase signifikant höher, im oberen Stengelabschnitt zeichnete sich diesbezüglich lediglich eine Tendenz ab. Auffällig war der tendenzielle Rückgang der Cellulaseaktivität zur zweiten Reifephase in beiden Pflanzenfraktionen (Tab. 22). Die

Cellulaseaktivität war in jeder Reifephase im oberen Stengelabschnitt höher als im unteren.

Die Abbildung 9 stellt die Wechselwirkung zwischen den Faktoren Genotyp und Reifephase für das Merkmal Cellulaseverdaulichkeit des Kolbens dar.

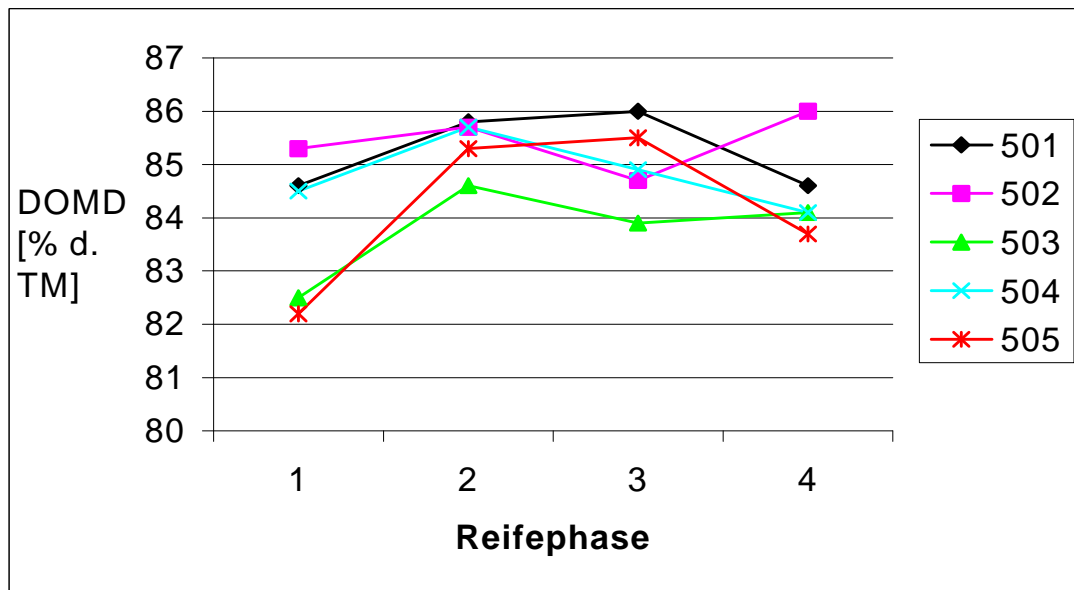


Abb. 9: Interaktion zwischen Genotyp und Reifephase bezüglich des Merkmals Cellulaseverdaulichkeit des Kolbens

Es wird deutlich, daß die Cellulaseverdaulichkeit der Kolben der fünf Genotypen im Verlauf der Abreife nicht gleichgerichtet war. 501 und 505 zeigten zur 2. und 3. Reifephase ein Optimum, zur vierten Reifephase verringerte sich die Cellulaseverdaulichkeit des Kolbens sehr stark. Diese Reduktion war bei den Genotypen 502, 503 und 504 bereits zur dritten Reifephase festzustellen. Bei 502 war im Gegensatz zu allen anderen Genotypen zur 4. Reifephase wieder eine deutliche Zunahme der Cellulaseverdaulichkeit zu erkennen.

Zwischen den anderen Faktoren des Versuchs wurden keine signifikanten Interaktionen festgestellt.

Der Einfluß des als Kovariate berücksichtigten Faktors Fusariumbefall auf die Cellulaseverdaulichkeit des oberen Stengelabschnittes und die *in vitro*-Verdaulichkeit der Ganzpflanze nach NIRS ist den graphischen Darstellungen 10 bzw. 11 zu entnehmen.

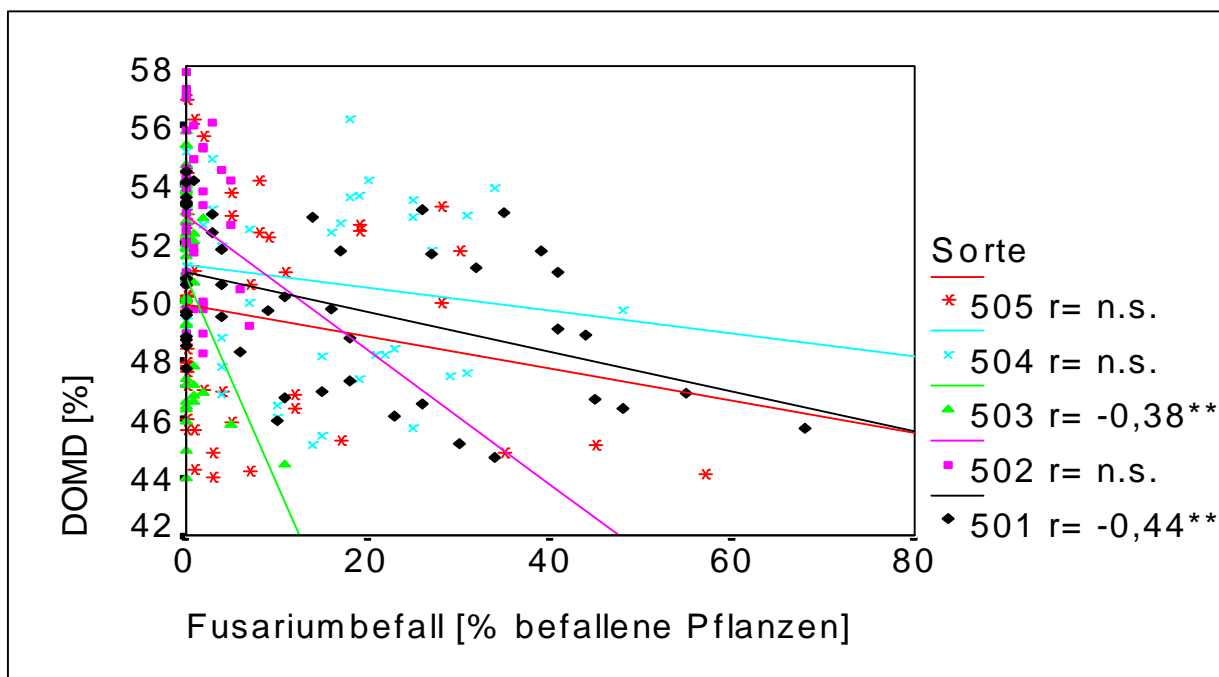


Abb. 10: Korrelation ( $r$ ) zwischen der Cellulaseverdaulichkeit [% DOMD] des oberen Stengelabschnittes und dem Fusariumbefall der Maissorten ( $n=240$ )

In der Fraktion „oberer Stengelabschnitt“ erwies sich der Fusariumbefall bei den Sorten 501 und 503 als signifikanter Einfluß auf die *in vitro*-Verdaulichkeit, in der Tendenz war bei allen Sorten eine negative Korrelation zwischen dem Fusariumbefall und der *in vitro*-Verdaulichkeit festzustellen.

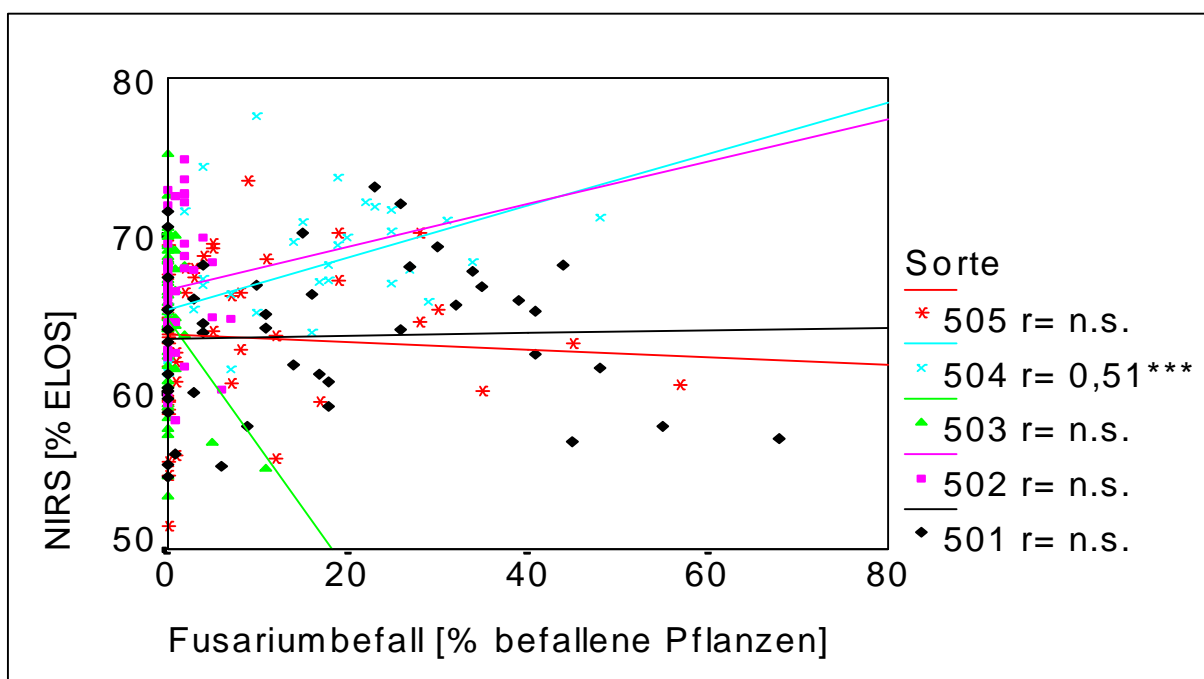


Abb. 11: Korrelation ( $r$ ) zwischen der geschätzten Verdaulichkeit der Ganzpflanze [% ELOS nach NIRS] und dem Fusariumbefall der Maissorten ( $n=231$ )

Hinsichtlich der *in vitro*- Verdaulichkeit der Ganzpflanze ermittelt nach NIRS war bei den untersuchten Sorten ein unterschiedlicher Effekt zu erkennen. Statistisch abzusichern war die Beziehung mit  $r= 0,51^{***}$  lediglich bei der Sorte 504.

#### 4.2.2 Ergebnisvergleich der verschiedenen methodischen Ansätze

Im Rahmen des 5 Genotypen Tests kamen verschiedene methodische Ansätze hinsichtlich Verdaulichkeitsschätzung der Mais-Ganzpflanze (*in vitro*, mittels der Cellulasemethode nach DE BOEVER et al. (1986) bzw. mittels Nahinfrarotreflexionsspektroskopie) sowie des Fusariumbefalls (Feldbonitur bzw. Bestimmung der Cellulaseaktivität modifiziert nach WOLF & WIRTH, 1992) zum Einsatz. Nachfolgend werden die Daten anhand von Korrelationsanalysen auf Konformität überprüft.

##### 4.2.2.1 Ergebnisvergleich der angewendeten Methoden zur Schätzung der Verdaulichkeit

Ein direkter Vergleich der beiden Methoden (Cellulasemethode bzw. NIRS) ermöglicht Aussagen über die Schätzgenauigkeit der NIRS. Dieser Ergebnisvergleich konnte nur auf der Datenbasis des Ganzpflanzenmaterials vorgenommen werden, da für die einzelnen Pflanzenfraktionen zum Untersuchungszeitpunkt noch keine NIRS Kalibrierung existierte.

In der Tabelle 23 ist ein Vergleich der geschätzten Verdaulichkeitsergebnisse nach NIRS bzw. nach der Cellulasemethode dargestellt.

Tab. 23: Vergleich der Methoden zur Verdaulichkeitsschätzung  
(Mittelwert über alle Faktoren)

<b>Methode</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>s</b>	<b>Differenz zum NIRS Mittelwert</b>	<b>Korrelationskoeffizient</b>	<b>n</b>
Cellulasemethode	64,89 % (d. TS)	4,03	- 0,10 %	$r= 0,80^{***}$	231
NIRS	64,99 % (d. TS)	4,83			

\*\*\* =  $p < 0,001$



Diese Gegenüberstellung zeigt, daß die Schätzergebnisse zur Verdaulichkeit nach beiden Methoden im Mittel in etwa identisch waren. Der Korrelationskoeffizient ( $r$ ) betrug  $0,80^{***}$ .

Bei einer differenzierten Betrachtung nach Versuchsjahren (Tab. 24) wurde deutlich, daß die Korrelationen in den drei Jahren zwar stets hoch signifikant, aber unterschiedlich stark waren. Der stärkste Zusammenhang zwischen den beiden Verdaulichkeitsschätzwerten war im Jahre 1995 zu finden.

Tab. 24: Korrelationenkoeffizient ( $r$ ) zwischen der NIRS- und der Cellulasemethode zur Verdaulichkeitsschätzung in den einzelnen Versuchsjahren

Jahr	$r$ (NIRS / DOMD)	n
1995	$0,89^{***}$	80
1996	$0,71^{***}$	71
1997	$0,64^{***}$	80

$*** = p < 0,001$

Auch bei der Betrachtung des Datenmaterials unter dem Aspekt der Reifephasen (Tab. 25) konnte zwischen den DOMD-Werten und den NIRS Ergebnissen zu jeder Reifephase eine hoch signifikante Korrelation von  $r = 0,69^{***}$  bis  $r = 0,82^{***}$  festgestellt werden.

Der mittlere Verdaulichkeitsschätzwert des Ganzpflanzenmaterials wurde bei der Einteilung nach Reifephasen von beiden Methoden ähnlich bewertet. Bei einem GTS-Gehalt von 28,0 % bis 33,9 % (Reifephase 2) war die geschätzte Verdaulichkeit der Ganzpflanze am niedrigsten und bei der weiteren Abreife in den Reifephasen 3 und 4 wieder ansteigend.

Tab. 25: Vergleich der Ergebnisse nach NIRS- und nach der Cellulasemethode unter Berücksichtigung der Reifephasen

Reifephase	$\bar{x}$ NIRS (%)	s	$\bar{x}$ DOMD (%)	s	$r$ (DOMD/NIRS)
1	64,1	3,30	64,5	3,24	$r = 0,77^{***}$
2	62,4	4,36	63,3	4,22	$r = 0,82^{***}$
3	63,8	4,51	64,1	4,36	$r = 0,69^{***}$
4	67,8	4,81	66,3	4,37	$r = 0,80^{***}$

NIRS GD 5 % (Reifephase): 2,6 %

DOMD GD 5 % (Reifephase): 2,2 %

$*** = p < 0,001$

Die untersuchten Maissorten wurden je nach Analysenmethode leicht unterschiedlich bewertet (Tab. 26). Nach den Berechnungen aus der Cellulasemethode und aus der NIRS-Analyse unterschieden sich 502 und 504 nicht signifikant voneinander und waren signifikant höher verdaulich als 501, 505 und 503. Beide Methoden zur Schätzung der Verdaulichkeit wiesen übereinstimmend keine signifikanten Differenzen zwischen den Sorten 501, 505 und 503 aus. Die NIRS Werte deuteten tendenziell auf eine Höhverdaulichkeit der Sorte 503 im Vergleich zu 501 und 505, während 503, nach den DOMD Daten zu urteilen, tendenziell ein wenig niedriger verdaulich war als 501 und 505.

Tab. 26: Einfluß des Faktors Sorte auf die Ergebnisse der NIRS- und der Cellulasemethode ( $\bar{x}$  aus den Ernteterminen und Jahren)

Genotyp	$\bar{x}$ NIRS (%)	s	$\bar{x}$ DOMD (%)	s	r (DOMD/NIRS)
501	63,6	4,72	63,9	3,54	0,70 ***
502	66,7	4,05	66,7	3,33	0,73 ***
503	64,2	5,31	63,3	4,14	0,84 ***
504	67,4	3,97	67,0	3,44	0,73 ***
505	63,5	4,71	63,6	4,11	0,83 ***

NIRS GD 5 % (Sorte): 2,5%

DOMD GD 5 % (Sorte): 0,9%

\*\*\* =  $p < 0,001$

Unterschiede zwischen den Sorten waren auch in der Stärke der Korrelation zwischen den Verdaulichkeitsschätzwerten nach der Cellulasemethode und nach NIRS zu erkennen. Zwar waren die Koeffizienten bei jeder Sorte signifikant, jedoch waren enge Korrelationen von  $r = 0,83$  bzw.  $r = 0,84$  nur bei 505 und 503 zu finden. Bei 501, 502 und 504 war der Zusammenhang mit  $r = 0,73$  bzw.  $r = 0,70$  deutlich schwächer (Tab. 26).

#### 4.2.2.2 Vergleich der angewendeten Methoden zur Erhebung des Fusariumbefalls

Der Fusariumbefall wurde durch die Daumendruck-Bonitur auf dem Feld sowie durch Messung der Cellulaseaktivität im Labor ermittelt. Die im Versuchsjahr 1995 durchgeführte Untersuchung aller drei Pflanzenfraktionen zeigte eine sehr geringe

Cellulaseaktivität des Kolbenmaterials, so daß diese Analyse in den Folgejahren auf die beiden Restpflanzenfraktionen beschränkt wurde.

Die Koeffizienten der Korrelation sind in der Tabelle 27 separat für beide Restpflanzenfraktionen aufgeführt. Der Koeffizient des oberen Stengelabschnittes ist mit  $r = 0,33^{***}$  geringer als der des unteren Stengelabschnittes ( $r = 0,43^{***}$ ).

Da die Bonitur am untersten Internodium der Maispflanze vorgenommen wurde, war ein stärkerer Zusammenhang zu den Ergebnissen der Cellulaseaktivität dieser Pflanzenfraktion zu erwarten.

Tab. 27: Korrelationskoeffizienten (r) zwischen dem bonitierten Fusariumbefall und den Ergebnissen der Cellulaseaktivitätsmessung für die Restpflanzenfraktionen

Pflanzenfraktion	r		n
	Bonitur / Cellulaseaktivität		
unterer Stengel	0,43 ***		235
oberer Stengel	0,33 ***		236

\*\*\* =  $p < 0,001$

Bei Differenzierung in die einzelnen Reifephasen zeigt sich, daß die lineare Beziehung zwischen den untersuchten Merkmalen erst zur späten Abreifephase signifikant wurde (Tab. 28). Zur ersten Reifephase war kein Befall festgestellt worden, somit konnte kein Koeffizient berechnet werden.

Tab. 28: Korrelationskoeffizienten (r) zwischen der Fusariumbefallserfassung nach Bonitur sowie nach Cellulaseaktivität in den beiden Restpflanzenfraktionen zu verschiedenen Reifephasen

Reifephase	Pflanzenfraktion			
	unterer Stengelabschnitt		oberer Stengelabschnitt	
	r	n	r	n
1	--	--	--	--
2	0,14 n.s.	67	0,12 n.s.	67
3	0,20 n.s.	49	0,14 n.s.	49
4	0,55 ***	66	0,54 ***	69

-- = kein Fusariumbefall nach Daumendruck-Bonitur,

\*\*\* =  $p < 0,001$ , n.s. = nicht signifikant

In der Tabelle 29 sind die Daten der Korrelationsanalyse differenziert nach den untersuchten Genotypen dargestellt. Bei den Genotypen 501 und 505 waren bei beiden Restpflanzenfraktionen hoch signifikante positive Korrelationen festzustellen. Bei 503 war diese Korrelation lediglich im oberen Stengelabschnitt signifikant. Die Genotypen 502 und 504 ließen keine lineare Beziehung zwischen den untersuchten Merkmalen erkennen.

Tab. 29: Korrelationskoeffizienten (r) zwischen der Fusariumbefallserfassung nach Bonitur sowie nach Cellulaseaktivität in den beiden Restpflanzenfraktionen der untersuchten Maissorten

Genotyp	Pflanzenfraktion			
	unterer Stengelabschnitt		oberer Stengelabschnitt	
	r	n	r	n
501	0,53***	46	0,42***	46
502	0,06 n.s.	48	0,10 n.s.	48
503	0,30*	48	0,53***	48
504	0,09 n.s.	48	0,19 n.s.	48
505	0,64***	45	0,42**	47

\*\*\* =  $p \leq 0,001$ ; \*\* =  $p \leq 0,01$ ; \* =  $p \leq 0,05$ ; n.s. = nicht signifikant

#### 4.2.3 Laborergebnisse des 20 Genotypen Tests

In der Tabelle 30 sind die Ergebnisse der Varianzanalyse für die Merkmale des 20 Genotypen Tests aufgeführt. Die fixen Effekte des Genotyps und der Umwelt wirkten sich hoch signifikant ( $p < 0,001$ ) auf alle untersuchten Merkmale aus. Hinsichtlich des Faktors Wiederholung war lediglich bei dem Merkmal Cellulaseverdaulichkeit der Restpflanze ein einfach signifikanter ( $p < 0,05$ ) Einfluß festzustellen. Für alle untersuchten Merkmale des 20 Genotypen Tests bestanden signifikante Interaktionen zwischen Genotyp und Umwelt. Die weiteren Zweifachwechselwirkungen waren ohne Bedeutung.

Der als Kovariate in der Auswertung berücksichtigte TS-Gehalt besaß auf alle Merkmale einen signifikanten Einfluß. Der Effekt des Fusariumbefalls auf die Cellulaseverdaulichkeit des Pflanzenmaterials war geringer; lediglich bei der

Restpflanzenfraktion konnte ein signifikanter Effekt ( $p < 5\%$ ) festgestellt werden. Die Verdaulichkeit geschätzt durch NIRS und der Zearalenon Gehalt wurden hoch signifikant durch einen Fusariumbefall beeinflusst (Tab. 30).

Tab. 30: Ergebnisse der Varianzanalyse für die untersuchten Merkmale des 20 Genotypen Tests

Merkmal	Einflussfaktoren			Interaktionen			Kovariaten	
	Genotyp	Umwelt	Wiederholung	G x U	G x W	U x W	TS-Gehalt	Fusariumbefall
<b>Cellulaseverdaulichkeit</b> [% DOMD d. TM]								
• Kolben	***	***	n.S.	*	n.S.	n.S.	***	n.S.
• Restpflanze	***	***	*	***	n.S.	n.S.	***	*
<b>NIRS</b> [% ELOS d. TM]								
• Ganzpflanze	***	***	n.S.	**	n.S.	n.S.	**	***
<b>Zearalenonengehalt</b> [µg/kg TM]								
• Restpflanze	***	***	n.S.	***	n.S.	n.S.	***	***

\*\*\* =  $p \leq 0,001$ ; \*\* =  $p \leq 0,01$ ; \* =  $p \leq 0,05$ ; n.s. = nicht signifikant,

G = Genotyp,

U = Umwelt,

W = Wiederholung

Der Einfluß versuchsrelevanter Eigenschaften des Faktors Genotyp auf Merkmale des 20 Genotypen Tests ist in Tabelle 31 wiedergegeben. Die Einteilung der zwanzig Maisgenotypen in Reifegruppen erfolgte hierbei entsprechend der Einteilung durch das Bundessortenamt (Beschreibende Sortenliste, 1999), während die Sortentypen („Stay Green“ / „Dry Down“) nach SCHMIDT (1997) festgelegt wurden. Nach Berechnung der Grenzdifferenz konnten gesicherte Unterschiede hinsichtlich der Cellulaseverdaulichkeit der Restpflanze zwischen den Sorten der frühen und mittelfrühen Reifegruppe festgestellt werden. Demzufolge waren die mittelfrühen Sorten im Mittel höher verdaulich.

Tab. 31: Einfluß versuchsrelevanter Eigenschaften des Faktors Genotyp auf Merkmale des 20 Genotypen Tests

Eigenschaften des Faktors Genotyp	Merkmal			
	Cellulaseverdaulichkeit [ $\bar{x}$ , % d. TM]		NIRS [ $\bar{x}$ , % d. TM]	Zearalenon Gehalt [ $\bar{x}$ , $\mu\text{g}/\text{kg}$ TM]
	Kolben	Restpflanze	Ganzpflanze	Restpflanze
<b>Reifegruppe</b>				
• früh (n)	86,9 (144)	53,4 <sup>a</sup> (368)	70,1 (344)	323,4 <sup>b</sup> (270)
• mittelfrüh (n)	87,2 (176)	54,1 <sup>b</sup> (461)	70,5 (412)	132,5 <sup>a</sup> (327)
<b>Abreifeverhalten</b>				
• Stay Green (n)	86,8 (108)	54,0 (378)	70,2 (345)	152,9 <sup>a</sup> (329)
• Dry Down (n)	87,2 (132)	53,5 (451)	70,4 (411)	272,6 <sup>b</sup> (268)

Mittelwerte mit ungleichen Hochbuchstaben innerhalb einer Zelle unterscheiden sich nach Berechnung der Grenzdifferenzen signifikant ( $p < 0,05$ ).

Signifikant waren ebenfalls die Unterschiede im Zearalenon Gehalt zwischen den frühen und mittelfrühen Sorten sowie zwischen den schneller abreifenden Genotypen („Dry Down“-Typen) und den langsamer abreifenden Genotypen („Stay Green“-Typen). Die Sorten der mittelfrühen Reifegruppe bzw. die Sorten mit „Stay Green“-Abreifeverhalten hatten geringere Zearalenon Gehalte als die frühen Sorten bzw. die Sorten mit konventionellem Abreifeverhalten (Tab. 31). Die Differenzen bezüglich der geschätzten

Verdaulichkeit (sowohl nach der Cellulasemethode als auch nach NIRS) zwischen den „Stay Green“- und „Dry Down“-Typen ließen sich nicht statistisch absichern.

Der Einfluß des Faktors Umwelt auf die Merkmale des 20 Genotypen Tests ist in der Tabelle 32 dargestellt. Die Cellulaseverdaulichkeit des Kolbens wurde nur im ersten Versuchsjahr untersucht. Die Kolben des Standortes Merklingsen waren signifikant niedriger verdaulich als die der Standorte Löningen und Ostbevern.

Tab. 32: Untersuchte Merkmale des 20 Genotypen Tests in den verschiedenen Umwelten

Umwelt	Merkmal			
	Cellulaseverdaulichkeit [ $\bar{x}$ , % d. TM]		NIRS [ $\bar{x}$ , % d. TM]	Zearalenon Gehalt [ $\bar{x}$ , µg/kg TM]
	Kolben	Restpflanze	Ganzpflanze	Restpflanze
<b>1995</b>				
• Merklingsen	86,2 <sup>a</sup>	50,6 <sup>a</sup>	68,1 <sup>ab</sup>	646,3 <sup>b</sup>
• Grucking	86,7 <sup>ab</sup>	56,4 <sup>c</sup>	73,2 <sup>b</sup>	231,0 <sup>ab</sup>
• Löningen	87,8 <sup>b</sup>	54,5 <sup>bc</sup>	71,1 <sup>b</sup>	376,5 <sup>b</sup>
• Bernburg	87,4 <sup>ab</sup>	52,4 <sup>ab</sup>	68,9 <sup>ab</sup>	131,9 <sup>ab</sup>
• Ostbevern	87,6 <sup>b</sup>	58,0 <sup>c</sup>	71,5 <sup>b</sup>	505,9 <sup>b</sup>
<b>1996</b>				
• Merklingsen	--	51,1 <sup>a</sup>	65,6 <sup>a</sup>	136,5 <sup>ab</sup>
• Grucking	--	51,8 <sup>ab</sup>	71,8 <sup>b</sup>	96,8 <sup>ab</sup>
• Löningen	--	51,8 <sup>ab</sup>	70,8 <sup>b</sup>	3,9 <sup>a</sup>
• Bernburg	--	55,7 <sup>bc</sup>	71,8 <sup>b</sup>	18,4 <sup>ab</sup>
• Ostbevern	--	54,8 <sup>bc</sup>	72,1 <sup>b</sup>	41,3 <sup>ab</sup>
<b>1997</b>				
• Merklingsen	--	54,6 <sup>bc</sup>	69,4 <sup>ab</sup>	--
• Grucking	--	54,4 <sup>bc</sup>	72,3 <sup>b</sup>	--
• Löningen	--	53,8 <sup>b</sup>	71,9 <sup>b</sup>	--
• Bernburg	--	54,6 <sup>bc</sup>	70,3 <sup>b</sup>	--
• Ostbevern	--	--	--	--
<b>Mittelwert</b>	87,1	53,8	70,6	218,9

Mittelwerte mit ungleichen Hochbuchstaben innerhalb einer Spalte unterscheiden sich nach Berechnung der Grenzdifferenzen signifikant ( $p < 0,05$ ),

-- = keine Untersuchung durchgeführt



Hinsichtlich der Cellulaseverdaulichkeit der Restpflanze bestanden insbesondere in den ersten beiden Versuchsjahren ausgeprägte Differenzen zwischen den Umwelten. Die höchste Cellulaseverdaulichkeit wurde im Mittel bei Restpflanzen der Umwelten Grucking 1995 und Ostbevern 1995 ermittelt. Die Cellulaseverdaulichkeit der Restpflanzen der Umwelten Merklingsen 1995 und 1996 sowie Grucking 1996 und Lönigen 1996 war vergleichsweise niedrig. Auch nach den Daten der NIRS Untersuchung waren signifikante Unterschiede bezüglich der mittleren geschätzten Verdaulichkeit der Ganzpflanze zwischen den einzelnen Umwelten festzustellen. In allen drei Versuchsjahren war das Pflanzenmaterial des Standortes Merklingsen niedriger verdaulich, gleiches gilt für den Standort Bernburg 1995 (Tab. 32 bzw. Anhangtabellen 24 und 25).

Umwelteffekte zeigten sich ebenfalls bei den Daten zum Zearalenonengehalt. Grundsätzlich war auch ein Unterschied zwischen den beiden Versuchsjahren 1995 und 1996 zu erkennen. 1996 lagen die Toxingehalte deutlich niedriger als im Vorjahr. Bezüglich der signifikanten Interaktionen zwischen den Faktoren Genotyp  $\times$  Umwelt, die bei allen Merkmalen auftraten, wird auf die Anhangtabellen Nr. 24, 25, 26 und 28 verwiesen.

Der als Kovariate in die Auswertung einbezogene Fusariumbefall zeigte signifikante Effekte auf die *in vitro*-Verdaulichkeit der Restpflanze und auf die NIRS Ergebnisse.

In den Abbildungen 12 und 13 ist separat für die Sorten der frühen bzw. mittelfrühen Reifegruppe die Beziehung zwischen dem Fusariumbefall und der Cellulaseverdaulichkeit der Restpflanze dargestellt. In beiden Darstellungen wird zwischen den „Stay Green“ bzw. „Dry Down“ Typen unterschieden.

Durch die Ausgleichsgeraden (grün = „Stay Green“ Typen) wird deutlich, daß zwischen dem Fusariumbefall und der Cellulaseverdaulichkeit in keinem Fall eine lineare Beziehung existierte.

Bei den Genotypen der frühen Reifegruppe war insgesamt ein stärkerer Fusariumbefall (bis zu 80 %) als bei der mittelfrühen Reifegruppe (max. 45 %) festzustellen. Es war auch zu erkennen, daß bei den frühen Genotypen ausschließlich „Dry Down“ Typen einen stärkeren Befall zeigten, während die „Stay Green“ Typen weitgehend gesund blieben.

Bei den mittelfrühen Genotypen waren ebenfalls nur „Dry Down“ Typen sehr stark befallen, jedoch waren die Unterschiede in dieser Reifegruppe nicht so stark

ausgeprägt wie bei dem frühen Sortiment. Allerdings ist zu berücksichtigen, daß hinsichtlich der Menge der untersuchten Sortentypen in den beiden Gruppen Unterschiede bestanden.

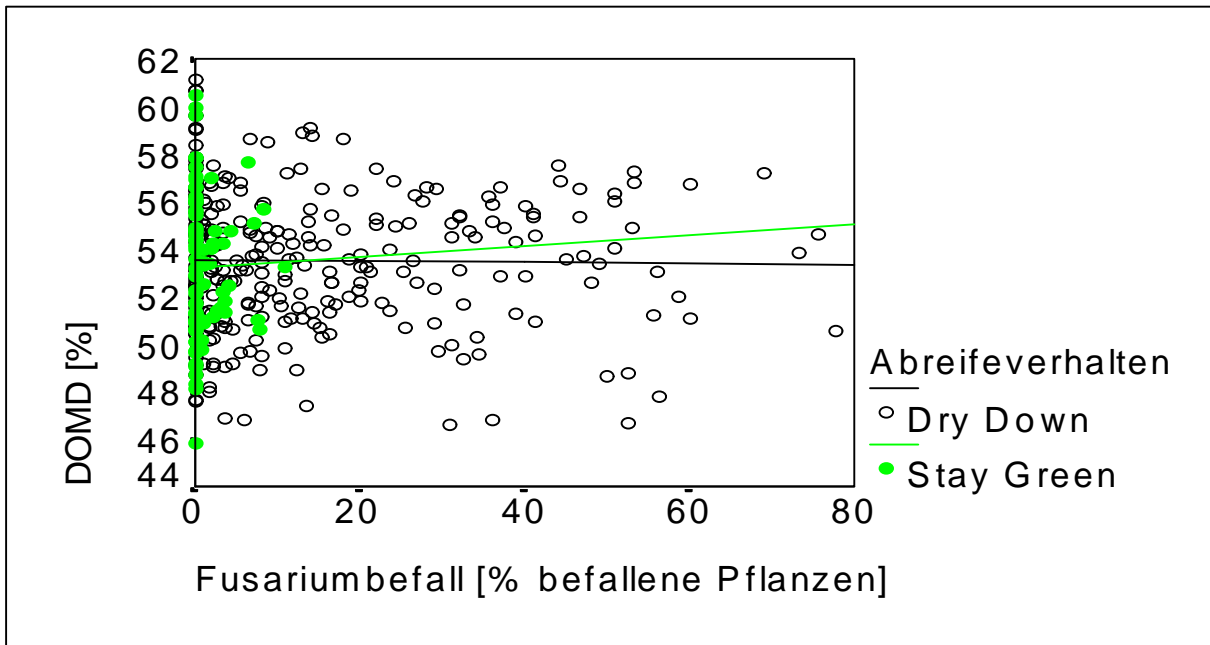


Abb. 12: Korrelation zwischen der Cellulaseverdaulichkeit der Restpflanze [% DOMD] und dem Fusariumbefall (9 Genotypen der **frühen** Reifegruppe des 20 Genotypen Tests, davon 2 „Stay Green“ Typen)

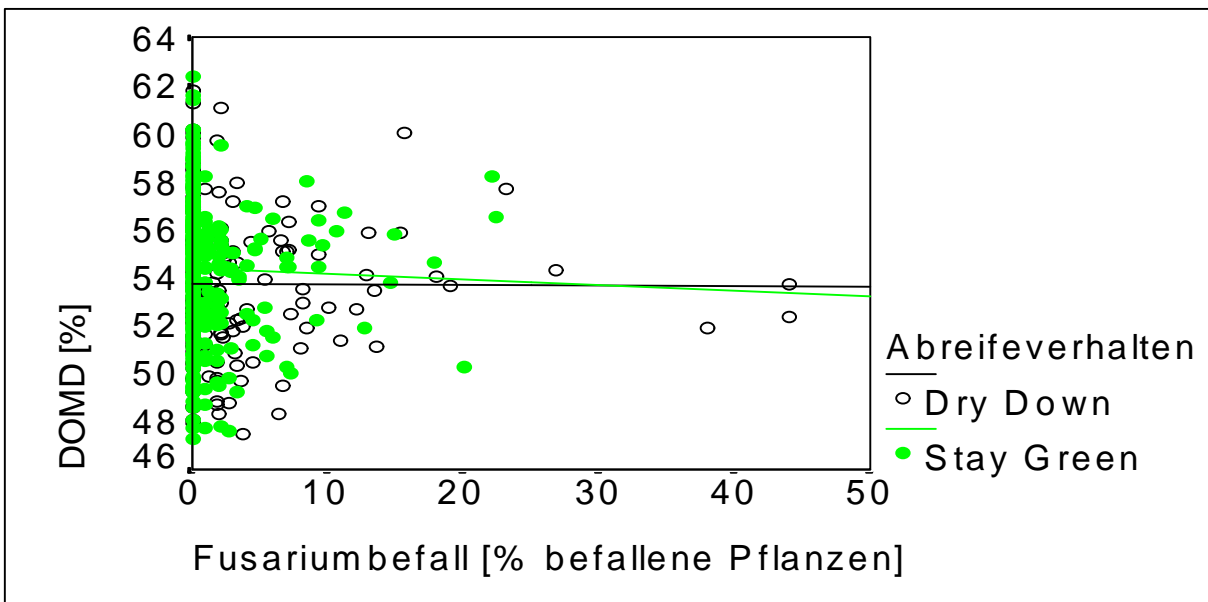


Abb. 13: Korrelation zwischen der Cellulaseverdaulichkeit der Restpflanze [% DOMD] und dem Fusariumbefall (11 Genotypen der **mittelfrühen** Reifegruppe des 20 Genotypen Tests, davon 7 „Stay Green“ Typen)

Hinsichtlich der Cellulaseverdaulichkeit des Restpflanzenmaterials variierten sowohl beide Sortentypen innerhalb jeder Reifegruppe, als auch beide Reifegruppen in ähnlichen Ausmaßen.

Aus den Daten der Varianzanalyse (Tab. 30) ist auch eine signifikante Beeinflussung der geschätzten Verdaulichkeit der Ganzpflanze nach NIRS durch Fusariumbefall festzustellen.

In den Abbildungen 14 und 15 ist die Beziehung zwischen der geschätzten Verdaulichkeit der Ganzpflanze und dem Fusariumbefall für die Genotypen der frühen und mittelfrühen Reifegruppe dargestellt.

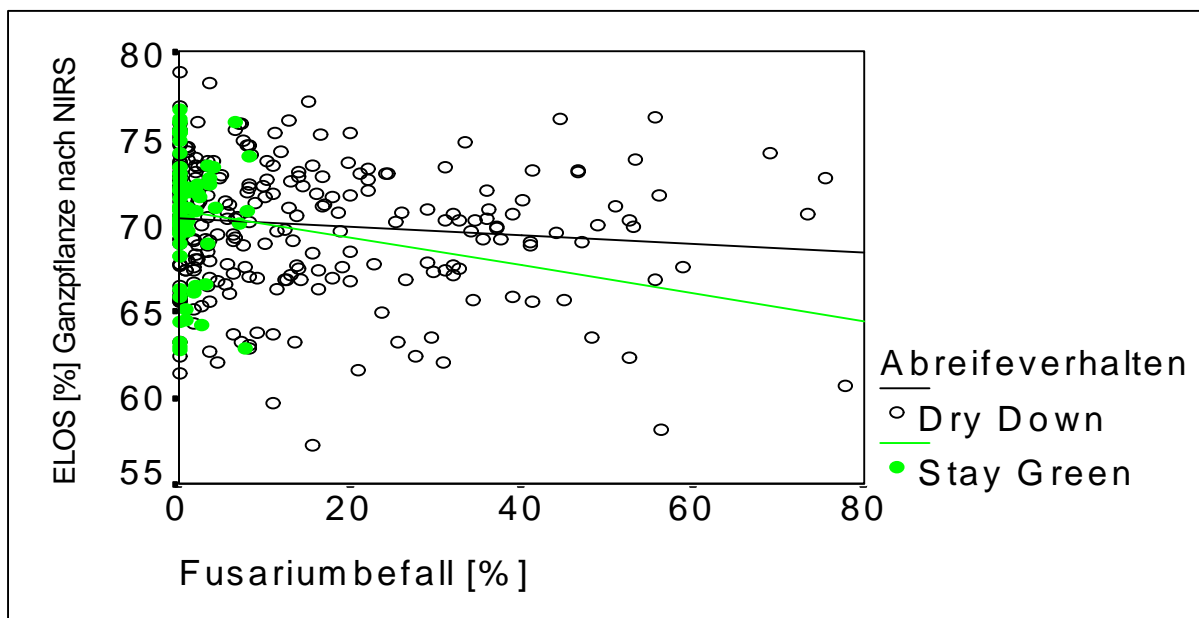


Abb. 14: Korrelation zwischen der geschätzten Verdaulichkeit der Ganzpflanze [%ELOS nach NIRS] und dem Fusariumbefall (9 Genotypen der **frühen** Reifegruppe des 20 Genotypen Tests, davon 2 „Stay Green“ Typen)

Bei beiden Reifegruppen zeigte sich keine Korrelation zwischen der geschätzten Verdaulichkeit der Ganzpflanze und Fusariumbefall. Wie auch bei der *in vitro*-Verdaulichkeit der Restpflanze (Abb. 12 und 13) variierten die „Stay Green“ und „Dry Down“ Typen in vergleichbarem Umfang und auch zwischen den Reifegruppen waren keine ausgeprägten Unterschiede zu erkennen.

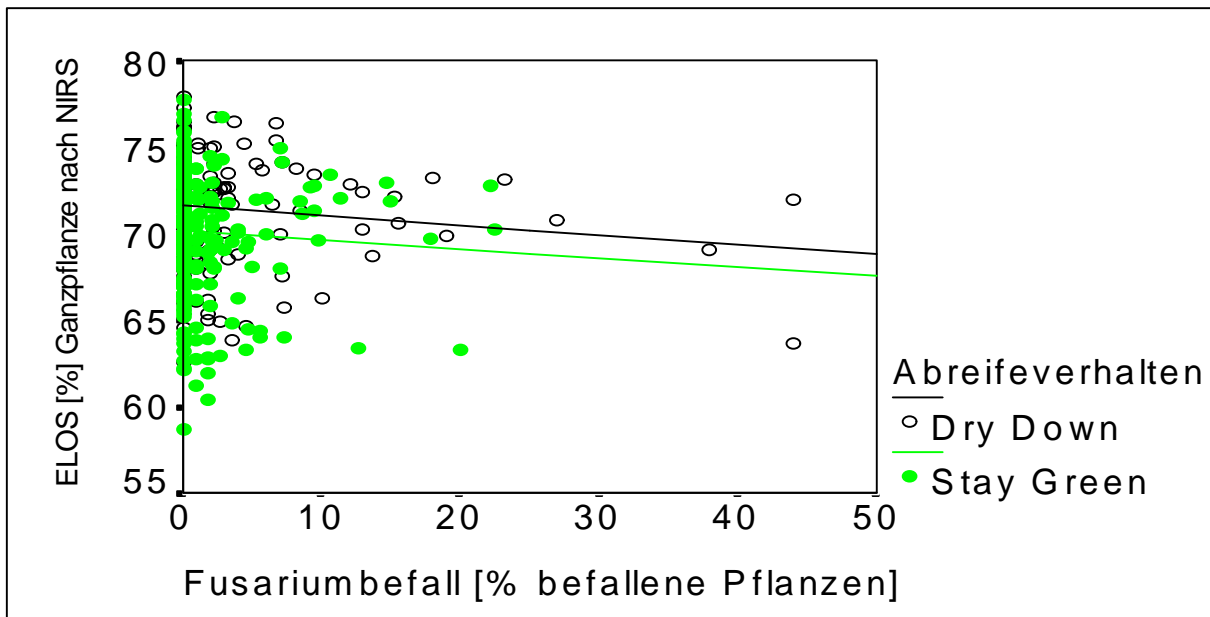


Abb. 15: Korrelation zwischen der geschätzten Verdaulichkeit der Ganzpflanze [%ELOS nach NIRS] und dem Fusariumbefall (11 Genotypen der **mittelfrühen** Reifegruppe des 20 Genotypen Tests, davon 7 „Stay Green“ Typen)

#### 4.2.3.1 Vergleich der Befunde von Fusariumbonitur und Zearalenonanalyse

Das in den Versuchsjahren 1995 und 1996 geerntete Restpflanzenmaterial wurde auf den Gehalt des von *Fusarium ssp.* gebildeten Mykotoxins Zearalenon analysiert.

Das im ersten Versuchsjahr 1995 untersuchte Kolbenmaterial enthielt auf allen Standorten keine relevanten Zearalenonmengen. Somit wurde diese Untersuchung im zweiten Versuchsjahr nur stichprobenartig (mit denselben Ergebnissen) wiederholt.

Bei der Restpflanzenfraktion zeigte sich eine deutliche Varianz zwischen den Umwelten und Sorten (Anhangtab. 28).

Zur Überprüfung der Beziehung zwischen den Merkmalen Mykotoxingehalt und Fusariumbefall (nach Daumendruck-Bonitur) wurden Korrelationsanalysen durchgeführt.

Die in der Tabelle 33 dargestellten Daten zeigen die Stärke der Korrelationen zwischen den beiden Merkmalen unter Berücksichtigung verschiedener Umwelten. Engere Korrelationen wurden nur für die Umwelten Merklingsen, Grucking und Löningen des Jahres 1995 ermittelt.

Die im Mittel weitaus höchsten Zearalenongehalte wurden in den Umwelten Merklingsen 1995, Grucking 1995 und Ostbevern 1995 gefunden. Auf diesen Standorten wurden Maximalwerte von mehr als 2000 µg Zearalenon / kg TM ermittelt (Tab. 33).

Der unter Berücksichtigung aller Daten berechnete Gesamtkorrelationskoeffizient betrug 0,23\*\*\*.

Tab. 33: Korrelation zwischen den Merkmalen Zearalenongehalt und Fusariumbefall unter Berücksichtigung verschiedener Umwelten

<b>Umwelt</b>	<b>Korrelationskoeffizient</b>	<b><math>\bar{x}</math> Fusariumbefall [%] (min.-max.)</b>	<b><math>\bar{x}</math> Zearalenongehalt [µg/kg TM] (min.-max.)</b>
Merklingsen '95	0,40 ***	1,6 (0-12,7)	646 (60-2163)
Grucking '95	0,69 ***	14,9 (0-82,2)	231 (2-2976)
Löningen '95	0,57 ***	13,2 (0-69,0)	377 (32-1463)
Bernburg '95	k.A.	k.A.	133 (5-1047)
Ostbevern '95	k.A.	0,0	506 (30-2538)
Merklingsen '96	0,38 **	8,8 (0-56,4)	137 (0-817)
Grucking '96	0,30 *	6,2 (0-36,2)	97 (6-405)
Löningen '96	n.s.	3,9 (0-17,1)	4 (0-44)
Bernburg '96	n.s.	10,2 (0-41,3)	18 (0-167)
Ostbevern '96	n.s.	0,1 (0-2,2)	41 (0-374)

k.A. = keine Angabe, n.s. = nicht signifikant,

\*\*\* =  $p \leq 0,001$ ; \*\* =  $p \leq 0,01$ ; \* =  $p \leq 0,05$

#### 4.2.4 Untersuchungen zum Einfluß des Fusariumbefalls auf Parameter der Pansenphysiologie

In der Tabelle 34 sind die Ergebnisse der Varianzanalyse des RUSITEC Versuchs aufgeführt.

Der Faktor Genotyp hatte auf die untersuchten Merkmale, mit Ausnahme der Buttersäurebildung keine signifikanten Effekte. Der Faktor Fusariumbefall dagegen beeinflusste den pH Wert, die Protozoenmenge, die Gesamtmenge an gebildetem Gas,

die  $\text{NH}_4$ -Stickstoffmenge, die mikrobielle Proteinsynthese sowie die Bildung der Fettsäuren Buttersäure und Valeriansäure signifikant.

Auch hinsichtlich des Faktors Wiederholung, der für die drei Durchgänge steht, konnte bezüglich der Varianz einiger Merkmale ein signifikanter Einfluß nachgewiesen werden. Dieser signifikante Einfluß zeigte sich bei den Merkmalen pH Wert, Protozoenanzahl,  $\text{NH}_4$ -Stickstoffmenge, Proteinsynthese sowie bei der Bildung von Buttersäure. Signifikante Interaktionen zwischen diesen drei Faktoren wurden ausschließlich bei dem Merkmal Buttersäurebildung nachgewiesen.

Tab. 34: Ergebnisse der Varianzanalyse für die untersuchten Merkmale des RUSITEC Versuchs

Merkmal	Einflußfaktoren			Interaktionen		
	Genotyp	Fusarium-befall	Wiederholung	G x F	G x W	F x W
pH Wert	n.s.	*	**	n.s.	n.s.	n.s.
Redoxpotential	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Protozoenanzahl	n.s.	***	**	n.s.	n.s.	n.s.
Gesamtgasmenge	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Methananteil	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
$\text{NH}_4$ -N	n.s.	n.s.	***	n.s.	n.s.	n.s.
Mikroben-Proteinsynthese	n.s.	*	***	n.s.	n.s.	n.s.
$\Sigma$ SCFA	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Essigsäure	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Propionsäure	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Buttersäure	*	***	**	*	*	*
Valeriansäure	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

\*\*\* =  $p \leq 0,001$ , \*\* =  $p \leq 0,01$ , \* =  $p \leq 0,05$ , n.s. = nicht signifikant

G = Genotyp,  
F = Fusariumbefall,  
W = Wiederholung.

Das einzige Merkmal des Versuchs, das durch den Faktor Genotyp beeinflusst wurde, war die Bildung von Buttersäure. Bei der Fermentation des Genotyp 504 wurde signifikant mehr Buttersäure gebildet als bei den anderen Genotypen (Tab. 35).

Tab. 35: Beeinflussung des Merkmals Buttersäurebildung durch den Faktor Genotyp

Merkmal	Genotyp		
	501 (n=6)	504 (n=6)	505 (n=6)
Buttersäure [ $\bar{x}$ , $\mu\text{mol/d}$ ]	3698 <sup>a</sup>	4081 <sup>b</sup>	3874 <sup>a</sup>

Mittelwerte mit ungleichen Hochbuchstaben innerhalb einer Zeile unterscheiden sich nach Berechnung der Grenzdifferenzen ( $p = 5\%$ ) signifikant voneinander.

Weitreichender war hingegen der Effekt des Faktors Fusariumbefall (Tab. 36). So waren bei der Fermentation des fusariumbefallenen Maises der pH Wert und die Proteinmasse erhöht, während die Protozoenanzahl, die Gesamtgasmenge sowie die gebildeten Mengen an Buttersäure und Valeriansäure verringert waren. Hinsichtlich der Buttersäurebildung muß jedoch auf die Wechselwirkungen mit den übrigen Faktoren hingewiesen werden.

Tab. 36: Mittelwerte der Merkmale des RUSITEC Versuchs, deren Varianzen signifikant durch den Faktor Fusariumbefall beeinflußt wurden

Merkmal	Fusariumbefall		F-Test
	starker Befall	befallsfrei	
pH Wert	6,70	6,66	*
Protozoenmenge [Anzahl / ml Pansensaft]	8541	14105	***
Gesamtgasmenge [ml/d]	1343	1474	**
Mikrobenmasse [mg/d]	1407	1342	*
Buttersäure [ $\mu\text{mol/d}$ ]	3411	4356	***
Valeriansäure [ $\mu\text{mol/d}$ ]	1320	1881	**

\*\*\* =  $p \leq 0,001$ ; \*\* =  $p \leq 0,01$ ; \* =  $p \leq 0,05$ ;

Einige der untersuchten Merkmale unterschieden sich während der drei Versuchsdurchgänge (Wiederholungen) signifikant voneinander (Tab. 37). In der ersten Wiederholung war die Protozoenanzahl erhöht, während die  $\text{NH}_4$ -Stickstoffmenge, die Proteinmasse und die Buttersäurebildung verringert waren. In der dritten Wiederholung waren die Merkmale pH Wert,  $\text{NH}_4$ -Stickstoffmenge sowie die Proteinmasse signifikant erhöht.

Tab. 37: Mittelwerte der Merkmale des RUSITEC Versuchs, deren Varianzen signifikant durch den Faktor Wiederholung beeinflusst wurden

Merkmal	Wiederholung		
	1 (n=6)	2 (n=6)	3 (n=6)
pH Wert	6,69 <sup>b</sup>	6,63 <sup>a</sup>	6,73 <sup>b</sup>
Protozoenmenge [Anzahl /ml]	14201 <sup>b</sup>	9973 <sup>a</sup>	9794 <sup>a</sup>
NH <sub>4</sub> -Stickstoff [mg/d]	31,7 <sup>a</sup>	38,6 <sup>a</sup>	116,8 <sup>b</sup>
Mikrobenmasse [mg/d]	960 <sup>a</sup>	1115 <sup>b</sup>	2049 <sup>c</sup>
Buttersäure [μmol/d]	3650 <sup>a</sup>	4007 <sup>b</sup>	3996 <sup>b</sup>

Mittelwerte mit ungleichen Hochbuchstaben innerhalb einer Zeile unterscheiden sich nach Berechnung der Grenzdifferenzen ( $p \leq 5\%$ ) signifikant voneinander.

Die einzigen signifikanten Interaktionen zwischen den drei untersuchten Faktoren wurden für das Merkmal Buttersäurebildung festgestellt (Tab. 38).

Tab. 38: Interaktionen zwischen den Faktoren Genotyp × Fusariumbefall, Genotyp × Wiederholung und Wiederholung × Fusariumbefall für das Merkmal Buttersäurebildung [μmol/d] während der Fermentation im RUSITEC System

	Genotyp		
	501	504	505
<b>Fusarium</b>			
• starker Befall	3140 <sup>a</sup>	3803 <sup>b</sup>	3292 <sup>a</sup>
• befallsfrei	4255 <sup>c</sup>	4359 <sup>c</sup>	4456 <sup>c</sup>
	Genotyp		
	501	504	505
<b>Wiederholung</b>			
• 1	3582 <sup>b</sup>	4382 <sup>d</sup>	2985 <sup>a</sup>
• 2	3572 <sup>b</sup>	4077 <sup>cd</sup>	4370 <sup>d</sup>
• 3	3939 <sup>c</sup>	3782 <sup>bc</sup>	4268 <sup>d</sup>
	Wiederholung		
	1	2	3
<b>Fusarium</b>			
• starker Befall	3373 <sup>a</sup>	3456 <sup>a</sup>	3406 <sup>a</sup>
• befallsfrei	3927 <sup>b</sup>	4557 <sup>c</sup>	4586 <sup>c</sup>

Mittelwerte mit ungleichen Hochbuchstaben innerhalb einer Interaktionsbeziehung unterscheiden sich nach Berechnung der Grenzdifferenzen ( $p \leq 5\%$ ) signifikant voneinander.



Für die Wechselwirkung Genotyp  $\times$  Fusariumbefall konnte bei allen Genotypen eine signifikante Abnahme der Buttersäurebildung bei starkem Fusariumbefall nachgewiesen werden.

Diese Reduktion war aber bei 504 weniger stark ausgeprägt als bei den beiden anderen Genotypen. Relativ uneinheitlich war die Buttersäurebildung der drei Genotypen in den drei Wiederholungen.

Bei der Fermentation von 501 unterschieden sich die drei Wiederholungen hinsichtlich der Merkmalsausprägung nicht sehr stark, lediglich in der letzten Wiederholung war eine Zunahme zu verzeichnen. Bei 504 hingegen war bei jeder Wiederholung sukzessiv eine Abnahme der Buttersäurebildung um etwa 300  $\mu\text{mol/d}$  zu erkennen. Im Gegensatz dazu wurden für 505 in der ersten Wiederholung vergleichsweise niedrige Werte ermittelt, die in der zweiten und dritten Wiederholung eine Zunahme um ca. 40 bis 45% zeigten.

Wie bei der Interaktion Genotyp  $\times$  Fusariumbefall konnte auch für die Interaktion Wiederholung  $\times$  Fusariumbefall für jede Wiederholung grundsätzlich eine signifikante Reduktion der Buttersäurebildung bei den Varianten mit starkem Fusariumbefall nachgewiesen werden. Unterschiede zeigten sich lediglich in der Stärke dieser Reduktion; bei dem Genotyp 501 war die Reduktion der Buttersäurebildung zwar signifikant aber weniger stark ausgeprägt.

## 5 Diskussion

### 5.1 Methodenvergleich

In der vorliegenden Arbeit wurden einzelne Fragestellungen mittels verschiedener methodischer Ansätze untersucht. Nachfolgend werden die Ergebnisse dieser Ansätze hinsichtlich der Konformität ihrer Aussagen überprüft.

#### 5.1.1 Methoden zur Untersuchung bzw. Schätzung der *in vitro*-Verdaulichkeit

Das Ganzpflanzenmaterial aus den drei Versuchsjahren wurde zur Ermittlung der *in vitro*-Verdaulichkeit sowohl naßchemisch nach der Cellulasemethode (*in vitro*-Verdaulichkeit) als auch parallel dazu mittels der Nahinfrarotreflexionsspektroskopie (NIRS) untersucht. Korrelationsberechnungen zwischen den Verdaulichkeitsschätzwerten nach NIRS und den berechneten Verdaulichkeitseinheiten nach der Cellulasemethode (**D**igestibility of **O**rganic **M**atter in **D**ry Matter) lieferten Informationen über die Vergleichbarkeit der Methoden bzw. erlaubten eine Überprüfung der NIRS Ergebnisse, da die Cellulasemethode als naßchemische Referenzanalytik die Grundlage für die NIRS Analytik bildet.

In die Berechnung der DOMD geht, abweichend von der üblichen Verwendung der Ergebnisse der Cellulasemethode, nicht der Glühverlust, sondern der Rückstand der enzymatischen Behandlung ein. Bei Vergleichen verschiedener Labormethoden und *in vivo* geprüfter Proben lieferte die Cellulasemethode die zuverlässigsten Ergebnisse zur Schätzung der unverdaulichen organischen Substanz (WEISSBACH et al., 1994; DE BOEVER et al., 1997). Für die Schätzung der unverdaulichen organischen Substanz konnte aus *in vivo* Verdauungsversuchen eine Regression ermittelt werden, auf deren Grundlage die Schätzgleichung der DOMD für Maissilage und Silomais berechnet wird. Somit ist davon auszugehen, daß zwischen DOMD Ergebnissen der Cellulasemethode und *in vivo*-Verdaulichkeitswerten eine höchst mögliche Übereinstimmung besteht.

Wie aus der Tabelle 23 deutlich wird, wichen die Mittelwerte der Verdaulichkeitsergebnisse nach NIRS nicht von den Ergebnissen nach der

Cellulasemethode ab. Der Korrelationskoeffizient lag mit  $r = 0,80$  aber niedriger als der erwartete Wert von  $r = 0,85$  bis  $0,90$ . Da die NIRS Kalibrierung auf Ergebnissen der Cellulasemethode basiert, war hier ein stärkerer linearer Zusammenhang zu vermuten. Bei differenzierter Bewertung der einzelnen Versuchsjahre, Reifephasen und Sorten (Tabellen 24, 25 und 26) konnten teilweise größere Differenzen hinsichtlich der Korrelationsstärken festgestellt werden.

Bei der Analyse der einzelnen Versuchsjahre (Tab. 24) war auffällig, daß die Koeffizienten aus der Korrelation NIRS / Cellulasemethode in den einzelnen Jahren unterschiedlich hoch waren. Im Jahre 1995 zeigten die NIRS Daten die beste Übereinstimmung mit den Ergebnissen der naßchemischen Analyse. Möglicherweise bestanden Unterschiede in der Zuverlässigkeit der jährlich erneuerten NIRS-Kalibrierung, mit der die NIRS Meßdaten eines jeden Jahres berechnet wurden. Wahrscheinlich aber war die Ursache für die enge Korrelation im Jahre 1995 in der größeren Streuung der einzelnen NIRS-Werte zu finden. Die Differenz zwischen ELOS-Minimal- und Maximalwert des Jahres 1995 war mit 26,03 Prozentpunkten deutlich höher als in den Folgejahren (1996: 21,87 Prozentpunkte; 1997: 14,15 Prozentpunkte). Auch bei Aufteilung des Datenmaterials nach Maissorten waren unterschiedlich enge Korrelationen festzustellen (Tab. 26). Lediglich bei den Genotypen 503 und 505 bestanden vergleichsweise enge Korrelationen ( $r = 0,84$  bzw.  $r = 0,83$ ). Die Spannweiten, in der die NIRS Werte der einzelnen Genotypen lagen, waren bei diesen beiden Genotypen mit 25,5 Prozentpunkten bei 503 und 22,0 Prozentpunkten bei 505 deutlich größer als bei den übrigen Sorten (501: 18,4 Prozentpunkte; 502: 16,6 Prozentpunkte; 504: 16,7 Prozentpunkte). Dadurch kann die oben genannte Hypothese gestützt werden.

Somit ist zu vermuten, daß die relativ kleine Streuung, in der alle Verdaulichkeitsschätzwerte der Untersuchungsreihen lagen, die Hauptursache für den relativ kleinen Gesamtkoeffizienten ( $r = 0,80$ ) der Korrelation NIRS / Cellulasemethode war (TILLMANN, 1998).

Ähnliche Untersuchungen aus der Schweiz hinsichtlich der Übereinstimmung von NIRS Messungen und naßchemischen Referenzmethoden kamen mit einem Bestimmtheitsmaß von  $r^2 = 0,89$  zu einer wesentlich engeren Beziehung (HERTER et al., 1996a).

Die Überprüfung der einzelnen Reifephasen (Tab. 25) zeigte bei den DOMD Mittelwerten keine signifikanten Differenzen zwischen den Reifephasen 1 bis 3. Erst zur vierten Reifephase war ein signifikanter Anstieg der *in vitro*-Verdaulichkeit feststellbar. Bei den NIRS Daten konnten ähnliche Ergebnisse beobachtet werden. Auch hier zeigte der Verdaulichkeitsschätzwert in den ersten drei Reifephasen keine signifikanten Differenzen, erst zur vierten Reifephase war eine deutlich Zunahme zu erkennen.

Es konnte festgestellt werden, daß die Untersuchung von Maisproben mittels der NIRS-Technik eine schnelle und preiswerte Analysenmethode im Vergleich zur arbeits- und zeitintensiven naßchemischen Untersuchung darstellt. Innerhalb von wenigen Sekunden können Daten über Inhaltsstoffe und Eigenschaften einer Probe ermittelt werden. Zusammenfassend lieferten die im Rahmen der Fragestellung durchgeführten vergleichenden Untersuchungen zur Verdaulichkeitsschätzung hinsichtlich der Sorten- und Reifephasenbewertung eine akzeptable Übereinstimmung der Ergebnisse zwischen NIR Spektroskopie und Cellulasemethode nach DE BOEVER et al. (1986). Insgesamt betrachtet bestand eine signifikant positive Korrelation von  $r = 0,80^{***}$ ; dennoch ist der Korrelationskoeffizient niedriger als erwartet. Wie durch die Betrachtung einzelner Sorten und Versuchsjahre deutlich wurde, war hierfür der insgesamt enge Meßbereich, in dem sich die Daten bewegten, verantwortlich. Das bedeutet, daß eine größere Spannweite des Meßbereichs den Korrelationskoeffizienten vermutlich deutlich erhöht hätte.

Auch nach Ergebnissen von DE BOEVER et al. (1997) sind *in vitro*-Verdaulichkeitsergebnisse nach der Cellulasemethode deutlich enger mit *in vivo* Daten korreliert ( $r = 0,82$ ) als eine mittels NIRS geschätzte Verdaulichkeit ( $r = 0,75$ ). Bei der NIRS Analyse werden vermutlich die Bestandteile der Zellwände ausreichend erfaßt, aber weniger deren Verdaulichkeit (DEINUM & STRUIK, 1988). Zur Schätzung der Verdaulichkeit der organischen Masse sind aber beide Parameter bedeutsam.

### 5.1.2 Methoden zur Ermittlung des Fusariumbefalls

Die Untersuchung der Maispflanzen des 5 Genotypen Tests auf einen möglichen Fusariumbefall erfolgte nach der „Daumendruck-Bonitur“ auf dem Feld sowie durch die Messung der Cellulaseaktivität im unteren und oberen Stengelabschnitt im Labor.

Dadurch war ein direkter Vergleich der Ergebnisse dieser beiden Methoden möglich.

Die Ermittlung des Fusariumbefalls nach „Daumendruck-Bonitur“ stützte sich auf die Zersetzung des Stengelmarkgewebes durch den Pilz, was bei der Feldbonitur durch einfaches Eindrücken des Stengels nachzuweisen war. Die Bonitur einer Pflanze mündete demzufolge in der Aussage „befallen“ oder „nicht befallen“. Im Gegensatz dazu sollte die Messung der Cellulaseaktivität eine Methode zur quantitativen Erfassung der Fusariumbefallsstärke liefern.

Die Ergebnisse der Daumendruck-Bonitur und der Cellulase Aktivitätsbestimmung korrelierten bei der Fraktion „unterer Stengelabschnitt“ mit  $r = 0,43^{***}$  zwar statistisch hoch signifikant (Tab. 27), aber faktisch nicht sehr eng. D. h. eine nach Daumendruck-Bonitur als fusariumbefallen bewertete Pflanze wies nicht unbedingt eine hohe Enzymaktivität auf und somit zeigten die angewendeten Methoden keine hohe Übereinstimmung.

Nach HOFFMANN et al. (1994) trägt Cellulase kaum zur Mazeration des Gewebes bei, da die Zellwand zunächst von Pektinasen degradiert werden muß, bevor das Cellulosegerüst von Cellulasen angegriffen werden kann. Von den im gemäßigten Klima an der Maisstengelfäule beteiligten Fusariumarten ist jedoch bekannt, daß sie zur Bildung von Pektinasen und anderen Glycanasen fähig sind (vgl. Übersicht bei URBANEK, 1989). Demnach muß eine hohe Cellulaseaktivität nicht in jedem Fall mit der Zerstörung des Stengelmarks, die bei der „Daumendruck-Bonitur“ erfaßt wird, verbunden sein.

Bei der Fraktion „oberer Stengelabschnitt“ war der Korrelationskoeffizient mit  $r = 0,33^{***}$  noch kleiner (Tab. 27). Dieses Ergebnis war jedoch erwartungsgemäß, da die Bonitur ausschließlich an der Stengelbasis vorgenommen wurde und die Ergebnisse nicht ohne weiteres auf den oberen Stengelabschnitt zu übertragen sind.

Aus Ergebnissen der Messungen zur Cellulaseaktivität im unteren Stengelbereich (Anhangtab. 14) wird deutlich, daß die Unterschiede zwischen den untersuchten Genotypen erst bei fortgeschrittener Abreife größer wurden. Insbesondere zum vierten

Erntetermin hoben sich die Genotypen 504 und 501 von 502 und 503 ab. Bei 502 und 503 war trotz der nach Boniturergebnissen relativ geringen Fusariumanfälligkeit (vgl. Tab. 17) ebenfalls eine deutliche Cellulaseaktivität festzustellen. Dieses Resultat bestätigt die Hypothese, daß die Cellulaseaktivität nicht unbedingt mit der Vermorschung des Stengelmaterials einhergeht.

Die Cellulaseaktivitätseinheiten des oberen Stengels (Anhangtab. 15) waren mit den Ergebnissen für die untere Restpflanzenfraktion hinsichtlich der Sortenrangierung vergleichbar. Auch in diesem Pflanzenmaterial hatten 502 und 503 wesentlich geringere Werte.

Die allgemein höheren Werte in der Restpflanzenfraktion oberhalb des Kolbens könnten mit einem niedrigeren Gehalt an leicht löslichen Kohlenhydraten in Zusammenhang gestanden haben, der möglicherweise die Widerstandsfähigkeit der Parenchymzellen des Stengelmarks schwächte und dadurch günstigere Lebensbedingungen für Schadorganismen schuf. Hierzu wären weitergehende Untersuchungen zu pflanzlichen Inhaltsstoffen notwendig. Aufgrund der Bodenbürtigkeit der Fusarien würde man hauptsächlich eine Infektion der Pflanzen, abhängig von der Fusariumart, entweder über die Wurzel oder über die Stengelbasis bis zum 3. bis 4. Nodium erwarten (RINTELEN, 1967; STEIN, 1977; KRÜGER, 1989) mit entsprechend höherer Cellulaseaktivität in diesen Bereichen der Pflanze. In geringerem Umfang ist auch eine Infektion der höher liegenden Pflanzenteile durch Wunden möglich (KOEHLER, 1960) oder durch Insekten, Wind und Regen, wodurch die Pilzsporen hinter die Blattscheiden transportiert werden und von dort Stengel und Kolben infizieren. Es ist allerdings auch zu berücksichtigen, daß sich im Stengelmaterial außer Fusarien noch andere cellulasebildende Organismen befinden (BAATH et al., 1990), die bei der Messung der Cellulaseaktivität nicht gesondert erfaßt werden können. Dadurch könnte sich die höhere Cellulaseaktivität im oberen Stengelabschnitt erklären. Am Krankheitskomplex der Maisstengelfäule sind jedoch vornehmlich Fusariumarten, sowie *Rhizoctonia solani* und gelegentlich *R. bataticola* beteiligt (KRÜGER, 1989; GARBE, 1995; ANONYM, 1996).

Der Rückgang der Cellulaseaktivität vom zweiten zum dritten Erntetermin, der unabhängig von den Sorten und in allen Versuchsjahren festgestellt wurde, ist schwierig zu interpretieren. Bekannt ist, daß Cellulasen durch eine Akkumulation der Hydrolyseendprodukte (Cellobiose, Glucose) gehemmt werden (HOFFMANN et al.,

1994). Diese Abbauprodukte, die zu einem bestimmten Zeitpunkt im Verlauf der Abreife in hohem Maße entstanden sein könnten, könnten von Pathogenen als Nahrungsquelle genutzt und metabolisiert worden sein, so daß die Enzymaktivität später, nach dem Abbau dieser Stoffe wieder ansteigen konnte.

Im Vergleich zu den diskutierten Ergebnissen der Restpflanzenfraktionen, die zusammenfassend gesehen keine hohe Übereinstimmung zwischen den angewendeten Methoden zur Ermittlung des Fusariumbefalls erkennen ließen, konnte hinsichtlich des Kolbenmaterials eine andere Beobachtung gemacht werden. Die im Versuchsjahr 1995 am Kolbenmaterial durchgeführten Cellulaseaktivitätsmessungen ergaben für diese Fraktion unbedeutend geringe Werte und stimmten dadurch mit den Beobachtungen, die im Freiland gemacht wurden, überein. Da jeder Kolben während der Ernte noch an der Maispflanze entliescht wurde, wäre ein Befall mit Kolbenfusariosen bemerkt worden. Somit kamen die angewendeten Methoden in diesem Fall zu übereinstimmenden Bewertungen.

### 5.1.3 Relation zwischen Fusariumbefall und Zearalenonkontamination

Das aus dem Versuchsjahr 1995 gewonnene Kolben- und Restpflanzenmaterial wurde auf eine mögliche Kontamination mit dem Fusariummykotoxin Zearalenon untersucht. Bei dem 1996 geernteten Material wurde ausschließlich die Restpflanzenfraktion untersucht. Da parallel dazu in jedem Jahr Boniturdaten erhoben wurden, war es möglich, die Resultate zu vergleichen.

Insbesondere aus Sicht der Tierernährung ist die Mykotoxinbildung durch Fusarien ein wichtiger Aspekt, da Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Tiere durch kontaminiertes Futter negativ beeinflusst werden können. Die Fusarien bilden nicht sofort nach einer Infektion Mykotoxine. Zunächst wird Energie verbraucht und die Produktion primärer Stoffwechselprodukte setzt ein (FRITSCH, 1978). Die Mykotoxinbildung ist auch nicht unmittelbar mit einer Zunahme von Pilzmycelmasse verbunden. Aus der Literatur ist vielmehr bekannt, daß für die Pilze ungünstige Wachstumsbedingungen zu einer vermehrten Mykotoxinbildung (= sekundäre Stoffwechselprodukte) führen (BU`LOCK, 1975; MILLER et al., 1983; OLDENBURG & BREVES, 1989).

Ein Befall mit Stengelfusariosen ist im Feld nur dann bonitierbar, wenn der Pilz aufgrund der Bildung von zellwanzzerstörenden Enzymen eine Schädigung im Wirtsgewebe hervorgerufen hat.

Daraus ergibt sich die Frage, inwieweit von dem bonitierten Befall nach „Daumendruck“ auf eine Kontamination mit Zearalenon geschlossen werden kann.

Der über die Faktoren Umwelt, Sorte und Wiederholung zwischen diesen Merkmalen berechnete Korrelationskoeffizient betrug  $r = 0,23^{***}$ . Es bestand demnach eine rechnerisch hoch signifikante, aber faktisch sehr schwache lineare Beziehung zwischen dem Zearalenongehalt der Restpflanze und dem bonitierten Befall. Bei der Betrachtung einzelner Standorte (Tab. 33) wird deutlich, daß auf den Standorten Lönigen, Bernburg und Ostbevern im Versuchsjahr 1996 keine signifikante Korrelation nachgewiesen werden konnte, während die Koeffizienten der übrigen Umwelten, insbesondere Grucking und Lönigen 1995 mit  $r = 0,69^{***}$  bzw.  $r = 0,57^{***}$ , auf die Existenz eines engeren Zusammenhangs deuteten.

Bei den Umwelten mit sehr lockerer bzw. ohne signifikante Korrelation sind sehr hohe Zearalenonkonzentrationen (Anhangtab. 28) in nach der Feldbonitur gesund erscheinenden Maispflanzen analysiert worden (z.B. Merklingsen '95 und Ostbevern '95). Es wurden allerdings auch in Umwelten, in denen nach Daumendruckbonitur ein hoher Fusariumbefall herrschte, z.T. geringe Zearalenonkonzentrationen in den Restpflanzen gemessen (z.B. Bernburg '96 und Lönigen '96). Demnach ist durchaus möglich, daß ein starker Fusariumbefall mit einer zu vernachlässigenden Mykotoxinbildung einhergeht bzw. daß ein optisch gesund erscheinender Maisbestand stark mit Zearalenon belastet ist.

Nach diesen Ergebnissen kann über die „Daumendruck“-Bonitur nicht auf eine potentielle Mykotoxinbelastung des Silomaises und umgekehrt geschlossen werden. HERMANN et al. (1998) verglichen in einem zweijährigen Versuch den Fusariumbefall an Ähren und Körnern verschiedener Getreidearten mit den im Korngut produzierten Gehalten an Deoxynivalenol (DON). Sie kamen zu dem Ergebnis, daß insbesondere zwischen Ährenbefall, aber auch zwischen Kornbefall und DON Gehalt im Korngut nur eine lose Beziehung besteht. Als Ursache vermuteten sie eine Beeinflussung der Korrelation durch die Erfäßbarkeit des Ährenbefalls. Der Ährenbefall wurde anhand der ausgebleichten Ährenoberfläche geschätzt, ein Verfahren, daß sich nicht bei allen Getreidearten als praktikabel erwies.



Auch die „Daumendruck-Bonitur“ als Boniturmethode für den Befall mit Stengelfusariosen bei Mais könnte ein Grund für die schwache Korrelation zwischen den Merkmalen Fusariumbefall und Zearalenon Gehalt sein. Es wird bei diesem Boniturverfahren lediglich die Festigkeit des Stengels überprüft, die sortenbedingt oder aufgrund anderer Ursachen (beispielsweise Krankheiten und Schädlinge) schwächer sein kann. Das Mykotoxin Zearalenon wird aber ausschließlich von Pilzen der Gattung *Fusarium* gebildet (GRUBER-SCHLEY, 1987; DROCHNER, 1990). Ferner ist zu bedenken, daß an einer Kontaminierung der Pflanze neben der eigentlichen Pilzinfektion viele Faktoren, wie beispielsweise Infektionszeitpunkt, Wachstumsbedingungen für den Pilz, Streßfaktoren für die Wirtspflanze, Entwicklungsstadium der Wirtspflanze etc. beteiligt sind, die durch die Feldbonitur nicht berücksichtigt werden (AUERBACH & GEISSLER, 1992). Es besteht des Weiteren eine große Variabilität hinsichtlich des Toxinbildungsvermögens der unterschiedlichen *Fusarium*arten und -stämme sowie Herkünfte (GRUBER-SCHLEY, 1987). Nach KRÜGER (1989) besitzt die „Daumendruckbonitur“ den Nachteil, daß die Stengelfäule erst ab einem moderaten Ausmaß erfaßt werden kann. Ein schwacher Befall ist durch diese Methode als solcher nicht feststellbar.

Eine weitere Ursache für die lockere Korrelation, speziell bei den Standorten, die außergewöhnlich hohe Zearalenon Gehalte aufwiesen, könnte eine zu langsame Trocknung des Erntegutes sein. Insbesondere eine Lufttrocknung von Körnern kann noch längere Zeit günstige Bedingungen für Pilzwachstum bzw. Mykotoxinbildung liefern (KRÜGER, 1989). Erst bei einem Wassergehalt von weniger als 20 % ist das Wachstum der Fusarien weitgehend unterbunden (DE NIJS et al., 1996; LEW & ADLER, 1997). Nach TRAN (1990) setzt eine Zearalenonbildung bereits bei einer Kornfeuchte von 15 - 16 % und einer Temperatur von 25°C ein. Gebildetes Zearalenon kann durch einen Trocknungsprozeß jedoch nicht abgebaut werden (AUERBACH & GEISSLER, 1992; LEW & ADLER, 1997).

Die äußerst geringen Zearalenon Gehalte in den Kolbenproben der vorliegenden Untersuchung, die dieselbe Trocknungsbehandlung erhielten wie das Restpflanzenmaterial, deuten jedoch auf eine ordnungsgemäße, zügige Trocknung des Probenmaterials hin. Es kann deshalb davon ausgegangen werden, daß nach der Ernte kein weiteres Zearalenon in den Restpflanzenproben gebildet wurde.

Im Gegensatz zu den Boniturdaten konnte allerdings sowohl zu der Reifegruppenzugehörigkeit als auch zum Abreifeverhalten der untersuchten Sorten ein Zusammenhang bezüglich der Zearalenonkontamination nachgewiesen werden (Tab. 31). Die Sorten der mittelfrühen Reifegruppen zeigten im Durchschnitt über alle Umwelten einen signifikant geringeren Zearalenongehalt als die Sorten der frühen Reifegruppe und auch „Stay Green“ Sortentypen wiesen durchschnittlich geringere Zearalenongehalte auf als konventionelle Sortentypen. Das Zearalenon wurde demzufolge vermehrt in physiologisch älterem Stengelgewebe gebildet, in dem möglicherweise ungünstigere Lebensbedingungen für die Fusarien herrschen, z.B. aufgrund eines geringeren Gehaltes an leicht löslichen Kohlenhydraten.

Die derzeit gängige Boniturmethode, die sogenannte „Daumendruck-Bonitur“ ermöglicht nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen keine zuverlässigen Aussagen über eine potentielle Zearalenonkontamination des bonitierten Pflanzenbestandes. Fusariumresistenz ist daher aus Sicht der Tierernährung ein wichtiges Qualitätskriterium für jede Art von Mais, der zu Futterzwecken angebaut wird.

## **5.2 Einfluß der untersuchten Faktoren auf die *in vitro*-Verdaulichkeit**

Die ökonomische Bedeutung des Merkmals Verdaulichkeit wird aus schweizerischen Modellrechnungen (SCHNYDER, 1993; MENZI et al., 1994) deutlich. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, daß eine Verdaulichkeitserhöhung um 1 % die gleiche Wirkung auf das Betriebsergebnis eines durchschnittlichen schweizerischen Milch- und Mastviehbetriebes hat, wie eine Ertragssteigerung von 800 kg TS/ha. Nachfolgend sollen die Auswirkungen der untersuchten Faktoren auf die *in vitro*-Verdaulichkeit anhand der Ergebnisse des 5 Genotypen Tests und des 20 Genotypen Tests diskutiert werden.

### **5.2.1 Genotyp**

Ein wichtiger Aspekt der vorliegenden Arbeit war die Frage nach dem Einfluß des Abreifeverhaltens von Maisgenotypen auf die *in vitro*-Verdaulichkeit. Aus diesem Grund

steht bei der nachfolgenden Diskussion zum Einfluß des Faktors Genotyp auf die *in vitro*-Verdaulichkeit das genotypisch determinierte Abreifeverhalten der untersuchten Maissorten im Vordergrund.

Durch die Züchtung von sogenannten „Stay Green“ Maistypen erhoffte man sich eine Verbesserung der Verdaulichkeit bzw. eine Verlangsamung der Verdaulichkeitsreduktion im Verlauf der Abreife (BÖSE, 1997) und somit eine höhere Futterqualität.

Die „Stay Green“ Maistypen zeichnen sich durch eine länger grünbleibende Restpflanze bei gleichzeitig „normal“ schnell abreifendem Kolben aus. Durch diese Entkopplung der Abreife von generativen und vegetativen Pflanzenorganen unterscheiden sie sich von den konventionellen Mais-Genotypen („Dry Down“ Typen), deren Restpflanzen und Kolben synchron abreifen (EDER, 1998b; EDER, 1999a). Nach WEISSBACH (1999) ist der Futterwert einer Silomaisorte zu dem Zeitpunkt am höchsten, wenn einerseits die Stärkeeinlagerung in das Korn weitgehend abgeschlossen, aber andererseits die Restpflanze noch physiologisch jung und somit gut verdaulich ist. Bei normal abreifenden Sorten ist das zeitliche Zusammentreffen dieser Faktoren kaum zu realisieren. Des weiteren ist bekannt, daß die Verdichtungsfähigkeit bei der Silagebereitung sowie die Standfestigkeit und Gesundheit der Maispflanzen mit fortschreitender Abreife der Restpflanze drastisch schlechter werden (MILTNER & RATH, 1998; EDER, 1998b; EDER, 1999b).

In der vorliegenden Arbeit wurden in zwei Versuchsansätzen 5 bzw. 20 Genotypen untersucht, die im Hinblick auf Reifegruppenzugehörigkeit (früh / mittelfrüh) und Abreifeverhalten („Stay Green“ / „Dry Down“) variierten. Ein möglicher Zusammenhang zwischen diesen genotypisch determinierten Merkmalen und der *in vitro*-Verdaulichkeit sollte geklärt werden.

In beiden Versuchsansätzen erwies sich der Faktor Genotyp als signifikante Einflußgröße auf die Verdaulichkeitsschätzung. Das galt für die einzelnen untersuchten Fraktionen des 5 Genotypen und 20 Genotypen Tests sowie für die Verdaulichkeitsschätzung des Ganzpflanzenmaterials mittels der NIRS Technik (Tab. 20 und Tab. 30). Die untersuchten Sorten variierten in der Cellulaseverdaulichkeit der einzelnen Fraktionen unterschiedlich stark. Die geringsten Unterschiede von maximal 1,4% DOMD (Tab. 21) wurden bei den Kolbenproben im 5 Genotypen Test ermittelt und bestätigten dadurch aus der Literatur bereits bekannte Ergebnisse (DEINUM et al.,

1984). Signifikante Differenzen konnten ausschließlich zwischen den beiden mittelfrühen Genotypen mit „Stay Green“ Charakter nachgewiesen werden, während die drei frühen, schnell abreifenden Sorten sich nicht unterschieden. Auch nach den Ergebnissen des 20 Genotypen Tests besaß der Faktor Genotyp zwar einen signifikanten Einfluß, jedoch ließ sich dieser Einfluß weder auf die Reifegruppenzugehörigkeit noch auf das Abreifeverhalten der Genotypen zurück führen (Tab. 31). Da die Cellulaseverdaulichkeit des Kolbenmaterials zwischen den verschiedenen Genotypen aber auch zwischen den Standorten des 20 Genotypen Tests wenig variierte, wurde in den Folgejahren die Kolbenanalyse auf den Versuchsansatz des 5 Genotypen Tests beschränkt.

Im Gegensatz zum Kolben war bei der Cellulaseverdaulichkeit der Restpflanze eine ausgeprägtere Varianz zwischen den untersuchten Genotypen festzustellen. Die Ergebnisse des 5 Genotypen Tests deuteten bei beiden Fraktionen (Stengel unterhalb bzw. oberhalb des Kolbens) auf einen Vorteil der mittelfrühen „Stay Green Typen“ im Vergleich zu den frühen Sorten hin (Tab. 21). Allerdings zeigte auch der „Dry Down“ Typ 504 eine sehr gute Cellulaseverdaulichkeit und übertraf im Bereich des unteren Stengels sogar alle anderen Genotypen. Auch die Ergebnisse des 20 Genotypen Test (Tab. 31) ließen einen signifikanten Unterschied zwischen den Genotypen der frühen und mittelfrühen Reifegruppe bezüglich der Cellulaseverdaulichkeit der Restpflanze erkennen. Ein Effekt aufgrund des Abreifeverhaltens war jedoch nicht statistisch abzusichern. Insgesamt betragen die Sortenunterschiede hinsichtlich der Cellulaseverdaulichkeit der untersuchten Restpflanzenfraktionen maximal ca. 4,6 Prozentpunkte (Anhangtab. 25). Möglicherweise waren diese Differenzen deshalb nicht so stark ausgeprägt, da Stengel und Blätter nicht getrennt analysiert worden sind. Nach Untersuchungen von HEPTING (1988) ist die Varianz der Restpflanzenverdaulichkeit unterschiedlich stark abgereifter Genotypen hauptsächlich auf Differenzen in der Stengelverdaulichkeit zurückzuführen, während die Verdaulichkeit des Blattmaterials der Genotypen kaum variiert.

Ferner besteht nach HEPTING (1988) zwischen der Verdaulichkeit der Restpflanze und der Art der Abreife „ein gewisser, aber keineswegs ein strenger Zusammenhang“. Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen diese Aussage.

Die Sorten des 5 Genotypen Tests konnten hinsichtlich der geschätzten Verdaulichkeit der Ganzpflanze, unabhängig von der angewendeten Methode (NIRS bzw. Cellulasemethode) in zwei Gruppen eingeteilt werden (Tab. 21). Bei 502 („Stay Green“, mittelfrühe Reifegruppe, wenig fusariumanfällig) und 504 („Dry Down“, frühe Reifegruppe, stärker fusariumanfällig) wurde die Verdaulichkeit höher eingeschätzt als bei 501, 503 und 505. Nach den Ergebnissen der Cellulasemethode war diese Differenz stets signifikant. Somit konnte auch in Übereinstimmung mit den Daten aus dem 20 Genotypen Test kein Effekt aufgrund der Reifegruppenzugehörigkeit bzw. des Abreifeverhaltens eines Genotyps auf die Verdaulichkeitsschätzung der Ganzpflanze festgestellt werden.

Vielmehr hatte wahrscheinlich der Kolbenanteil an der Gesamtpflanzenmasse aufgrund der hohen Verdaulichkeit der Körner einen großen Einfluß auf die Gesamtverdaulichkeit des Maises (SCHWARZ et al., 1996).

Der Frischkolbenanteil (FKA) von 504 lag besonders gegen Ende der Abreife um ca. 15 % höher als bei den Sorten mit langsam abreifender Restpflanze (502 und 503). Auch im Trockenkolbenanteil (TKA) waren signifikante Unterschiede zu 501, 502 und 503 zu erkennen (Anhangtab. 8). Aufgrund dieses vergleichsweise hohen Kolbenanteils und der guten Cellulaseverdaulichkeit der Restpflanze besaß der „Dry Down“ Typ 504 im Mittel die höchste Cellulaseverdaulichkeit der untersuchten Sorten des 5 Genotypen Tests. Auch nach HEPTING (1992) beruhen Sortenunterschiede im Futterwert im wesentlichen auf unterschiedlichen Kolbenanteilen. Während die Verdaulichkeit des Kolbens einen sehr geringen Einfluß auf den Futterwert hat, kann die Restpflanzenverdaulichkeit von größerer Bedeutung sein.

Eine schwach negative Korrelation (unterer Stengelabschnitt:  $r = -0,31^{***}$ , oberer Stengelabschnitt:  $r = -0,37^{***}$ ) die zwischen den Merkmalen Restpflanzenverdaulichkeit und Kolbenanteil vermutet wird (HEPTING, 1988), konnte auch in der vorliegenden Untersuchung nachgewiesen werden. HEIN et al. (1996) berichten davon, daß durchaus nicht immer eine negative Beziehung zwischen der Qualität der Restpflanze und dem Kolbenanteil auftreten muß und somit einen Ansatzpunkt für die züchterische Verbesserung des Silomais darstellten kann. Nach Untersuchungen von DEINUM und BAKKER (1981) ist zumindest bei den unter niederländischem Klima angebauten frühreifen Maishybriden keine Korrelation zwischen dem Kolbenanteil und der Verdaulichkeit der Zellwandbestandteile des Stengelmateriale festzustellen. Eine zügig

erfolgte Kornfüllung muß nicht mit einer stärkeren Lignifizierung der Zellwände des Stengels oder einer stärkeren Abnahme der Zellwandverdaulichkeit verbunden sein.

Die Ergebnisse der beiden Versuchsansätze deuteten auf Differenzen der Verdaulichkeitsschätzwerte zugunsten der mittelfrühen Sorten hin. Jedoch können auch einzelne schneller abreifende Sorten eine ähnlich hohe *in vitro*- Verdaulichkeit der Restpflanze erreichen, wie die Ergebnisse des 5 Genotypen Test zeigten.

Die *in vitro*- Verdaulichkeit von „Stay-Green“-Typen und somit auch der Futterwert war im Vergleich zu „Dry Down“ Typen nach den vorliegenden Ergebnissen nicht grundsätzlich höher. In Einzelfällen konnte bei „Dry Down“ Typen bei vergleichbaren TS-Gehalten eine signifikant höhere *in vitro*- Verdaulichkeit von Restpflanze und Ganzpflanze festgestellt werden.

Vermutlich setzt bei „Stay-Green“-Typen die Lignifizierung der Restpflanze später ein, so daß eine Konservierung des Silomaises bei höheren Kolbentrockensubstanzgehalten möglich ist und somit das Energieoptimum bzw. der günstigste Erntezeitpunkt über einen längeren Zeitraum erhalten bleibt. Es ist jedoch durchaus möglich, daß das Energiemaximum bzw. die maximale Verdaulichkeit der Restpflanze dieser physiologisch länger grün bleibenden Pflanzen grundsätzlich hinter der bestimmter Sorten mit konventionellem Abreifeverhalten zurückbleibt und daß „Stay-Green“-Typen somit primär einen betriebsorganisatorischen Vorteil aufgrund der höheren Ernteflexibilität bieten.

### 5.2.2 Reifestadium

Der energetische Wert einer Silomaisorte hängt neben der Nährstoffzusammensetzung auch unmittelbar von der Verdaulichkeit der Nährstoffe ab. Die Verdaulichkeit wird u. a. von der chemischen Zusammensetzung und von den Anteilen der einzelnen Pflanzenfraktionen (Körner, Spindel, Blätter und Stengel) am Ganzpflanzenmaterial beeinflusst (DACCORD et al., 1995; HEIN et al., 1996). Da beide Faktorenkomplexe im Verlauf der Reifeperiode nicht konstant bleiben, ist auch mit Veränderungen hinsichtlich der Verdaulichkeit während verschiedener Reifestadien zu rechnen.

Der Aufbau des 5 Genotypen Tests ermöglichte Untersuchungen zum Einfluß der Reifephase (definiert durch TS-Gehalte) auf die *in vitro*- Verdaulichkeit der verschiedenen Maissorten. Aus den Ergebnissen der Varianzanalyse (Tab. 20) wird deutlich, daß die Reifephase auf alle untersuchten Merkmale einen signifikanten Einfluß ausübte.

In der Tabelle 22 sind die Ergebnisse zur Cellulaseverdaulichkeit der einzelnen Pflanzenfraktionen in den vier Reifephasen dargestellt. Das Stadium der optimalen Cellulaseverdaulichkeit war bei den untersuchten Pflanzenfraktionen zu unterschiedlichen Phasen erreicht. Während die Cellulaseverdaulichkeit des Kolbens im Verlauf der Abreife kaum variierte wurde deutlich, daß die Cellulaseverdaulichkeit der beiden Restpflanzenfraktionen mit zunehmendem TS-Gehalt stark abnahm. Zwischen den Merkmalen Cellulaseverdaulichkeit und TS-Gehalt bestand bei beiden Restpflanzenfraktionen eine signifikant negative Korrelation ( $r = -0,60$  \*\*\*). Die Verdaulichkeitsschätzung der Ganzpflanze zeigte übereinstimmend nach den beiden angewendeten Verfahren (Cellulasemethode bzw. NIRS) in den Reifephasen 1, 2 und 3 ebenfalls eine sehr geringe Variabilität, zur letzten Reifephase (TS-Gehalte der Ganzpflanze > 39%) hingegen war, vermutlich bedingt durch den steigenden Kolbenanteil (Anhangtab. 8), eine deutliche Erhöhung der geschätzten Verdaulichkeit festzustellen. Von einer weitgehend unveränderten Verdaulichkeit der organischen Substanz zwischen Unterteigreife (25 % TS) und Druschreife (35 % TS) berichteten auch DACCORD et al. (1995). Ihrer Meinung nach wird die im Verlauf der Abreife abnehmende Verdaulichkeit des Stengels durch den steigenden Kolbenanteil mit hochverdaulichen Körnern kompensiert. Der Kolbenanteil an der Gesamtpflanzenmasse hat aufgrund der hohen Verdaulichkeit der Körner einen großen Einfluß auf die Gesamtverdaulichkeit des Maises (SCHWARZ et al., 1996).

Bezüglich der Beziehung zwischen der Cellulaseverdaulichkeit der Ganzpflanze und dem Trockenkolbenanteil (TK Anteil) war bei der vorliegenden Untersuchung allerdings insgesamt betrachtet keine lineare Beziehung festzustellen. Eine statistisch gesehen signifikant negative Korrelation ( $r = -0,31$  \*\*\* unterer Stengel bzw.  $r = -0,37$  \*\*\* oberer Stengel) existierte zwischen der Cellulaseverdaulichkeit der Restpflanzenfraktionen und dem TK Anteil.

Diese Korrelation steht vermutlich in Zusammenhang mit der Reifephase der Maispflanze, da unabhängig vom Genotyp mit fortschreitender Abreife der Kolbenanteil zunimmt und die Cellulaseverdaulichkeit der Restpflanze zurückgeht.

Auch DEINUM und BAKKER (1981) fanden bezüglich der Merkmale Kolbenanteil und Ganzpflanzenverdaulichkeit eine vergleichsweise schwache Korrelation von etwa  $r = 0,50$  bei zweijährigen Versuchen mit Maishybriden, die bei TS-Gehalten zwischen 28,1 und 37,5 % geerntet worden waren. Als Ursache für diese schwache Korrelation vermuteten die Autoren die geringe Variationsbreite des untersuchten Merkmals Kolbenanteil. Der Kolbenanteil variierte lediglich zwischen 41 % und 61 %, was auch im Vergleich zu den vorliegenden Untersuchungen (min. TKA: 33,5%, max. TKA: 68,6%) gering ist. Jedoch konnte trotz der größeren Spannweite des Meßbereiches der vorliegenden Untersuchung keine lineare Beziehung zwischen der geschätzten Verdaulichkeit der Ganzpflanze und dem Trockenkolbenanteil festgestellt werden.

Hinsichtlich des Einflusses der Reifephase und der ebenfalls untersuchten Einflußfaktoren auf die geschätzte Verdaulichkeit kam es mit Ausnahme des Kolbenmaterials zu keinerlei Interaktionen. Die Veränderungen der *in vitro*-Verdaulichkeit der untersuchten Restpflanzenfraktionen waren unabhängig von genotypisch determinierten Effekten nachzuweisen. Bei dem Kolbenmaterial hingegen konnte eine signifikante Wechselwirkung zwischen den Faktoren Genotyp und Reifephase festgestellt werden. Der Kolben des Genotyps 502 zeigte abweichend von den anderen Genotypen eine deutliche Zunahme der Cellulaseverdaulichkeit zwischen der dritten und vierten Reifephase (Abb. 9). Im Ansatz konnte dieses auch bei der Sorte 503 beobachtet werden. Trotz der fortgeschrittenen Abreife wurde bei diesen „Stay Green“ Typen vermutlich noch Stärke in den Kolben eingelagert. Des weiteren nahm möglicherweise die Verdaulichkeit der Spindel weniger stark ab als bei den drei konventionellen Sortentypen 501, 504 und 505. Der Spindelanteil der einzelnen Genotypen ist in vorliegender Arbeit nicht untersucht worden. Es ist allerdings bekannt, daß diesbezüglich ausgeprägte Sortenunterschiede existieren (MILTNER, 1997) und dementsprechend Effekte auf die Verdaulichkeit des Kolbenmaterials ausüben können.

Die durchgeführten Untersuchungen zur Schätzung der Verdaulichkeit auf eine geringe Varianz des für die Qualität von Maissilage wichtigen Merkmals Verdaulichkeit der



Ganzpflanze während des praxisrelevanten TS-Gehaltes (27 % bis 37 %) hin. Jedoch ist die Verdaulichkeit nur eines unter vielen qualitätsbestimmenden Merkmalen einer Maissilage. Andere Merkmale, wie beispielsweise Krankheitsanfälligkeit oder Verdichtungsfähigkeit des Häckselgutes sind im Verlauf der Abreife einer stärkeren Variation unterworfen und sollten deshalb unbedingt berücksichtigen werden.

### 5.2.3 Fusariumbefall

Fusarien gehören zu den häufigsten Schimmelpilzgattungen der gemäßigten Breiten (BAATH et al., 1990; OLDENBURG, 1997). Aufgrund der ubiquitären Verbreitung und der wenig ausgeprägten Wirtsspezifität der meisten Arten sind sie, global gesehen, die größten mikrobiellen Schaderreger in Maisbeständen (GRUBER-SCHLEY, 1987; SMITH et al., 1994). RINTELEN (1966) sowie BAATH et al. (1990) konnten verschiedene Fusarienarten im Stengelmark von symptomatisch gesunden Pflanzen nachweisen. Der Ausbruch der Krankheit hängt nach RINTELEN sehr stark von der „Krankheitsbereitschaft“ des Wirtes ab. Diese Bereitschaft steigt mit dem Abtransport der assimilierten Kohlenhydrate zur Einlagerung in den Kolben, also zum Zeitpunkt der Kolbenreifung. Die Parenchymzellen des Stengelmarks verlieren offensichtlich durch die abnehmende Zuckerkonzentration ihre Widerstandsfähigkeit (RINTELEN, 1966; MEYER & MOHR, 1988).

Bei Mais kann Fusariumbefall prinzipiell während der gesamten Vegetationsperiode auftreten und alle Pflanzenteile betreffen (STEIN, 1977; KRÜGER, 1989; LEPSCHY, 1992; SCHUMANN & ZREIK, 1994).

Stengelfusariosen können unabhängig von Kolbenfusariosen auftreten (LEW, 1998). Durch die vorliegenden Untersuchungsergebnisse konnte dieser Sachverhalt bestätigt werden. Während in Abhängigkeit von Maissorte, Versuchsjahr und Reifestadium teilweise große Schäden aufgrund von Stengelfäule festgestellt werden konnten, wurden bei keiner Sorte Kolbenfusariosen beobachtet. Diese Boniturergebnisse zeigten somit Übereinstimmung mit den Untersuchungsergebnissen zur Cellulaseaktivität (Kap. 4.2.2.2) sowie zum Zearalenongehalt im Kolbenmaterial (Kap. 4.2.3.1).

Ein Befall mit Stengelfusariosen hat die Zerstörung der Leitungsbahnen zur unmittelbaren Folge und bei längerfristigem Befall des Pilzes kann ein frühzeitiges

Absterben der Restpflanze mit reduzierter Verdaulichkeit die Konsequenz sein (ANONYM, 1996).

Über einen Einfluß von Fusariumbefall auf die Verdaulichkeit ist bislang jedoch wenig bekannt. Neben den erwähnten negativen Effekten von Fusariumbefall auf die Verdaulichkeit könnte theoretisch auch eine verbesserte Verdaulichkeit der organischen Substanz denkbar sein. Diese Möglichkeit könnte sich während einer frühen Infektionsphase ergeben, in der die Fusarien zwar schon mit der Zerstörung der schwer verdaulichen Zellwandbestandteile ihrer Wirtspflanze begonnen, aber den leicht verdaulichen Zellinhalt noch nicht in entsprechendem Ausmaß abgebaut haben.

Nach den Ergebnissen der Varianzanalyse des 5 Genotypen Tests (Tab. 20) wurden signifikante Einflüsse des Fusariumbefalls auf die Cellulaseverdaulichkeit der Restpflanzenfraktion „oberer Stengelabschnitt“ ( $p < 0,05$ ) sowie auf die NIRS-Ergebnisse ( $p < 0,001$ ) nachgewiesen. In der Abbildung 10 ist die Korrelation zwischen *in vitro*- Verdaulichkeit und Fusariumbefall für den oberen Stengelabschnitt dargestellt. Für die Genotypen 501 und 503 war diese negative Korrelation signifikant, d.h. eine Zunahme des Fusariumbefalls war bei diesen Sorten mit einer reduzierten *in vitro*-Verdaulichkeit des oberen Stengelabschnittes verbunden; die anderen untersuchten Genotypen ließen diese Beziehung nicht erkennen. Hinsichtlich der Merkmale *in vitro*-Verdaulichkeit der Ganzpflanze nach NIRS und Fusariumbefall besaß nur der Genotyp 504 eine signifikant positive Korrelation (Abb. 11). Vermutlich hing aber die Zunahme der *in vitro*- Verdaulichkeit nicht unmittelbar mit dem Fusariumbefall zusammen, sondern mit dem insbesondere bei dieser Sorte stark ansteigenden Kolbenanteil (Anhangtab. 8). Mit fortschreitender Abreife finden beide Merkmale stärkere Ausprägung.

Auch der 20 Genotypen Test zeigte einen Effekt des Fusariumbefalls auf die *in vitro*-Verdaulichkeit (Tab. 30). Bei diesem Versuchsansatz war die Cellulaseverdaulichkeit der Restpflanze ( $p < 0,05$ ) sowie wiederum die geschätzte Verdaulichkeit der Ganzpflanze nach NIRS ( $p < 0,001$ ) betroffen.

Eine lineare Beziehung zwischen *in vitro*- Verdaulichkeit und Fusariumbefall existierte jedoch in beiden Fällen nicht (Abb. 12 bis 15).

Nach den vorliegenden Resultaten der Verdaulichkeitsschätzung kann somit davon ausgegangen werden, daß Fusariumbefall keinen wesentlichen Einfluß auf die Wiederkäuerverdaulichkeit von Maispflanzen ausübt. Da ein Fusariumbefall meist mit

einem erhöhten TS-Gehalt bzw. einer schnellen Pflanzenabreife (Notreife) einhergeht (RINTELEN, 1966; MENSAH & ZWATZ, 1975; MEYER & MOHR, 1988; LEW & ADLER, 1997), könnte jedoch indirekt, aufgrund eines höheren TS-Gehaltes, die Verdaulichkeit verringert sein. Insbesondere zwischen den beiden Restpflanzenfraktionen konnte eine signifikant negative Korrelation in Höhe von  $r = -0,60^{***}$  zwischen der *in vitro*-Verdaulichkeit und dem TS-Gehalt nachgewiesen werden.

Zur Verifizierung dieser These wurden mit den Daten der Feldversuche Korrelationsberechnungen zwischen dem TS-Gehalt und dem Fusariumbefall durchgeführt. Wie in der Literatur beschrieben (RINTELEN, 1966; MENSAH & ZWATZ, 1975; MEYER & MOHR, 1988; LEW & ADLER, 1997) konnte ein Zusammenhang zwischen den Merkmalen nachgewiesen werden.

Die Korrelationsberechnungen zwischen dem TS-Gehalt und dem Fusariumbefall deuteten insbesondere bei den Restpflanzenfraktionen (unterer Stengel:  $r = 0,63^{***}$ , oberer Stengel:  $r = 0,71^{***}$ ) auf einen engen Zusammenhang hin. Dagegen war der Kolben TS-Gehalt nur schwach ( $r = 0,26^{***}$ ) mit dem Fusariumbefall des Stengels korreliert und aufgrund dieser Feststellung zeigte auch die Ganzpflanze eine weniger ausgeprägte Beziehung ( $r = 0,52^{***}$ ) zum Fusariumbefall.

Zu den verschiedenen Ernteterminen (Tab. 39) korrelierte der TS-Gehalt der Restpflanze unterschiedlich stark mit dem Fusariumbefall. Zu Beginn der Abreife war eine schwach negative Korrelation festzustellen, die mit fortschreitender Abreife und höherem Fusariumbefallsdruck stärker positiv wurde. Dieses galt für beide Stengelfraktionen in vergleichbarem Ausmaß.

Tab 39: Korrelationen zwischen TS-Gehalt der Restpflanzenfraktionen und Fusariumbefall zu den verschiedenen Ernteterminen

<b>Erntetermin</b>	<b>unterer Stengel (r)</b> (TS-Gehalt/Fusariumbefall)	<b>oberer Stengel (r)</b> (TS-Gehalt/Fusariumbefall)
T 1	-0,27 *	-0,39 **
T 2	0,23 n.s.	0,47 ***
T 3	0,52 ***	0,51 ***
T 4	0,65 ***	0,65 ***

Diese Ergebnisse bestätigen die These, daß ein Befall mit Stengelfusariosen mit einem erhöhten TS-Gehalt einhergeht. Ungeklärt bleibt aber die Frage, ob der TS-Gehalt erst durch Fusariumbefall erhöht wurde, oder ob eine fortschreitende Abreife Fusariumbefall leichter ermöglichte.

Letzteres ist nach RINTELEN (1966) zu erwarten. Da anzunehmen ist, daß die pilzlichen Parasiten in erster Linie den kohlenhydratreichen, leicht löslichen Zellinhalt als Nahrungsquelle nutzen, ist jedoch zu erwarten, daß auch der Befall eine Erhöhung des TS-Gehaltes nach sich zieht.

#### 5.2.4 Umwelt

Der Faktor Umwelt bestand in der vorliegenden Untersuchung aus den Teilfaktoren Standort und Jahr. Von diesen beiden Faktoren ist hinlänglich bekannt, daß sie Qualitätsmerkmale des Maises, unter anderem auch die Verdaulichkeit beeinflussen können. Aus diesem Grunde werden beispielsweise Sortenprüfungen des Bundessortenamtes, wie Wertprüfungen oder Landessortenversuche oder auch EU Sortenprüfungen stets über mehrere Jahre und auf mehreren Standorten durchgeführt. Der Anbau des 20 Genotypen Tests erfolgte auf fünf verschiedenen Standorten in Deutschland über die Jahre 1995 bis 1997 (vgl. Abb. 5) und ermöglichte somit die Untersuchung von Umwelteffekten auf die *in vitro*-Verdaulichkeit der Maissorten. Wie aus den Ergebnissen der varianzanalytischen Auswertung (Tab. 30) deutlich wird, konnte ein hoch signifikanter Einfluß ( $p < 0,001$ ) des Faktors Umwelt auf alle untersuchten Merkmale nachgewiesen werden.

Die maximale Differenz der Cellulaseverdaulichkeit des Kolbenmaterials war zwischen den untersuchten Sorten mit 2,4 Prozentpunkten deutlich größer als zwischen den untersuchten Standorten des Jahres 1995 (Anhangtabelle 26). Der Faktor Standort hatte demnach, wie auch die Faktoren Genotyp und Reifephase (vgl. Kap. 5.2.1 und 5.2.2) keinen starken Effekt auf die Cellulaseverdaulichkeit des Kolbens.

Hinsichtlich der Restpflanze (Anhangtab. 25) variierte die Cellulaseverdaulichkeit zwischen den einzelnen Sorten (max. Differenz = 4,6 Prozentpunkte) ebenfalls stärker als zwischen den Standorten (max. Differenz = 4,0 Prozentpunkte) und insbesondere zwischen den Versuchsjahren (max. Differenz = 1,5 Prozentpunkte). Dieser geringe

Jahreseinfluß zeigte sich auch bei den Ergebnissen der NIRS-Untersuchung des Ganzpflanzenmaterials. Hier betragen die Unterschiede nur maximal 0,9 Prozentpunkte zwischen den Versuchsjahren. Die Differenzen zwischen den Sorten lagen in vergleichbarer Größenordnung wie bei den Pflanzenfraktionen bei maximal 4,3 Prozentpunkten. Zwischen den untersuchten Standorten hingegen war mit maximal 5,1 Prozentpunkten eine größere Variation nachzuweisen. Die ausgeprägtesten Unterschiede zeigten sich diesbezüglich zwischen den Standorten Grucking und Merklingsen. Die auf dem Standort Grucking geernteten Maispflanzen waren im Vergleich zu dem Standort Merklingsen im Mittel über alle Versuchsjahre deutlich höher verdaulich (Tab. 32). Bei dem Restpflanzenmaterial ließ sich eine derartige Differenz nur für das Jahr 1995 feststellen. Unterschiede im Trockenkolbenanteil zwischen den Standorten, die zur Klärung der niedrigen *in vitro*-Verdaulichkeit der Ganzpflanze des Standortes Merklingsen herangezogen werden könnten, waren lediglich im Versuchsjahr 1997 zu beobachten (Anhangtab. 22). Die vergleichsweise niedrige *in vitro*-Verdaulichkeit der Ganzpflanze im Jahre 1996 für den Standort Merklingsen konnte anhand der erhobenen Daten nicht eindeutig geklärt werden.

Die Beeinflussung der Verdaulichkeit durch den Standort und durch Jahreseffekte ist ein komplexes Zusammenspiel vieler Teilaspekte.

In diesem Zusammenhang untersuchten STRIUK (1983) bzw. STRIUK et al. (1985) den Einfluß verschiedener Umwelteffekte auf die Verdaulichkeit von Mais. Die Ergebnisse wiesen eine positive Beeinflussung der Verdaulichkeit durch hohe Lichtintensität während eines bestimmten Zeitraumes nach, die Temperatur hingegen besaß eine geringere Bedeutung.

#### 5.2.4.1 Interaktionen

Die Umwelteffekte wurden durch Wechselwirkungen, die zwischen den Faktoren Umwelt und Genotyp auftraten, überlagert. Die Effekte der Umwelt auf die Schätzwerte der Verdaulichkeit konnten demnach nicht unabhängig betrachtet werden von den Effekten, die der Genotyp ausübte. Eine Interpretation dieser Wechselwirkung ist anhand der erhobenen Daten schwer möglich, da sich sowohl der Faktor Genotyp, als auch der Faktor Umwelt sehr komplex zusammensetzen.

Trotzdem war festzustellen, daß die „Extrem“-Sorten bezüglich der Cellulaseverdaulichkeit der Restpflanze stets (in jedem Jahr oder jedem Standort) identisch blieben (Anhangtab. 25). Die Maissorte 2014 besaß faktorunabhängig eine extrem niedrig verdauliche Restpflanze, während 2016 faktorunabhängig stets eine sehr hohe *in vitro*- Restpflanzenverdaulichkeit besaß. Die Einzelergebnisse zur Cellulaseverdaulichkeit bzw. Verdaulichkeitsschätzung nach NIRS der Genotypen und ihrer Fraktionen können den Anhangtabellen 24, 25 und 26 entnommen werden.

Im Gegensatz zu den vorliegenden Ergebnissen fanden HERTER et al. (1996b) geringe Umwelt × Sorte Interaktionen bei den von ihnen durchgeführten Untersuchungen zum Umwelteinfluß auf die Qualität von Silomais. Nach diesen Untersuchungen waren sowohl der Umwelteinfluß als auch der Jahreseinfluß auf die geschätzte Verdaulichkeit von Silomaissorten nicht konstant. Alle von den Autoren untersuchten Standorte brachten in einem Jahr Mais mit relativ hoher und im anderen Jahr mit relativ niedriger Verdaulichkeit hervor.

### **5.3 Einfluß von Fusariumbefall auf Parameter der Pansenphysiologie**

Durch die Untersuchung von Auswirkungen eines Fusariumbefalls auf die Cellulaseverdaulichkeit können mögliche Differenzen ausschließlich auf infektionsbedingte Veränderungen von Struktur oder Inhaltsstoffen des jeweiligen Futtermittels zurückgeführt werden. Der Fusariumbefall kann aber zusätzlich auch intraruminale Fermentationsvorgänge beeinflussen. Ursachen hierfür sind beispielsweise infektionsbedingte Auswirkungen auf Menge und Artenzusammensetzung der Pansenflora. Diese potentielle Beeinflussung wurde durch Überprüfung verschiedener, mit Hilfe des Langzeitinkubationssystems RUSITEC erfaßbarer Parameter, untersucht.

In drei Wiederholungen (Inkubationsdauer jeweils acht Tage) wurden die sechs Fermentationsbehälter des RUSITEC-Systems mit drei Maissorten (501, 504, und 505) in stark und schwach fusariumbefallener Variante befüllt.

Die Ergebnisse dieses Versuchs wurden varianzanalytisch ausgewertet und in der Tabelle 34 zusammengefaßt.

Der Genotyp als Einflußfaktor erwies sich lediglich für das Merkmal Buttersäurebildung als signifikant. Bei der Fermentation des Genotyps 504 wurde signifikant mehr Buttersäure gebildet als bei den anderen Genotypen (Tab. 35). Jedoch wurde dieses Merkmal durch alle untersuchten Faktoren sowie deren Wechselwirkungen beeinflusst. Eine stärkere Einflußnahme erfolgte durch den Faktor Wiederholung. Die drei Wiederholungen unterschieden sich hinsichtlich des pH Wertes, der Protozoenanzahl, der  $\text{NH}_4\text{-N}$ -Bildung, der Synthese von Mikrobenprotein sowie der Buttersäurebildung. Der Effekt der Wiederholung auf den pH Wertes im Pansensaft war vermutlich ebenso wie der signifikante Anstieg der Mikrobenmasse und der  $\text{NH}_4\text{-Stickstoff}$ menge in der dritten Wiederholung (Tab. 37) auf die erhöhte Harnstoffgabe zur Pufferlösung (vgl. Kap. 3.3.9.4) zurückzuführen. Diese war durchgeführt worden, um auszuschließen, daß Mikroorganismen aufgrund eines Defizits in der Stickstoffversorgung in ihrer Fermentationsaktivität eingeschränkt waren. Durch die zusätzliche Harnstoffgabe erhöhte sich die  $\text{NH}_4\text{-Versorgung}$  im Pansensaft von 50 mg auf 250 mg  $\text{NH}_4\text{-N} / \text{l}$ . Nach MEHREZ et al. (1977) gilt als untere Grenze der Stickstoffversorgung ein Wert von 235mg  $\text{NH}_4\text{-N} / \text{l}$ . Anhand der vorliegenden Untersuchungsergebnisse konnte jedoch insgesamt gesehen keine gesteigerte Fermentationsaktivität, die auf die höhere  $\text{NH}_4\text{-N}$  Konzentration im Pansensaft zurückzuführen wäre, festgestellt werden.

Neben der veränderten Harnstoffgabe begründeten sich signifikante Unterschiede einiger Merkmale zwischen den drei Wiederholungen darin, daß der Pansensaft jedes Durchganges wahrscheinlich nicht vollständig identisch in der Zusammensetzung war. Durch gleichbleibende Fütterungsbedingungen wurde zwar versucht, den Pansensaft, der fistulierten Ochsen entnommen wurde, konstant zu halten. Jedoch sind Unterschiede nicht völlig auszuschließen, insbesondere hinsichtlich der Protozoendichte, die auch durch die Entnahme bedingt sein konnten. Die höhere Protozoendichte des ersten Durchganges könnte dann der Grund für die geringere Bildung an Mikrobenprotein und Buttersäure gewesen sein.

Der wichtigste Einflußfaktor auf die im RUSITEC System untersuchten Merkmale war allerdings der Fusariumbefall. Wie der Tabelle 36 zu entnehmen ist, war bei starkem Fusariumbefall der pH Wert und Bildung von Mikrobenprotein erhöht, während die Protozoenanzahl, die Bildung von Fermentationsgasen, sowie die Bildung der flüchtigen Fettsäuren Buttersäure und Valeriansäure bei starkem Fusariumbefall reduziert war.

Eine zentrale Schlüsselposition stellte nach den vorliegenden Resultaten die reduzierte Protozoenanzahl bei stark fusariumbefallenem Maisstroh (F+ Fermenter) dar. Insgesamt nahm die Protozoenmenge in allen Fermentern, unabhängig von der Befüllung und insbesondere an den ersten beiden Inkubationstagen, rapide ab und stabilisierte sich dann bis zum Ende der Inkubation auf vergleichsweise niedrigem Niveau (Abb. 16).

Diese Reduktion kann auf verschiedene Ursachen zurückzuführen sein. Vermutlich konnte der Lebensraum „Pansen“ nicht vollständig im Fermenter des RUSITEC-Systems simuliert werden, so daß für Protozoen wichtige Parameter im Fermenter nicht optimiert waren.

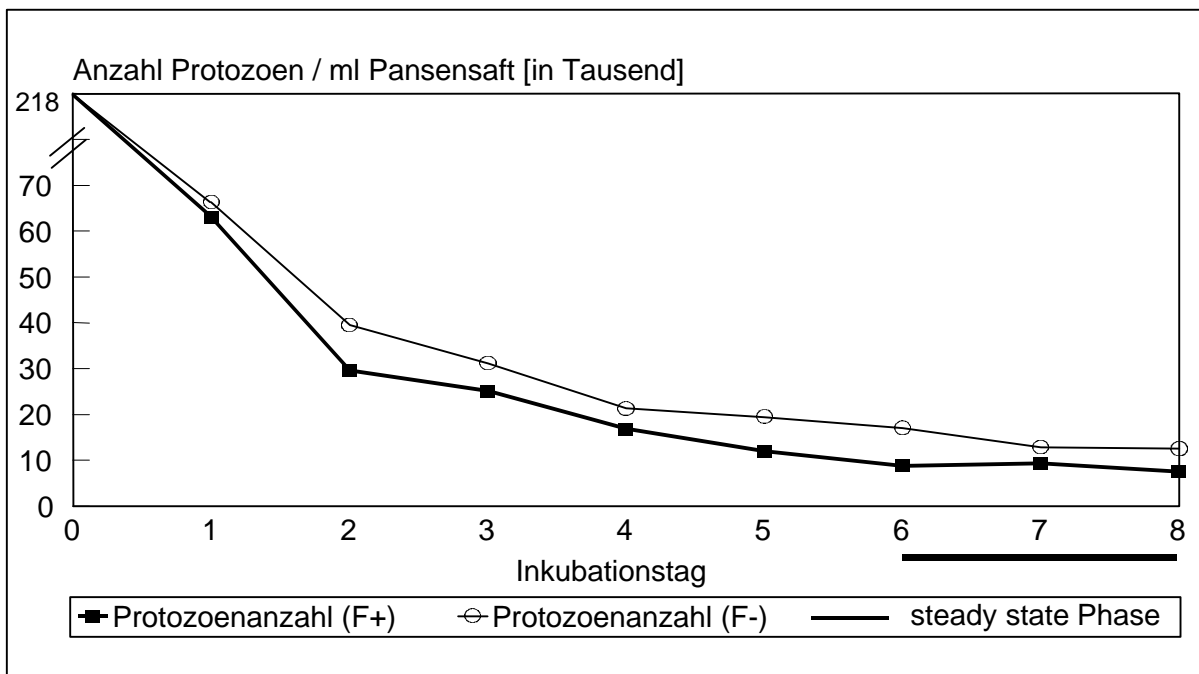


Abb. 16: Protozoenanzahl im Pansensimulationssystem RUSITEC während Inkubation mit F+ bzw. F- Maisstengeln

GD 5% Protozoenanzahl (Fusariumbefall  $\times$  Inkubationstag): 4165 Protozoen/ml

Der pH-Wert lag zwar stets im physiologischen Normalbereich zwischen pH 6 und pH 7 (CZERKAWSKI, 1986), die Redoxpotentialmessungen (Anhangtab. 29) jedoch deuteten auf eine O<sub>2</sub>-Belastung der Mikroorganismen hin. Das Redoxpotential als Maß für den Sauerstoffgehalt in der Fermentationsflüssigkeit war mit Werten zwischen ca. -150 mV und -110 mV deutlich über den *in vivo*-Normalwerten, die bei etwa -380 mV liegen (HARMEYER, 1973). Zudem muß davon ausgegangen werden, daß Protozoen unerwünschterweise in sehr hohem Maße aus dem RUSITEC-System ausgespült



wurden, beispielsweise aufgrund des permanenten Überlaufflusses. Ein weiterer Austrag entstand beim Wechsel der Futterbeutel. Viele Protozoenarten haften insbesondere an festen Futterpartikeln (HARMEYER, 1973; COLEMAN, 1980) und können nicht vollständig von „alten“ Futterbeuteln abgespült werden, wenn diese durch „frische“ ersetzt werden.

Unabhängig von diesen Reduktionsursachen konnte aber ein Einfluß des Fusariumbefalls nachgewiesen werden (Tab. 34). In den Fermentern mit stark fusariumkontaminiertem Mais befanden sich signifikant weniger Protozoen (Tab. 36). Die Variation des Merkmals Protozoenanzahl war unter dem Einfluß des Faktors Fusariumbefall deutlich größer als unter dem Einfluß des Faktors Wiederholung (Tab. 36 und 37).

Im Gegensatz zu den Untersuchungen zum Einfluß von Fusariumbefall auf die *in vitro*-Verdaulichkeit (Kap. 5.2.3) konnte durch vorliegende Ergebnisse gezeigt werden, daß die Fusarien oder deren Stoffwechselprodukte einen Effekt auf die Fermentation ausübten. Auch KAMPHUES et al. (1992) konnten durch RUSITEC-Untersuchungen einen negativen Einfluß von mikrobiell belasteten Futtermitteln auf die Protozoenanzahl feststellen.

Mit Hilfe von <sup>15</sup>N-markiertem Harnstoff erfolgte die Quantifizierung der mikrobiellen Proteinsynthese während der Inkubation. Auch hinsichtlich dieses Parameters war ein Einfluß des Fusariumbefalls festzustellen (Tab. 36). Bei stark fusariumkontaminiertem Maisstroh wurde signifikant mehr Mikrobenmasse gebildet. Diese höhere Mikrobenmasse kann eine Folge der geringeren Protozoendichte in den F+ Fermentern sein, da Protozoen Prädatoren und Nahrungskonkurrenten der Bakterien sind und sie als Quelle für Stickstoffkomponenten zur Synthese eigener Proteine nutzen (HARMEYER, 1973; COLEMAN, 1980).

Die Korrelation der beiden Merkmale „Protozoendichte“ und „Mikrobenmasse“ war mit  $r = -0,40^*$  jedoch nicht sehr eng, d.h. sie variierten weitgehend unabhängig voneinander oder die positive Wirkung des Fusariumbefalls betraf selektiv nur bestimmte Bakterienarten. Für diese Schlußfolgerung spricht auch das Ergebnis, daß die Methanbildung während der Fermentation von stark fusariuminfiziertem Maisstroh tendenziell reduziert war. Methanogene Bakterien (hauptsächlich *Methanobacterium ruminantium* und *Methanobacterium mobilis*) nutzen die Fermentationgase H<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub>

zur Energiegewinnung und produzieren dabei  $\text{CH}_4$  (DEMEYER & GIESECKE, 1973; CZERKAWSKI, 1986).

Die Reduktion der Methansynthese kann entweder auf einer direkten Hemmung der methanogenen Bakterien beruhen oder auf den Mangel eines der Ausgangssubstrate zurückzuführen sein. Bei der vorliegenden RUSITEC-Untersuchung kann jedoch davon ausgegangen werden, daß  $\text{CO}_2$  aus dem Fettsäurestoffwechsel in ausreichendem Maße vorhanden war, da der  $\text{CO}_2$ -Gehalt des Fermentationsgases im Rahmen der gaschromatographischen Untersuchung überprüft wurde (Ergebnisse nicht dargestellt). Über eine verminderte Methanbildung in Verbindung mit reduzierter Protozoenzahl wird in der Literatur übereinstimmend berichtet (MAURUSCHAT, 1996; WILLIAMS & COLEMAN, 1997; DA COSTA GOMEZ, 1999).

Nach CZERKAWSKI (1986) sowie COLEMAN (1980) und KRUMMHOLZ et al. (1983) haften Bakterien unter anderem auf den Protozoenoberflächen bzw. leben in Vesikeln des Endoplasmas und verwerten den von den Protozoen abgegebenen Wasserstoff als essentielles Substrat für die Methansynthese. KRUMMHOLZ et al. (1983) wiesen nach, daß einige Protozoenarten in Gemeinschaft mit methanproduzierenden Bakterienpopulationen besser wuchsen und höhere Reproduktionsraten zeigten. Es existiert demnach eine wechselseitige Abhängigkeit zwischen bestimmten Protozoen- und Bakterienarten und die Erhöhung der Mikrobenmasse sowie die Reduktion der Methansynthese kann mit der Verringerung der Protozoenzahl in den F+ Fermentern in ursächlichem Zusammenhang stehen.

Die Ergebnisse zur Bildung von Mikrobenprotein korrelierten mit  $r = 0,99$  \*\*\* hoch signifikant mit dem tendenziell erhöhten Ammoniakspiegel. Im Stoffwechsel des Wiederkäuers entsteht Ammoniak beim Abbau von stickstoffhaltigen Protein- und Nichtproteinverbindungen und wird als Substrat für die mikrobielle Proteinsynthese genutzt (HUNGATE, 1966; GIESECKE, 1973; DIRKSEN, 1990). Auch in RUSITEC-Untersuchungen von HÖLTERSHINKEN et al. (1997) bewirkte die Fermentation von verpilztem Gras eine Erhöhung des Ammoniakspiegels, was die Autoren auf die höhere Proteinzufuhr durch das verpilzte Gras zurückführten. Die in der vorliegenden RUSITEC-Untersuchung verwendeten Maisstengel wurden ebenfalls im Rahmen einer Nährstoffanalyse auf ihren Rohproteingehalt analysiert (Tab. 12). Das stärker fusariumbefallene Material von zwei der drei Sorten (501 und 505) zeigte einen deutlich höheren Rohproteingehalt als das weniger befallene Maisstroh der jeweiligen Sorte. Die

beiden Varianten (F+ bzw. F-) der Sorte 504 unterschieden sich im Gegensatz dazu sowohl im Rohproteingehalt als auch hinsichtlich der  $\text{NH}_4\text{-N}$  Bildung während der Inkubation nicht. Somit kann davon ausgegangen werden, daß die tendenziell höhere  $\text{NH}_4\text{-N}$  Bildung der Sorten 501 und 505 auf die höhere Proteinzufuhr in das RUSITEC-System aufgrund des Pilzbefalls zurückzuführen war.

Im Pansen des Wiederkäuers entstehen durch den mikrobiellen Abbau der pflanzlichen Kohlenhydrate außer Gärgasen ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ) auch flüchtige Fettsäuren. Bei diesen flüchtigen Fettsäuren handelt es sich zu mehr als 95% um Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure und Valeriansäure (CZERKAWSKI, 1986; MENKE & HUSS, 1987; LÖFFLER, 1987; SCHEUNERT & TRAUTMANN, 1987). Neben der Gesamtgasproduktion, die ebenso wie die Methanproduktion bei den F+ Fermentern reduziert war, war somit die Bildung von flüchtigen Fettsäuren ein wichtiger Parameter bei der Beurteilung des Kohlenhydratstoffwechsels. Die Summe der während der Inkubation produzierten flüchtigen Fettsäuren variierte zwischen den F+ und F- Fermentern nicht signifikant. Tendenziell konnte eine höhere Syntheserate bei dem weniger fusariuminfizierten Mais (F- Fermentern) festgestellt werden. Diese Differenz begründete sich ausschließlich in der signifikant höheren Menge an Valeriansäure und Buttersäure<sup>1</sup>. Auf die Bildung von Essigsäure und Propionsäure hatte der Fusariumbefall keinen Einfluß. Diese Ergebnisse lassen die Vermutung zu, daß der schadhafte Silomais keinen allgemein hemmenden Effekt auf den Kohlenhydratstoffwechsel hatte, sondern möglicherweise selektiv einzelne Mikroorganismengruppen beeinträchtigte.

Wie aus der Nährstoffanalyse des benutzten Maisstrohs (Tab. 12) berechnet werden konnte, existierten zwischen den fusariumbefallenen und den fusariumfreien Varianten ausgeprägte Differenzen hinsichtlich der Gehalte bestimmter Inhaltsstoffe, insbesondere hinsichtlich des Gehaltes an Zucker, Stärke und organischem Rest. Das fusariumbefallene Maisstroh könnte aufgrund des geringeren Gehaltes dieser Inhaltsstoffe eine für die Mikroben suboptimale Nahrungsquelle gewesen sein. Die

---

<sup>1</sup> Die signifikante Zunahme der Valeriansäure- und Buttersäureanteile konnte sowohl für die iso-, als auch für die n-Stereoisomere beobachtet werden; deshalb wird nachfolgend auf diese Differenzierung verzichtet.

veränderte Versorgung der Mikroben aufgrund des Substrates könnte zu der festgestellten Veränderung des Verhältnisses der Fettsäuren zueinander geführt haben. Ein Vergleich der molaren Verhältnisse der flüchtigen Fettsäuren (Tab. 40) macht deutlich, daß durch den stark fusariumhaltigen Mais keine sehr ausgeprägten Auswirkungen festzustellen waren.

Tab. 40: Vergleich der Verteilung [Mol%] der ruminalen flüchtigen Fettsäuren im physiologischen Normbereich (DIRKSEN, 1990) und im RUSITEC-Versuch mit stark und schwach befallenem Mais (Mittelwerte über die Sorten, Wiederholungen und Inkubationstage 6, 7 und 8)

	Essigsäure [Mol%]	Propionsäure [Mol%]	Buttersäure [Mol%]	Valeriansäure [Mol%]
Normbereiche	50-65	20-25	10-20	5 (Rest*)
F+ Fermenter	58,9	24,3	12,1	4,7
F- Fermenter	55,8	22,6	15,1	6,5

\*neben Valeriansäure auch Ameisensäure, Capronsäure und höhere Fettsäuren

Im Wesentlichen lagen alle flüchtigen Fettsäuren sowohl bei den F-, als auch bei den F+ Fermentern innerhalb des physiologischen Normbereichs.

Der physiologische Bereich kann allerdings, insbesondere in Abhängigkeit von der Fütterungsart und dem Zeitpunkt der Untersuchung (nach der Fütterung) sehr stark variieren (vgl. Übersicht bei GÜRTLER, 1971). Das Verhältnis der einzelnen Fettsäuren zueinander ist insbesondere für die Milchproduktion des Wiederkäuers von großer Bedeutung (vgl. Übersichten bei GÜRTLER, 1971 sowie DEMEYER & GIESECKE, 1973). So sind Acetat und Butyrat wichtige Substrate für die Milchfettsynthese, während Propionat vorrangig für den Aufbau von Lactose und Kasein verwendet wird.

Die Beeinträchtigungen durch stark fusariuminfizierten Mais waren nach den vorliegenden Untersuchungen zur Bildung von flüchtigen Fettsäuren für den Kohlenhydratstoffwechsel von untergeordneter Bedeutung.

Hinsichtlich der Auswirkungen von mikrobiell belasteten Futtermitteln auf die Synthese von flüchtigen Fettsäuren sind in der Literatur unterschiedliche Ergebnisse beschrieben. Nach Untersuchungen von HÖLTERSHINKEN et al. (1997) bewirkte die *in vitro*-„Verfütterung“ von verpilztem Gras zwar eine deutliche Benachteiligung der cellulolytischen Bakterien und eine Begünstigung der Butyratbildner, jedoch bewerteten

die Autoren diese Veränderungen als für den ruminalen Kohlenhydratstoffwechsel „geringfügig“.

Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen fand MAURUSCHAT (1996) einen sehr starken Rückgang bei der Bildung von n-Buttersäure. Der Autor untersuchte mittels eines RUSITEC Systems den Einfluß von Roquefortin, einem Mykotoxin der Pilzgattung *Penicillium* auf den ruminalen Stoffwechsel. Die Fermentation verschimmelter Maissilage bewirkte hinsichtlich der Summe der gebildeten flüchtigen Fettsäuren einen starken Rückgang. Besonders stark waren die Einbußen bei der n-Buttersäure, weniger stark bei der Propionsäure, so daß sich das Fettsäuren-Verhältnis zugunsten der Propionsäure verschob. Insgesamt war auch aus dieser Untersuchung kein erkennbarer Effekt auf die Fermentation nachzuweisen, was auf das Toxinabbauvermögen vor allem der cellulolytischen Bakterien zurückgeführt wurde.

In anderen Untersuchungen zum Einfluß von verschimmelter bzw. verfaulter Maissilage wurde ebenfalls eine stark reduzierte Bildung flüchtiger Fettsäuren und eine Verschiebung des Fettsäurenverhältnisses zugunsten der Propionsäure (MAIWORM, 1994) nachgewiesen.

Zusammenfassend ist festzuhalten, daß negative Effekte auf die Pansenfermentation durch stark fusariumbelasteten Mais bei *in vitro*- Untersuchungen beobachtet werden konnten. Diese Effekte können direkt aufgrund von infektionsbedingten Veränderungen, wie z.B. Energiegehalt oder Struktur des Maises und / oder indirekt durch den Fusariumbefall hervorgerufen worden sein. Möglich sind auch Auswirkungen von Mykotoxinen, die bestimmte, an der Verdauung beteiligte Mikroorganismen gehemmt haben. Die Frage, inwieweit die vorliegenden *in vitro*- Versuchsergebnisse auf *in vivo* Verhältnisse übertragbar sind, kann nicht eindeutig beantwortet werden. Die Erfahrungen aus der landwirtschaftlichen Praxis deuten im allgemeinen auf eine geringere Mykotoxinempfindlichkeit von Wiederkäuern im Vergleich zu Monogastriern hin (TRENHOLM et al., 1984; CHARMLEY et al., 1993; OSWEILER et al., 1993; OLDENBURG, 1999). Bei einigen Mykotoxinen (z.B. Deoxynivalenol, Ochratoxin A) kann von einer Detoxifikation durch Pansenmikroben ausgegangen werden (KING et al., 1984; BAUER, 1991).

KALLELA & VASENIUS (1982) postulierten, daß die höhere Toleranz der Wiederkäuer gegenüber dem Zearalenon in einem effektiveren Abbau durch die

Fermentationsvorgänge im Pansen begründet sei. Diese Feststellung ist jedoch nach heutigem Kenntnisstand widerlegt, da eines der Abbauprodukte, das  $\alpha$ -Zearalenol, die 3- bis 4fache östrogene Aktivität der Muttersubstanz besitzt. Das aufgenommene Zearalenon wird mindestens zu 90% im Pansen umgewandelt; hauptsächlich zu  $\alpha$ -Zearalenol und zu einem geringen Teil zu  $\beta$ -Zearalenol (KIESSLING et al., 1984; LERCH, 1990). Somit ist ein minimaler Abbau des Zearalenons im Pansen anzustreben, da durch eine Metabolisierung vermutlich eine Steigerung der toxischen Wirkung stattfindet. Nach LERCH (1990) sind an den Abbauvorgängen hauptsächlich amylolytisch aktive Pansenmikroorganismen beteiligt, eine signifikante Korrelation zwischen der Zearalenonabbaurate und der Protozoendichte konnte nicht nachgewiesen werden.

Die geringere Zearalenonempfindlichkeit der Wiederkäuer ist somit noch nicht eindeutig geklärt.

## 6 Zusammenfassung

Durch zwei Versuchskonzepte mit dreijährigen Feldversuchen und unterschiedlichen methodischen Ansätzen wurde der Einfluß ausgewählter Faktoren auf die geschätzte Verdaulichkeit von Maissorten untersucht. Die untersuchten Maissorten aus der frühen und mittelfrühen Reifegruppe wiesen ausgeprägte Unterschiede hinsichtlich des Abreifeverhaltens („Stay Green / „Dry Down“) sowie der Anfälligkeit für Pilze der Gattung *Fusarium* auf. Die Analyse erfolgte sowohl an Ganzpflanzenmaterial, als auch an einzelnen Fraktionen (Kolben und Restpflanze, bzw. Kolben, Stengel unterhalb und Stengel oberhalb des Kolbens).

Der Einfluß folgender Faktoren wurde analysiert:

- **Genotyp**

Die untersuchten Genotypen zeigten signifikante Unterschiede bezüglich der *in vitro*-Verdaulichkeit. Diese Differenzen waren grundsätzlich im Restpflanzenmaterial deutlich stärker ausgeprägt als im Kolbenmaterial. Die Unterschiede im Kolbenmaterial der Sorten ließen sich weder auf die Reifegruppenzugehörigkeit, noch auf das Abreifeverhalten zurückführen. Hinsichtlich der *in vitro*-Verdaulichkeit der Restpflanze waren die mittelfrühen Genotypen im Durchschnitt etwas günstiger zu beurteilen, jedoch besaßen auch einige frühe Genotypen eine überdurchschnittlich hohe *in vitro*-Verdaulichkeit bei vergleichbaren oder sogar höheren TS-Gehalten. Ein Effekt des Abreifeverhaltens konnte allerdings auch bei dieser Pflanzenfraktion nicht nachgewiesen werden. Zwischen der *in vitro*-Verdaulichkeit der Restpflanze und dem Kolbenanteil wurde eine schwach negative Korrelation festgestellt.

- **Reifestadium**

Das Maximum der *in vitro*-Verdaulichkeit war bei den untersuchten Fraktionen zu unterschiedlichen Zeitpunkten erreicht. Die *in vitro*-Verdaulichkeit des Kolbens variierte sortenunabhängig im Verlauf der Abreife kaum, bei beiden Stengelfraktionen reduzierte sie sich mit zunehmender Abreife deutlich. Die *in vitro*-Verdaulichkeit der Ganzpflanze variierte während des für die Silagebereitung relevanten TS-Gehaltes (27%-37%) nur geringfügig.

- **Fusariumbefall**

Für das Kolbenmaterial konnte in Übereinstimmung mit den angewendeten Methoden kein Fusariumbefall festgestellt werden. Stengelfusariosen waren in Abhängigkeit von Sorte und Umwelt teilweise sehr ausgeprägt vorhanden. Eine eindeutige lineare Beziehung zwischen der *in vitro*- Verdaulichkeit und der Stärke des Fusariumbefall existierte jedoch nicht. Zwischen dem bonitierten Fusariumbefall und der Zearalenonkontamination bestand lediglich eine schwach positive Korrelation ( $r = 0,23$ ). Die derzeit praktizierte Boniturmethode, die Daumendruck Methode, läßt nach diesen Ergebnissen keine zuverlässigen Aussagen über eine mögliche Zearalenonkontamination des Mais zu.

Weiter konnte festgestellt werden, daß Maissorten, die der mittelfrühen Reifegruppe zugeordnet werden, im Durchschnitt weniger mit Zearalenon kontaminiert waren als frühe Sorten. Auch „Stay Green“ Sorten enthielten durchschnittlich weniger Zearalenon in der Restpflanze als konventionelle Sortentypen.

- **Umwelt**

Die Beeinflussung der *in vitro*- Verdaulichkeit durch den Faktor Umwelt setzte sich aus Standort und Jahreseffekten zusammen. Es konnte festgestellt werden, daß der Einfluß des Jahres von geringerer Bedeutung als der Einfluß des Standortes war. Des weiteren traten allerdings auch signifikante Wechselwirkungen zwischen den Faktoren Umwelt und Genotyp auf, die die Interpretation eines potentiellen Umwelteinflusses anhand der erhobenen Daten erschwerten.

Neben den Analysen zur Beeinflussung der *in vitro*- Verdaulichkeit durch Fusarien, wurde an einem **Pansensimulationssystem** untersucht, ob Fusariumbefall bei Mais Effekte auf Parameter der Pansenphysiologie ausübt. Die Ergebnisse zeigten eine signifikante Reduktion der Protozoenzahl sowie eine erhöhte Bildung an mikrobieller Proteinmasse bei starkem Fusariumbefall. Auch hinsichtlich der Synthese der flüchtigen Fettsäuren Buttersäure und Valeriansäure war bei starkem Fusariumbefall eine signifikante Reduktion zu beobachten.



## 7 Summary

The impact of selected factors on the *in vitro* digestibility of maize cultivars used for silage was investigated in two 3-year field trials, using different methodologies. The maize cultivars investigated were from two maturing groups, early and medium early, and two maturing habits, “Stay Green” and “Dry Down”. In addition, the cultivars differed in their susceptibility to infection by fungi of the genus *Fusarium*. Analyses were carried out on samples of the whole, above ground, maize plant and on different plant parts (cob, stover above the cob and stover below the cob).

Effects of the following factors were investigated:

- **Genotype**

The genotypes showed differences in *in vitro* digestibility, which were more distinct in the stover material than in the cob. The differences between genotypes in digestibility of cob material were not correlated to either maturing group or maturing habit. Although, on average, the stover of medium early maturing genotypes had a higher *in vitro* digestibility, single genotypes of the early maturing group showed an above average *in vitro* digestibility with comparable or even higher dry matter contents. Maturing habit had no effect on stover digestibility. A slight negative correlation was found between stover digestibility and the proportion of cob present.

- **Stage of maturing**

The maximum value for *in vitro* digestibility of parts of the maize plant occurred at different stages of maturing. During the maturing process, there was little variation in cob digestibility but the estimated digestibility of both stover parts decreased markedly. However, the variation in *in vitro*- digestibility of the whole plant during the dry matter range important for silage making (27% - 37% DM) was too small to be of significance.

- **Fusarium infection**

No *Fusarium* infection of the cobs was detected, but an occasional, massive infection of stover material was found, depending on environment and cultivar. No clear correlation

was found between stover *in vitro*- digestibility and the extent of *Fusarium* infection. Only a weak positive correlation ( $r = 0,23$ ) was found between the *Fusarium* infection rate (assessed by “Pinch-Test”) and the amounts of the mycotoxin Zearalenone in the stovers. Therefore, the “Pinch-Test” as an assessment method for *Fusarium* infection in maize is not a reliable indicator of Zearalenone levels.

The results of this study further indicate that, on average, Zearalenone levels were lower in medium early maturing cultivars than in early maturing cultivars, and lower in “Stay Green” than “Dry Down” cultivars.

- **Environment**

The factor of environment consisted of effects due to location and year and location had a greater influence on *in vitro*- digestibility than year. Significant environment x genotype interactions confounded the interpretation of the effect of environment.

In addition to investigations on the *in vitro* digestibility estimation of maize, an experiment that dealt with the impact of *Fusarium* infection on certain parameters of rumen physiology was carried out. The results obtained from analysis by a “**Rumen Simulation Technique**”- **system** showed a significant decrease of the number of protozoa and an increase of the protein mass produced by microbes in the rumen liquid, due to *Fusarium* infection. Another finding was that the production of two short chain fatty acids decreased significantly during the fermentation of *Fusarium*-infected maize.

## 8 Tabellenanhang

### 8.1 Der 5 Genotypen Test

Anhangtab. 1: TS-Gehalte [%] des Ganzpflanzenmaterials, n = 4

Jahr	Termin	Genotyp				
		501	502	503	504	505
1995	1	27,87	26,03	29,80	29,47	28,75
	2	31,93	32,20	31,03	36,78	31,82
	3	47,78	41,53	45,17	49,45	43,65
	4	52,00	45,40	48,10	54,13	47,18
1996	1	25,38	24,50	26,55	26,12	25,75
	2	35,23	27,65	28,42	30,28	30,55
	3	38,11	29,18	31,74	36,74	36,24
	4	47,04	35,38	40,26	41,24	43,23
1997	1	30,80	30,05	30,80	33,85	30,07
	2	37,47	34,20	36,85	38,67	37,03
	3	44,90	38,13	41,30	44,15	45,72
	4	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.

k. A. = keine Angabe

Anhangtab. 2: TS-Gehalte [%] des Kolbenmaterials, n = 4

Jahr	Termin	Genotyp				
		501	502	503	504	505
1995	1	47,08	42,55	49,88	50,70	46,55
	2	54,52	51,25	56,82	55,98	54,68
	3	61,77	59,43	65,35	61,60	61,88
	4	65,33	60,50	66,25	63,62	63,67
1996	1	36,30	35,87	42,47	40,60	35,25
	2	49,75	47,65	51,45	49,88	48,00
	3	51,77	49,57	54,09	49,29	49,43
	4	55,78	51,40	56,78	50,62	53,10
1997	1	50,45	50,40	53,25	52,95	50,50
	2	58,12	55,28	59,50	56,65	57,10
	3	61,22	57,13	61,55	59,38	59,97
	4	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.

k. A. = keine Angabe

Anhangtab. 3: TS-Gehalte [%] der Pflanzenfraktion „unterer Stengel“, n = 4

Jahr	Termin	Genotyp				
		501	502	503	504	505
1995	1	20,92	20,30	21,70	21,48	21,10
	2	24,10	21,90	23,43	25,03	22,15
	3	31,63	25,68	27,78	31,28	28,55
	4	32,63	25,85	27,20	31,60	28,22
1996	1	18,95	18,58	20,35	18,47	19,25
	2	25,90	21,67	20,17	22,00	24,85
	3	26,25	18,85	19,54	24,31	26,52
	4	35,27	24,43	24,89	29,94	30,75
1997	1	19,72	16,97	19,20	17,90	18,88
	2	26,17	20,53	21,65	24,03	23,73
	3	29,90	23,73	24,93	30,18	29,03
	4	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.

k. A. = keine Angabe

Anhangtab. 4: TS-Gehalte [%] der Pflanzenfraktion „oberer Stengel“, n = 4

Jahr	Termin	Genotyp				
		501	502	503	504	505
1995	1	27,62	25,43	27,75	27,60	28,40
	2	29,55	27,50	28,92	28,20	29,95
	3	38,42	28,45	32,63	39,42	31,28
	4	47,70	29,07	34,13	42,18	32,32
1996	1	26,50	24,83	26,90	26,92	27,93
	2	28,17	24,05	25,95	29,30	27,93
	3	33,60	25,98	28,94	32,89	31,64
	4	49,55	28,73	45,77	41,84	44,71
1997	1	24,35	24,28	25,48	23,55	24,30
	2	32,00	27,60	30,15	31,65	29,53
	3	35,58	26,98	30,67	34,30	33,78
	4	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.

k. A. = keine Angabe

Anhangtab. 5: Trockenmasseerträge [dt/ha] des Kolbenmaterials, n = 4

Jahr	Termin	Genotyp				
		501	502	503	504	505
1995	1	80,35	75,62	86,57	81,80	77,67
	2	98,50	97,02	106,03	93,45	99,20
	3	106,95	121,18	126,53	104,72	112,43
	4	112,62	121,18	120,98	100,58	118,67
1996	1	65,25	72,50	71,45	78,20	72,53
	2	91,90	98,40	91,08	94,88	98,38
	3	98,01	107,87	100,24	92,42	100,88
	4	94,23	105,53	102,41	86,53	91,20
1997	1	85,10	94,88	93,58	92,03	97,05
	2	105,45	109,73	113,23	100,98	115,50
	3	107,25	112,45	117,05	96,93	112,60
	4	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.

k. A. = keine Angabe

Anhangtab. 6: Trockenmasseerträge [dt/ha] des unteren Stengelabschnittes, inkl. Lieschblätter, n = 4

Jahr	Termin	Genotyp				
		501	502	503	504	505
1995	1	61,50	55,53	63,70	48,58	53,40
	2	51,57	56,10	58,98	48,73	49,20
	3	57,10	58,82	59,62	41,68	55,10
	4	52,35	57,83	57,53	42,45	56,50
1996	1	71,53	78,15	85,20	62,75	62,80
	2	76,00	82,06	74,86	59,86	65,64
	3	54,72	63,12	62,89	49,69	52,89
	4	58,09	61,83	67,49	47,28	46,28
1997	1	52,28	58,37	64,05	40,85	52,47
	2	51,13	53,97	60,75	38,48	48,98
	3	48,55	55,93	63,08	36,90	52,38
	4	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.

k. A. = keine Angabe

Anhangtab. 7: Trockenmasseerträge [dt/ha] des oberen Stengelabschnittes, inkl. Fahne, n = 4

Jahr	Termin	Genotyp				
		501	502	503	504	505
1995	1	32,15	26,60	28,50	25,15	25,85
	2	32,05	28,47	29,83	22,40	27,75
	3	27,70	26,28	26,58	21,22	26,45
	4	26,68	26,35	25,45	20,08	26,02
1996	1	36,67	36,00	29,97	29,55	33,50
	2	31,80	32,51	24,95	26,38	29,09
	3	29,18	32,06	23,09	22,92	27,91
	4	28,86	25,87	24,02	20,66	25,30
1997	1	29,30	26,45	28,52	24,57	27,65
	2	31,03	26,70	29,13	28,38	28,83
	3	29,15	25,68	30,70	24,40	27,55
	4	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.

k. A. = keine Angabe

Anhangtab. 8: Anteile der Trockenkolben [%] an dem Trockenmasseertrag der Ganzpflanzen, n = 4

Jahr	Termin	Genotyp				
		501	502	503	504	505
1995	1	46,18	48,01	48,45	52,55	49,49
	2	54,20	53,52	54,45	56,84	56,32
	3	55,80	58,80	59,46	62,47	57,91
	4	58,79	59,04	59,30	61,64	58,98
1996	1	37,50	38,82	38,28	45,86	42,95
	2	46,00	46,20	42,55	42,98	45,51
	3	53,90	53,11	53,85	55,97	55,54
	4	52,04	54,65	52,87	55,85	56,02
1997	1	50,97	52,76	50,29	58,45	54,82
	2	58,72	57,67	55,79	60,14	59,76
	3	57,92	58,00	55,52	61,23	58,43
	4	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.

k. A. = keine Angabe

Anhangtab. 9: *In vitro*-Verdaulichkeit des Ganzpflanzenmaterials [% DOMD], n = 4

Jahr	Termin	Genotyp				
		501	502	503	504	505
1995	1	62,18	63,72	60,27	64,10	57,84
	2	58,91	64,55	57,35	60,70	58,45
	3	66,95	68,63	64,47	68,76	64,67
	4	65,21	68,57	63,39	68,95	64,72
1996	1	65,84	67,13	65,17	68,49	64,22
	2	64,08	66,17	65,31	67,82	67,34
	3	57,62	62,11	56,52	61,53	58,23
	4	62,61	63,73	61,28	66,33	61,16
1997	1	66,00	67,64	65,33	68,95	64,41
	2	64,00	68,46	65,87	68,56	66,74
	3	67,00	70,21	66,85	69,27	68,69
	4	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.

k. A. = keine Angabe

Anhangtab. 10: *In vitro*- Verdaulichkeit des Ganzpflanzenmaterials  
[% ELOS nach NIRS], n = 4

Jahr	Termin	Genotyp				
		501	502	503	504	505
1995	1	63,55	64,23	61,65	62,27	57,23
	2	57,23	65,67	58,32	62,81	58,92
	3	69,55	70,59	69,67	71,99	67,30
	4	67,44	71,83	66,81	70,96	66,18
1996	1	64,08	66,14	65,37	66,20	64,07
	2	62,20	66,41	63,43	65,14	64,59
	3	59,14	61,36	57,21	63,48	58,72
	4	58,35	60,47	57,60	67,61	60,15
1997	1	66,22	66,82	65,32	67,58	62,84
	2	63,59	68,09	67,49	66,52	64,71
	3	66,18	68,24	69,78	70,71	70,84
	4	65,35	69,33	68,35	69,39	66,35

Anhangtab. 11: *In vitro*- Verdaulichkeit des Kolbenmaterials [% DOMD], n = 4

Jahr	Termin	Genotyp				
		501	502	503	504	505
1995	1	84,82	84,02	81,47	84,05	84,06
	2	85,86	86,11	84,36	85,21	84,04
	3	85,04	86,40	84,91	84,47	83,62
	4	85,02	86,54	83,91	85,07	82,20
1996	1	84,61	84,63	82,36	84,56	81,54
	2	87,46	88,07	87,79	87,17	87,79
	3	85,48	85,27	84,81	85,34	85,97
	4	84,32	85,27	83,90	84,24	85,12
1997	1	85,70	85,35	84,17	85,43	85,23
	2	85,26	85,01	84,17	84,22	85,20
	3	84,11	83,05	83,21	82,38	83,16
	4	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.

k. A. = keine Angabe



Anhangtab. 12: *In vitro*-Verdaulichkeit des unteren Stengelabschnittes [% DOMD],  
n = 4

Jahr	Termin	Genotyp				
		501	502	503	504	505
1995	1	52,78	54,60	52,91	52,77	47,80
	2	48,61	52,18	49,66	51,03	47,31
	3	45,62	45,97	44,30	48,39	44,32
	4	44,82	49,25	47,58	48,46	45,92
1996	1	51,52	55,35	54,23	53,95	50,55
	2	53,17	52,34	48,50	53,83	54,29
	3	47,67	52,11	47,93	51,33	45,33
	4	44,94	47,82	44,61	48,21	44,54
1997	1	51,21	50,83	52,71	51,08	48,48
	2	50,00	51,87	51,73	54,88	50,46
	3	49,56	52,94	54,25	54,05	49,94
	4	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.

k. A. = keine Angabe

Anhangtab. 13: *In vitro*-Verdaulichkeit des oberen Stengelabschnittes [% DOMD],  
n = 4

Jahr	Termin	Genotyp				
		501	502	503	504	505
1995	1	49,67	52,34	51,27	49,55	47,69
	2	48,89	51,82	50,29	50,99	47,48
	3	47,10	50,31	46,77	46,19	46,17
	4	45,92	49,74	46,70	46,83	45,06
1996	1	53,86	56,75	54,69	54,40	51,91
	2	53,43	52,93	50,97	53,47	55,78
	3	48,36	49,91	46,98	48,65	46,02
	4	46,40	49,79	45,26	47,63	44,76
1997	1	51,37	54,61	53,24	52,51	50,89
	2	51,13	54,63	52,68	53,70	52,49
	3	52,37	55,79	54,65	53,62	52,89
	4	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.

k. A. = keine Angabe

Anhangtab. 14: Cellulaseaktivität [Units] der Fraktion „Stengel unterhalb des „Kolbens“, n = 4

Jahr	Termin	Genotyp				
		501	502	503	504	505
1995	1	10,57	6,25	6,80	14,45	12,32
	2	16,30	15,02	15,38	21,70	16,33
	3	18,67	17,63	15,83	25,45	19,20
	4	38,65	28,70	22,80	38,95	29,03
1996	1	25,03	28,70	24,33	25,73	23,25
	2	18,15	16,10	15,70	19,35	16,40
	3	33,60	31,00	22,95	36,70	27,95
	4	54,37	34,70	29,45	38,80	49,50
1997	1	7,95	10,15	5,73	10,40	8,15
	2	14,87	13,10	11,90	14,00	12,98
	3	8,15	9,70	8,23	8,03	9,70
	4	16,80	13,28	13,65	14,98	15,43

Anhangtab. 15: Cellulaseaktivität [Units] der Fraktion „Stengel oberhalb des „Kolbens“, n = 4

Jahr	Termin	Genotyp				
		501	502	503	504	505
1995	1	17,07	13,00	11,80	15,27	19,78
	2	21,55	19,80	17,72	20,72	28,48
	3	29,50	11,55	14,63	23,13	25,90
	4	51,23	26,17	34,87	40,70	38,32
1996	1	37,90	32,60	29,42	34,25	39,90
	2	43,60	40,85	36,45	52,53	52,53
	3	37,93	34,45	35,17	38,55	42,10
	4	60,90	60,13	68,10	64,65	57,28
1997	1	11,38	10,02	11,30	13,35	11,68
	2	16,33	12,55	11,00	15,88	16,48
	3	17,25	12,68	10,75	17,65	15,13
	4	28,67	19,48	18,20	26,92	29,03

## 8.2 Der 20 Genotypen Test

Anhangtab. 16: TS-Gehalte [%] des Ganzpflanzenmaterials der 20 Maisgenotypen in den Umwelten, n = 3

Umwelt / Genotyp	MER 1995	GRU 1995	LÖN 1995	OST 1995	MER 1996	GRU 1996	LÖN 1996	BER 1996	OST 1996	MER 1997	GRU 1997	LÖN 1997	BER 1997	Mittel
2007	43,2	27,4	40,8	41,3	36,7	34,1	29,0	30,8	31,7	41,3	38,7	45,0	39,3	36,9
2009	48,6	47,1	51,5	44,4	40,7	38,0	31,8	32,9	35,9	47,7	43,7	52,2	44,8	43,0
2016	37,9	32,8	34,8	32,7	34,9	32,2	26,9	27,6	28,6	38,5	34,2	39,0	38,5	33,7
2014	40,4	46,7	40,5	39,2	40,1	41,5	33,7	38,7	33,0	45,3	42,5	52,1	44,1	41,4
2002	46,0	45,1	46,4	45,6	40,8	37,9	33,0	34,0	35,7	46,6	39,9	51,5	47,2	42,2
2018	42,2	34,0	37,6	39,9	34,3	33,3	28,6	27,3	30,6	38,6	35,8	41,0	39,1	35,6
2006	42,2	39,2	39,1	34,7	37,9	33,6	28,0	28,6	28,9	42,4	34,1	42,6	42,2	36,4
2015	45,2	36,3	40,6	38,7	34,3	34,0	28,9	31,6	30,1	39,3	36,8	43,2	38,0	36,6
2005	48,6	40,4	44,1	43,7	39,8	35,3	30,9	30,4	34,3	46,0	43,4	48,0	41,9	40,5
2010	44,3	43,6	44,4	42,1	43,7	39,2	29,9	33,5	33,4	43,3	40,2	46,8	42,7	40,5
2003	42,2	37,2	38,4	34,6	38,4	31,8	31,7	28,7	28,8	38,4	36,9	44,5	36,7	36,0
2001	43,0	36,2	40,1	39,8	37,1	32,2	29,9	29,5	30,8	39,3	37,7	43,4	38,3	36,7
2017	41,9	38,0	44,5	45,9	38,7	37,0	32,2	30,5	34,0	47,3	40,2	49,0	41,3	40,0
2004	45,3	42,2	42,3	40,0	39,4	39,5	31,4	34,9	35,9	47,0	40,5	48,4	41,7	40,7
2008	47,3	42,3	44,0	41,5	40,2	36,2	31,0	33,9	33,7	43,8	40,8	47,8	42,1	40,4
2020	43,6	41,5	40,8	40,8	40,6	36,8	32,9	33,0	33,0	41,4	37,3	45,6	39,5	39,0
2019	39,7	35,2	35,2	38,3	36,8	33,6	29,5	28,6	31,1	39,9	36,1	43,2	36,5	35,7
2013	46,9	47,3	47,6	45,2	40,4	36,0	32,4	31,5	32,2	41,4	39,0	49,4	43,6	41,0
2011	38,9	34,4	34,2	32,3	32,9	30,6	26,9	25,8	28,6	40,5	35,7	42,3	39,6	34,1
2012	41,9	41,9	36,5	36,5	39,3	33,4	28,9	29,4	30,6	42,2	36,6	43,5	38,3	36,2
<b>Mittel</b>	<b>43,5</b>	<b>39,2</b>	<b>41,2</b>	<b>39,5</b>	<b>38,4</b>	<b>35,3</b>	<b>30,4</b>	<b>31,1</b>	<b>32,0</b>	<b>42,5</b>	<b>38,5</b>	<b>45,9</b>	<b>40,8</b>	<b>38,3</b>

Anhangtab. 17: TS-Gehalte [%] der kolbenfreien Restpflanzen der 20 Maisgenotypen in den Umwelten, n = 3

Umwelt / Genotyp	MER 1995	GRU 1995	LÖN 1995	OST 1995	MER 1996	GRU 1996	LÖN 1996	BER 1996	OST 1996	MER 1997	GRU 1997	LÖN 1997	BER 1997	Mittel
2007	30,1	25,1	27,8	25,6	28,3	26,3	19,5	23,2	21,5	28,3	29,3	31,6	28,4	26,5
2009	37,3	32,9	40,8	30,2	32,0	29,8	21,9	24,9	23,9	33,6	32,7	40,1	34,1	31,6
2016	27,3	22,0	23,4	20,4	25,2	24,0	17,8	21,0	19,4	26,2	23,9	28,3	25,4	23,4
2014	29,3	42,0	29,0	27,5	33,7	34,2	24,3	32,1	23,0	33,3	34,1	45,2	31,5	32,2
2002	36,8	35,1	38,1	30,3	32,2	32,3	23,6	27,6	25,4	35,7	29,5	44,9	34,9	32,7
2018	31,7	21,5	23,1	24,9	24,5	24,0	18,9	18,5	20,0	26,0	24,1	29,3	26,6	24,1
2006	28,8	27,0	27,0	21,5	26,5	25,4	19,3	21,5	20,5	27,2	25,5	32,1	27,1	25,3
2015	35,0	23,6	24,8	26,1	25,7	25,3	19,5	23,7	19,7	28,2	27,0	31,3	27,5	26,0
2005	34,8	25,7	31,6	28,1	28,0	27,9	21,1	23,6	22,5	30,4	31,6	34,1	31,5	28,5
2010	30,0	29,3	28,6	27,0	32,9	30,0	19,8	26,4	21,8	28,4	28,8	34,4	31,7	28,4
2003	31,7	25,0	26,3	20,3	29,1	25,4	21,3	22,0	19,5	27,1	26,5	32,1	28,7	25,6
2001	29,8	22,5	25,1	24,3	27,2	25,5	20,4	23,3	19,6	25,9	24,5	30,6	27,8	25,2
2017	32,3	24,9	32,9	31,0	30,6	29,3	22,7	24,1	24,3	31,8	29,7	37,6	30,8	29,4
2004	35,1	29,4	31,2	28,5	38,2	30,9	22,5	28,7	25,0	33,9	32,5	36,9	31,3	31,1
2008	33,1	27,3	29,1	25,4	32,0	27,8	22,6	26,6	23,1	30,8	29,4	35,2	28,6	28,5
2020	29,8	29,7	24,1	25,0	27,7	29,3	21,4	23,9	21,6	27,8	29,1	33,2	27,4	26,9
2019	27,9	23,8	23,7	24,4	27,2	25,2	20,0	22,2	20,8	28,8	24,7	30,8	25,9	25,0
2013	34,1	42,5	26,9	32,5	32,4	30,6	21,7	24,8	22,7	30,5	29,9	44,3	35,3	32,2
2011	30,0	23,2	23,1	20,8	28,7	22,8	19,5	20,1	21,0	27,4	26,4	31,1	28,1	24,8
2012	29,0	24,6	23,2	21,0	33,0	25,8	19,0	22,0	20,1	28,9	24,3	33,3	28,4	25,4
<b>Mittel</b>	<b>31,7</b>	<b>27,9</b>	<b>28,5</b>	<b>25,7</b>	<b>29,8</b>	<b>27,6</b>	<b>20,8</b>	<b>24,0</b>	<b>21,8</b>	<b>29,5</b>	<b>28,1</b>	<b>34,8</b>	<b>29,5</b>	<b>27,6</b>

Anhangtab. 18: TS-Gehalte [%] des Kolbenmaterials der 20 Maisgenotypen in den Umwelten, n = 3

Umwelt / Genotyp	MER 1995	GRU 1995	LÖN 1995	OST 1995	MER 1996	GRU 1996	LÖN 1996	BER 1996	OST 1996	MER 1997	GRU 1997	LÖN 1997	BER 1997	Mittel
2007	61,6	57,2	57,7	60,5	53,8	51,8	53,1	48,7	54,6	62,2	59,2	62,1	60,6	57,2
2009	59,5	57,2	59,6	59,7	50,6	51,0	50,6	49,3	52,8	58,6	57,7	61,7	61,3	56,1
2016	55,9	49,3	49,4	53,1	52,3	49,2	48,5	45,8	50,8	58,1	54,6	55,3	55,1	52,0
2014	59,7	56,7	53,2	57,1	49,9	52,6	51,2	47,3	48,2	60,1	58,0	62,4	60,8	55,2
2002	59,3	56,0	57,8	58,3	49,1	49,9	50,0	47,2	50,1	59,8	55,2	60,6	62,2	55,0
2018	61,6	56,4	56,1	59,8	53,7	52,9	52,5	49,8	54,3	61,3	58,5	60,8	59,9	56,7
2006	58,4	53,7	55,4	55,9	52,2	51,2	51,3	47,0	52,8	60,1	57,0	59,3	59,1	54,9
2015	62,5	56,2	55,8	60,6	54,1	52,4	50,8	50,8	54,8	60,4	59,0	60,8	58,2	56,7
2005	64,3	57,8	59,8	62,8	55,0	53,5	55,6	51,1	55,5	63,6	61,5	64,0	62,0	59,0
2010	61,7	57,9	58,9	60,7	56,7	54,4	53,8	50,6	55,5	62,2	59,3	61,9	61,7	58,1
2003	58,7	52,3	53,9	55,7	49,4	48,0	51,0	43,7	49,8	55,3	55,9	58,7	56,9	53,0
2001	63,3	57,2	58,5	60,7	55,3	53,8	55,3	52,2	56,8	62,9	59,8	61,7	60,8	58,3
2017	58,2	52,2	55,5	60,5	52,1	52,3	52,5	46,4	52,8	61,7	57,7	59,2	60,6	55,5
2004	60,2	55,1	54,9	57,7	52,2	53,2	53,5	48,1	53,1	61,2	59,0	64,3	59,6	56,2
2008	63,1	59,3	60,0	61,0	56,1	54,2	54,2	51,8	55,9	62,8	60,1	65,1	62,0	58,9
2020	60,2	56,0	54,1	59,6	52,0	50,2	51,7	47,7	51,6	59,3	54,5	58,5	57,9	54,9
2019	60,0	52,2	52,9	58,2	54,0	52,0	52,5	49,1	54,7	60,6	57,3	59,9	57,3	55,4
2013	60,5	58,2	58,2	60,5	50,4	49,9	51,9	46,8	52,1	57,0	56,6	60,8	58,2	55,5
2011	58,3	51,9	52,6	55,6	47,4	44,0	47,2	44,8	48,3	59,2	55,7	57,7	58,2	52,4
2012	59,5	53,3	53,2	55,4	52,3	51,5	51,7	46,2	51,6	59,8	55,8	58,9	57,1	54,3
Mittel	60,3	55,3	55,9	58,7	52,4	51,4	51,9	48,2	52,8	60,4	57,6	60,6	59,5	55,8

Anhangtab. 19: Trockenmasseerträge [dt/ha] des Ganzpflanzenmaterials der 20 Maisgenotypen in den Umwelten, n = 3

Umwelt/ Genotyp	MER 1995	GRU 1995	LÖN 1995	OST 1995	MER 1996	GRU 1996	LÖN 1996	BER 1996	OST 1996	MER 1997	GRU 1997	LÖN 1997	BER 1997	Mittel
<b>2007</b>	191,00	206,00	175,00	175,00	182,87	192,42	157,38	182,75	195,81	183,83	222,3	170,01	166,09	<b>184,7</b>
<b>2009</b>	180,13	153,00	150,00	150,00	167,83	166,12	126,74	158,61	176,96	160,97	180,99	142,51	114,17	<b>156,0</b>
<b>2016</b>	191,30	193,00	179,00	139,00	201,90	190,83	165,94	183,15	200,36	190,50	199,38	188,93	180,20	<b>184,9</b>
<b>2014</b>	191,10	169,00	183,00	153,00	163,96	173,18	141,12	162,45	165,97	197,50	177,85	137,36	123,82	<b>164,6</b>
<b>2002</b>	162,57	165,00	168,00	125,00	176,07	164,37	140,48	135,43	172,04	160,97	199,1	141,03	112,94	<b>155,6</b>
<b>2018</b>	217,23	218,00	213,00	185,00	194,53	205,05	178,54	183,88	207,09	205,17	218,8	206,02	186,55	<b>201,5</b>
<b>2006</b>	200,60	163,00	171,00	141,00	202,16	190,33	151,16	192,69	209,14	225,30	203,16	164,13	186,17	<b>183,5</b>
<b>2015</b>	222,10	200,00	205,00	170,00	177,94	191,91	160,60	176,21	196,02	175,97	200,31	184,26	165,87	<b>186,6</b>
<b>2005</b>	197,73	193,00	187,00	168,00	167,43	174,64	155,79	160,88	188,61	189,93	207,42	177,87	168,39	<b>179,8</b>
<b>2010</b>	200,40	186,00	180,00	146,00	169,63	172,10	155,30	172,85	184,30	205,03	205,58	173,17	161,85	<b>177,9</b>
<b>2003</b>	196,00	165,00	161,00	137,00	174,38	163,95	132,99	153,37	162,14	191,37	190,73	159,28	153,41	<b>164,7</b>
<b>2001</b>	203,23	205,00	203,00	177,00	185,37	178,48	167,93	172,65	188,62	195,37	221,21	190,62	179,52	<b>189,9</b>
<b>2017</b>	182,20	209,00	185,00	156,00	188,66	187,23	149,11	175,71	182,27	200,40	195,84	170,81	156,64	<b>179,9</b>
<b>2004</b>	196,43	181,00	184,00	159,00	164,27	178,29	149,45	163,16	181,81	193,70	187,23	168,40	143,10	<b>173,2</b>
<b>2008</b>	184,23	186,00	176,00	159,00	185,52	191,40	137,82	163,04	151,89	172,80	204,96	155,28	155,03	<b>171,0</b>
<b>2020</b>	195,50	184,00	186,00	164,00	163,60	168,54	142,34	153,01	159,39	172,70	167,44	155,53	149,98	<b>166,3</b>
<b>2019</b>	206,33	221,00	206,00	174,00	189,91	199,82	163,82	179,33	199,17	206,20	209,83	183,80	174,58	<b>193,4</b>
<b>2013</b>	193,43	150,00	179,00	155,00	162,86	163,17	147,94	166,83	190,39	195,27	200,77	175,99	141,39	<b>170,9</b>
<b>2011</b>	212,37	179,00	174,00	152,00	189,85	222,86	151,29	192,43	203,74	219,93	230,06	165,63	180,79	<b>190,3</b>
<b>2012</b>	207,73	176,00	173,00	142,00	189,48	191,14	152,99	172,58	185,46	194,80	212,79	167,93	160,41	<b>179,0</b>
<b>Mittel</b>	<b>196,6</b>	<b>185,1</b>	<b>181,9</b>	<b>156,4</b>	<b>179,9</b>	<b>183,3</b>	<b>151,4</b>	<b>170,1</b>	<b>185,1</b>	<b>191,3</b>	<b>201,8</b>	<b>168,9</b>	<b>158,1</b>	<b>177,7</b>

Anhangtab. 20: Trockenmasseerträge [dt/ha] des Restpflanzenmaterials der 20 Maisgenotypen in den Umwelten, n = 3

Umwelt / Genotyp	MER 1995	GRU 1995	LÖN 1995	OST 1995	MER 1996	GRU 1996	LÖN 1996	BER 1996	OST 1996	MER 1997	GRU 1997	LÖN 1997	BER 1997	Mittel
2007	74,03	81,63	80,67	70,30	80,60	99,78	68,41	94,20	83,15	88,13	104,21	79,90	76,68	83,21
2009	67,70	51,67	63,90	54,97	69,90	73,35	50,68	72,65	67,75	65,30	74,01	58,02	53,81	63,36
2016	79,43	83,20	87,03	55,90	87,43	86,59	71,25	95,95	90,84	81,37	87,54	84,30	70,70	81,66
2014	79,87	72,53	86,07	61,50	79,23	79,30	53,10	74,92	63,53	88,97	60,84	60,83	53,94	70,36
2002	71,67	64,93	78,07	47,27	71,67	81,09	58,58	77,57	68,74	70,07	80,51	60,73	53,91	68,19
2018	101,67	96,30	96,07	76,10	84,57	95,33	80,07	94,58	97,64	85,93	93,73	92,53	80,23	90,36
2006	85,03	65,90	82,37	58,27	82,10	92,20	67,04	99,77	90,36	101,50	93,75	75,56	74,67	82,19
2015	98,73	83,53	91,57	69,37	81,50	83,66	76,08	92,34	84,85	88,53	92,21	79,96	76,73	84,54
2005	58,00	76,10	82,80	67,67	70,33	85,36	65,78	88,16	77,54	72,33	79,14	74,51	71,11	74,53
2010	72,10	67,80	73,57	57,47	73,90	75,54	67,60	81,49	71,30	73,73	75,57	72,25	64,70	71,31
2003	74,90	64,40	74,37	55,90	73,83	72,72	59,71	78,07	72,71	77,23	76,95	70,27	65,05	70,47
2001	82,17	81,87	91,87	72,27	89,37	91,52	80,54	96,81	86,41	90,97	91,88	86,26	77,04	85,79
2017	92,47	87,00	87,50	60,60	86,23	90,11	68,70	90,44	81,02	97,13	88,43	71,34	73,88	82,68
2004	89,17	74,77	90,67	71,67	83,23	85,02	63,28	82,24	78,95	87,87	78,05	77,64	65,02	79,08
2008	72,03	72,60	73,93	64,37	86,53	87,49	64,27	87,98	82,93	75,03	79,31	71,13	62,68	75,41
2020	72,57	69,90	80,67	61,50	63,23	81,61	56,29	67,69	69,02	79,20	70,28	60,14	61,32	68,73
2019	87,00	100,03	100,40	72,23	86,90	91,03	66,10	94,30	95,24	98,73	90,54	66,37	73,06	86,30
2013	74,90	62,93	79,47	63,90	81,03	78,61	63,95	86,35	86,48	96,33	88,80	80,53	47,27	76,20
2011	92,80	73,03	90,43	64,83	106,90	110,02	81,04	104,47	99,65	90,87	108,63	72,94	81,85	90,58
2012	80,00	68,57	75,33	55,63	85,33	86,01	63,41	84,84	81,14	79,57	87,75	72,30	64,69	75,74
Mittel	80,31	74,94	83,34	63,08	81,19	86,32	66,29	87,24	81,46	84,44	85,11	73,30	67,65	78,05



Anhangtab. 21: Kolbentrockenmasseerträge [dt/ha] der 20 Maisgenotypen in den Umwelten, n = 3

Umwelt/ Genotyp	MER 1995	GRU 1995	LÖN 1995	OST 1995	MER 1996	GRU 1996	LÖN 1996	BER 1996	OST 1996	MER 1997	GRU 1997	LÖN 1997	BER 1997	Mittel
<b>2007</b>	115,63	124,37	94,33	104,73	99,13	110,71	91,36	87,11	100,87	117,37	129,74	97,32	99,94	<b>105,59</b>
<b>2009</b>	112,97	101,33	86,20	95,07	99,57	105,74	87,67	90,50	103,28	104,47	138,95	87,90	89,86	<b>100,27</b>
<b>2016</b>	117,07	109,80	91,97	83,10	108,80	109,53	95,92	95,83	101,90	118,10	127,46	98,36	99,25	<b>104,03</b>
<b>2014</b>	117,73	96,47	96,93	91,50	101,40	112,12	95,52	87,33	96,14	110,63	122,89	87,69	92,52	<b>100,68</b>
<b>2002</b>	110,13	100,07	89,93	77,73	95,67	105,95	84,63	83,31	100,00	100,13	122,70	80,89	91,21	<b>95,62</b>
<b>2018</b>	127,8	121,70	116,93	108,90	100,27	107,98	94,18	89,92	107,64	108,57	133,12	107,15	101,20	<b>109,65</b>
<b>2006</b>	111,60	97,10	88,63	82,73	108,37	114,86	90,54	99,64	97,28	100,00	128,05	89,85	103,65	<b>101,04</b>
<b>2015</b>	125,47	116,47	113,43	100,63	95,37	105,31	81,89	89,89	95,76	102,03	129,22	98,80	94,27	<b>103,73</b>
<b>2005</b>	116,13	116,90	104,20	100,33	95,13	102,33	92,90	87,77	95,76	110,37	127,41	97,47	93,58	<b>103,10</b>
<b>2010</b>	124,37	118,20	106,43	88,53	103,97	106,89	94,26	91,89	100,36	105,07	130,53	99,40	97,37	<b>105,17</b>
<b>2003</b>	114,50	100,60	86,63	81,10	90,47	94,78	84,19	76,96	96,89	109,27	117,57	95,51	89,15	<b>95,20</b>
<b>2001</b>	122,13	123,13	111,13	104,73	101,13	107,77	97,13	86,97	101,22	119,67	121,88	103,00	93,77	<b>107,21</b>
<b>2017</b>	94,87	122,00	97,50	95,40	103,73	112,55	102,17	90,03	105,24	125,60	134,86	94,57	98,12	<b>105,90</b>
<b>2004</b>	119,13	106,23	93,33	87,33	92,33	103,74	85,44	80,87	97,10	103,37	124,87	98,25	89,46	<b>98,44</b>
<b>2008</b>	111,90	113,40	102,07	94,63	106,77	110,53	86,61	89,52	96,15	102,80	118,03	85,04	95,66	<b>101,01</b>
<b>2020</b>	122,77	114,10	105,33	102,50	94,83	103,65	89,02	81,35	96,69	110,13	111,27	92,56	91,02	<b>101,69</b>
<b>2019</b>	127,43	120,97	105,60	101,77	101,50	107,28	93,32	89,97	102,74	122,87	115,10	95,58	91,53	<b>105,82</b>
<b>2013</b>	123,67	87,13	99,53	91,10	92,93	106,70	84,24	83,73	103,0	87,40	120,20	71,94	86,14	<b>94,59</b>
<b>2011</b>	122,77	105,97	83,60	87,17	106,50	118,51	93,75	93,53	96,68	125,97	138,66	88,33	100,24	<b>104,74</b>
<b>2012</b>	124,87	107,43	97,67	86,37	104,60	106,07	91,98	88,07	101,99	121,27	125,31	98,65	90,36	<b>103,43</b>
<b>Mittel</b>	<b>118,15</b>	<b>100,17</b>	<b>98,57</b>	<b>93,27</b>	<b>100,12</b>	<b>107,78</b>	<b>90,84</b>	<b>88,41</b>	<b>99,88</b>	<b>110,12</b>	<b>125,89</b>	<b>93,41</b>	<b>94,41</b>	<b>102,39</b>

Anhangtab. 22: Trockenkolbenanteile [%] der 20 Maisgenotypen in den Umwelten, n = 3

Umwelt/ Genotyp	MER 1995	GRU 1995	LÖN 1995	OST 1995	MER 1996	GRU 1996	LÖN 1996	BER 1996	OST 1996	MER 1997	GRU 1997	LÖN 1997	BER 1997	Mittel
2007	60,97	60,37	53,90	59,83	55,30	52,63	59,70	47,27	55,53	64,13	55,47	54,84	56,58	56,7
2009	62,53	66,23	57,43	63,37	58,73	59,17	63,43	55,47	60,40	65,20	65,32	60,33	62,55	61,6
2016	59,60	56,90	51,37	59,77	55,40	55,87	57,37	50,00	52,90	65,85	59,30	53,85	58,40	56,4
2014	59,60	57,07	52,97	59,80	56,10	58,60	64,23	53,83	60,17	57,30	66,83	59,00	63,14	59,1
2002	60,67	60,63	53,53	62,17	57,30	55,90	59,20	55,20	59,27	62,43	60,32	57,30	62,97	59,2
2018	55,73	55,83	54,90	58,87	54,23	53,13	54,03	48,77	52,43	52,80	58,68	53,74	55,75	54,5
2006	56,80	59,57	51,83	58,70	56,90	55,47	57,50	49,97	50,95	47,40	57,74	54,35	58,30	55,4
2015	55,97	58,23	55,33	59,20	53,97	55,73	51,73	49,47	53,03	58,10	58,42	55,32	55,05	55,4
2005	57,15	60,57	55,73	59,73	57,80	54,50	58,50	49,90	55,27	58,97	61,67	56,66	56,84	57,2
2010	63,30	63,53	59,13	60,63	58,43	58,63	58,20	53,00	58,43	51,87	63,42	57,89	60,07	59,0
2003	60,50	60,97	53,80	59,20	55,03	56,73	58,53	49,67	57,13	57,10	60,47	57,87	57,75	57,3
2001	59,80	60,07	54,73	59,17	53,10	54,07	54,67	47,65	53,93	61,33	57,04	54,50	54,85	56,0
2017	50,63	58,37	52,70	61,17	54,60	55,57	59,83	49,87	56,50	62,63	60,40	57,04	57,13	56,7
2004	57,20	58,70	50,73	54,93	52,60	55,75	57,50	49,60	55,27	53,50	61,59	56,84	58,18	55,5
2008	60,90	60,97	58,00	59,53	55,27	55,77	57,53	50,43	53,80	59,80	59,83	54,55	60,39	57,4
2020	62,83	62,00	56,63	62,50	60,47	55,97	61,37	51,15	58,37	63,77	61,33	60,61	59,73	60,0
2019	59,37	54,73	51,27	58,47	53,90	54,13	58,73	48,83	51,90	60,10	55,98	59,76	55,64	55,6
2013	62,27	58,07	55,60	58,80	53,47	53,90	56,83	49,27	54,40	45,87	57,49	51,22	64,74	55,6
2011	56,93	59,20	48,03	57,33	49,93	51,80	53,67	47,20	49,20	57,47	56,06	54,79	55,10	53,6
2012	60,97	61,03	56,43	60,80	55,03	55,20	59,30	50,93	55,73	62,37	58,82	57,71	58,25	57,9
Mittel	59,2	59,7	54,2	59,7	55,4	55,5	58,1	50,2	55,3	58,5	59,8	56,4	58,5	57,0

Anhangtab. 23: Fusariumbefall [% Befall nach „Daumendruck Bonitur“] der 20 Maisgenotypen in den Umwelten, n = 3

Umwelt / Genotyp	MER 1995	GRU 1995	LÖN 1995	OST 1995	MER 1996	GRU 1996	LÖN 1996	BER 1996	OST 1996	MER 1997	GRU 1997	LÖN 1997	BER 1997	Mittel
2007	0,0	0,0	2,3	0,0	0,3	0,6	1,8	2,7	0,0	0,0	0,6	0,0	1,6	0,8
2009	8,2	52,6	55,7	0,0	26,7	10,7	12,5	17,0	0,4	31,7	7,0	7,0	26,9	19,7
2016	0,6	0,0	0,0	0,0	0,3	1,3	0,7	3,9	0,0	0,3	3,1	0,0	3,1	1,0
2014	0,6	54,8	19,2	0,0	32,4	33,2	6,9	35,8	0,4	22,0	9,2	5,6	29,1	19,2
2002	5,4	48,9	45,3	0,0	20,0	14,8	10,9	31,8	0,0	40,7	6,3	10,0	55,3	22,3
2018	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,7	1,1	0,0	1,0	0,9	0,0	0,8	0,4
2006	0,0	2,9	5,0	0,0	1,8	0,0	1,1	2,8	0,0	1,3	0,9	0,0	3,9	1,5
2015	0,9	8,1	0,0	0,0	5,2	6,4	0,0	12,3	0,0	6,0	1,8	0,0	7,6	3,7
2005	0,0	0,7	0,7	0,0	0,0	0,0	1,8	1,4	0,0	0,0	2,6	0,7	3,4	0,9
2010	1,8	22,2	8,3	0,0	2,7	8,4	2,2	14,3	0,0	1,3	0,9	0,0	4,3	5,1
2003	0,6	3,0	42,0	0,0	4,2	6,3	4,9	4,7	0,0	4,7	4,0	0,4	12,7	6,7
2001	0,6	0,0	2,3	0,0	6,7	1,6	0,7	15,6	0,0	2,3	0,3	0,0	8,3	3,0
2017	0,3	0,0	8,7	0,0	8,8	2,9	2,6	3,5	0,0	0,0	0,9	0,7	6,0	2,7
2004	1,8	29,6	14,0	0,0	40,0	20,6	15,5	26,0	0,0	41,3	8,4	1,8	25,5	17,3
2008	1,8	0,0	5,0	0,0	2,4	0,0	2,2	6,4	0,0	0,7	0,0	0,4	2,4	1,6
2020	0,3	7,4	0,0	0,0	7,2	4,9	1,5	14,0	0,0	9,0	9,9	0,4	9,0	4,9
2019	0,3	0,0	0,0	0,0	0,6	1,0	0,7	1,7	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,5
2013	7,3	67,4	54,7	0,0	10,9	10,7	10,0	5,9	0,7	17,0	6,5	2,2	37,6	17,8
2011	0,9	0,0	1,3	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,3
2012	0,0	0,0	0,0	0,0	6,1	0,7	1,9	2,1	0,0	0,0	0,6	0,4	0,5	0,9
Mittel	1,6	14,9	13,2	0,0	8,8	6,2	3,9	10,2	0,1	9,1	3,2	1,5	11,9	6,5

Anhangtab. 24: *In vitro*-Verdaulichkeit der Ganzpflanze [% ELOS, nach NIRS ermittelt] der 20 Maissorten in den Umwelten, n =3

Umwelt/ Genotyp	MER 1995	GRU 1995	LÖN 1995	BER 1995	OST 1995	MER 1996	GRU 1996	LÖN 1996	BER 1996	OST 1996	MER 1997	GRU 1997	LÖN 1997	BER 1997	Mittel
<b>2007</b>	67,78	72,47	73,87	65,96	73,11	64,92	70,49	70,52	72,80	70,33	70,30	72,82	72,19	65,96	<b>70,3</b>
<b>2009</b>	67,94	72,01	71,78	66,94	69,69	65,03	74,24	71,99	73,22	74,24	69,72	73,44	70,50	68,14	<b>70,7</b>
<b>2016</b>	66,62	72,89	71,09	70,97	72,82	66,46	72,86	69,41	72,26	72,86	69,95	73,72	73,07	69,76	<b>71,1</b>
<b>2014</b>	66,91	65,01	68,25	66,89	66,15	62,58	69,19	66,99	70,33	69,19	67,72	70,54	69,51	69,22	<b>67,8</b>
<b>2002</b>	66,37	73,37	71,19	66,18	71,82	64,88	72,81	73,36	69,13	72,81	70,16	71,94	69,13	68,31	<b>70,2</b>
<b>2018</b>	67,55	73,89	70,83	68,65	73,29	64,97	70,78	71,50	71,71	71,30	69,17	73,80	71,96	67,24	<b>70,4</b>
<b>2006</b>	69,51	75,72	69,86	70,40	74,38	66,74	70,36	72,64	71,29	70,08	71,22	71,83	73,05	70,65	<b>71,4</b>
<b>2015</b>	65,63	71,77	71,44	70,97	71,47	63,96	70,95	71,38	72,50	70,95	70,15	74,07	74,07	69,06	<b>70,7</b>
<b>2005</b>	67,41	72,58	72,83	64,34	72,79	64,17	71,94	70,02	70,58	71,94	68,55	71,79	71,07	69,18	<b>69,9</b>
<b>2010</b>	69,01	76,82	73,89	71,18	69,18	65,51	74,63	71,54	72,70	74,63	71,20	73,30	70,95	76,44	<b>72,1</b>
<b>2003</b>	68,80	74,71	68,26	70,30	72,91	71,77	71,41	70,66	74,07	72,57	68,99	72,95	73,17	72,82	<b>71,7</b>
<b>2001</b>	67,06	72,41	69,27	67,55	69,51	63,74	72,37	69,88	70,99	72,37	68,12	69,99	70,97	69,66	<b>69,6</b>
<b>2017</b>	66,29	74,44	71,57	70,13	72,72	65,65	72,59	70,59	73,82	74,01	71,50	70,53	71,47	70,47	<b>71,0</b>
<b>2004</b>	67,74	72,72	72,37	67,85	70,84	70,34	69,30	74,18	62,43	63,25	65,75	70,99	74,15	73,05	<b>70,1</b>
<b>2008</b>	71,71	75,65	71,55	72,97	73,88	67,03	71,74	70,20	73,68	71,74	68,25	71,97	72,34	72,35	<b>71,6</b>
<b>2020</b>	69,96	74,06	74,06	70,39	72,50	65,79	74,36	71,37	73,15	74,36	69,87	73,19	73,64	70,68	<b>72,1</b>
<b>2019</b>	67,18	72,94	69,23	67,91	70,90	61,27	73,00	68,64	72,79	73,00	68,90	73,29	73,72	71,04	<b>70,2</b>
<b>2013</b>	71,25	73,85	71,62	66,38	70,09	64,16	69,98	68,38	70,26	69,98	69,14	68,55	69,96	68,16	<b>69,5</b>
<b>2011</b>	68,32	74,85	65,29	69,56	70,81	66,16	70,05	70,35	70,66	70,05	68,64	73,45	70,55	72,65	<b>70,1</b>
<b>2012</b>	68,92	72,20	71,53	70,77	71,85	66,98	72,61	71,91	72,16	74,39	69,31	73,74	75,28	72,89	<b>71,6</b>
<b>Mittel</b>	<b>68,1</b>	<b>73,2</b>	<b>71,1</b>	<b>68,9</b>	<b>71,5</b>	<b>65,6</b>	<b>71,8</b>	<b>70,8</b>	<b>71,8</b>	<b>72,1</b>	<b>69,4</b>	<b>72,3</b>	<b>71,9</b>	<b>70,3</b>	<b>70,6</b>

Anhangtab. 25: *In vitro*- Verdaulichkeit der Restpflanze [% DOMD] der 20 Maissorten in den Umwelten, n = 3

Umwelt/ Genotyp	MER 1995	GRU 1995	LÖN 1995	BER 1995	OST 1995	MER 1996	GRU 1996	LÖN 1996	BER 1996	OST 1996	MER 1997	GRU 1997	LÖN 1997	BER 1997	Mittel
<b>2007</b>	49,81	56,28	51,68	50,89	58,47	49,90	50,39	49,02	55,90	54,80	55,28	54,87	53,88	54,58	<b>53,27</b>
<b>2009</b>	52,97	55,44	55,44	52,93	57,41	52,25	53,33	51,69	56,51	56,38	55,41	56,07	55,15	54,95	<b>54,57</b>
<b>2016</b>	50,40	57,24	57,07	56,40	58,16	53,20	53,39	52,44	57,45	57,18	55,66	55,20	55,75	55,02	<b>55,33</b>
<b>2014</b>	48,53	50,29	52,38	47,86	54,44	46,95	49,37	48,35	52,07	50,30	53,56	53,70	51,12	51,57	<b>50,67</b>
<b>2002</b>	51,31	56,29	55,57	51,80	58,14	51,63	52,46	53,06	56,74	52,28	55,67	53,51	54,28	52,32	<b>53,79</b>
<b>2018</b>	50,17	58,08	55,31	50,48	58,76	52,77	52,20	53,01	55,26	55,15	55,46	53,85	55,41	52,95	<b>54,21</b>
<b>2006</b>	49,47	57,01	51,05	52,18	58,62	49,49	51,20	49,86	55,07	55,02	56,04	53,61	52,68	56,38	<b>53,41</b>
<b>2015</b>	48,43	58,91	54,71	53,48	58,29	51,61	52,10	54,04	56,19	55,61	55,55	55,07	56,34	55,11	<b>54,68</b>
<b>2005</b>	48,13	53,56	54,24	51,89	58,64	50,08	49,37	50,82	53,81	53,77	51,19	50,33	53,19	53,83	<b>52,35</b>
<b>2010</b>	50,74	54,76	53,70	52,67	59,92	51,05	50,34	51,79	54,96	54,26	55,21	53,54	52,59	54,99	<b>53,46</b>
<b>2003</b>	50,19	55,53	52,69	51,60	55,45	48,99	49,66	52,24	55,06	51,64	52,04	54,64	52,10	54,82	<b>52,55</b>
<b>2001</b>	49,88	55,66	54,45	52,22	58,63	51,41	50,81	53,94	55,26	54,63	54,06	54,08	54,26	55,60	<b>53,92</b>
<b>2017</b>	52,17	57,47	55,21	51,50	57,35	51,65	52,72	51,18	55,28	54,89	52,59	53,39	50,91	54,87	<b>53,66</b>
<b>2004</b>	49,02	54,78	55,23	53,33	56,97	49,30	51,31	51,28	55,45	54,45	53,61	53,13	52,82	54,13	<b>53,11</b>
<b>2008</b>	51,51	55,97	53,40	52,00	58,93	50,89	53,87	52,75	56,08	56,26	55,28	54,79	51,95	53,78	<b>54,10</b>
<b>2020</b>	51,37	59,15	56,80	52,69	59,13	51,32	52,28	52,40	56,55	55,08	54,86	54,44	53,18	55,25	<b>54,61</b>
<b>2019</b>	52,80	58,86	54,93	52,06	57,49	52,43	51,31	52,03	55,85	56,09	55,24	57,67	55,39	56,64	<b>54,91</b>
<b>2013</b>	54,36	55,79	56,31	53,06	58,16	53,18	53,77	53,54	56,80	56,62	58,09	55,91	54,93	54,70	<b>55,29</b>
<b>2011</b>	50,63	57,84	55,31	55,23	58,19	55,23	53,29	51,09	55,29	55,66	53,73	54,68	54,16	55,77	<b>54,46</b>
<b>2012</b>	50,22	56,42	53,96	54,55	56,58	54,55	53,04	51,17	57,76	55,30	53,98	55,24	55,00	55,60	<b>54,37</b>
<b>Mittel</b>	<b>50,61</b>	<b>56,38</b>	<b>54,45</b>	<b>52,44</b>	<b>57,98</b>	<b>51,10</b>	<b>51,81</b>	<b>51,78</b>	<b>55,67</b>	<b>54,77</b>	<b>54,63</b>	<b>54,39</b>	<b>53,76</b>	<b>54,64</b>	<b>53,84</b>

Anhangtab. 26: *In vitro*- Verdaulichkeit des Kolbens [% DOMD] der 20 Maisgenotypen auf den Standorten des Versuchsjahres 1995, n = 3

Standort / Genotyp	Merklingen	Grucking	Löningen	Bernburg	Ostbevern	Mittel
2007	84,67	85,76	85,97	86,72	86,74	86,0
2009	85,82	86,47	87,26	86,02	86,93	86,5
2016	85,97	88,38	89,27	87,43	89,26	88,1
2014	85,54	84,55	86,70	86,54	86,13	85,9
2002	86,75	86,30	87,83	87,35	87,23	87,1
2018	85,51	86,13	86,63	87,59	87,20	86,6
2006	87,41	87,84	89,21	88,05	89,11	88,3
2015	85,94	86,55	87,98	87,45	85,91	86,8
2005	84,72	86,66	86,66	85,69	86,35	86,0
2010	86,95	86,22	86,92	88,09	86,38	86,9
2003	86,55	86,77	88,43	87,65	88,19	87,5
2001	86,52	85,96	87,81	86,01	86,88	86,6
2017	85,16	87,30	88,37	88,26	88,63	87,5
2004	86,52	86,82	88,40	88,79	89,02	87,9
2008	86,81	87,46	87,45	87,28	87,98	87,4
2020	87,08	86,84	87,56	87,97	86,83	87,3
2019	86,05	86,89	87,85	87,67	87,78	87,3
2013	86,36	86,43	88,08	87,37	87,72	87,2
2011	86,54	87,45	88,06	87,63	88,51	87,6
2012	87,05	87,61	89,00	87,69	89,38	88,2
Mittel	86,2	86,7	87,8	87,4	87,6	87,1

Anhangtab. 27: Verdaulicher Trockenmasseertrag [dt/ha] der Ganzpflanze der 20 Maissorten in den Umwelten, n = 3

Umwelt / Genotyp	MER 1995	GRU 1995	LÖN 1995	OST 1995	MER 1996	GRU 1996	LÖN 1996	BER 1996	OST 1996	MER 1997	GRU 1997	LÖN 1997	BER 1997	Mittel
<b>2007</b>	129,53	149,30	129,28	127,94	118,86	135,71	111,07	131,70	142,14	129,56	163,48	122,83	114,16	<b>130,43</b>
<b>2009</b>	122,45	110,17	107,67	104,54	109,10	123,28	91,22	116,36	131,30	112,38	132,91	100,54	77,46	<b>111,09</b>
<b>2016</b>	127,31	140,68	127,25	101,22	134,14	139,06	113,45	132,37	145,92	133,36	146,90	138,79	127,71	<b>131,79</b>
<b>2014</b>	128,07	109,86	124,89	101,21	102,63	119,84	94,49	114,19	115,22	133,91	126,08	95,43	85,79	<b>111,66</b>
<b>2002</b>	107,78	121,07	119,60	89,78	114,71	119,60	103,03	93,78	125,31	112,96	143,39	97,49	78,19	<b>110,90</b>
<b>2018</b>	147,44	161,07	150,86	135,59	126,80	145,27	127,64	131,46	145,32	142,04	161,25	148,18	129,70	<b>143,42</b>
<b>2006</b>	139,41	123,42	119,46	104,88	134,85	133,91	109,81	137,87	145,40	161,75	145,83	119,90	130,47	<b>130,18</b>
<b>2015</b>	148,01	143,55	146,45	121,50	113,75	136,27	114,58	127,77	139,00	124,56	148,35	136,45	114,52	<b>131,95</b>
<b>2005</b>	135,48	140,07	136,19	122,29	107,48	125,67	108,83	113,53	135,76	130,80	148,86	126,33	116,26	<b>126,14</b>
<b>2010</b>	138,26	142,89	133,01	101,00	111,21	128,38	111,12	125,68	137,47	145,59	150,86	122,75	119,97	<b>128,54</b>
<b>2003</b>	132,33	123,27	109,90	99,89	125,15	119,88	96,67	113,42	111,89	132,28	143,86	113,12	115,75	<b>116,76</b>
<b>2001</b>	136,58	148,43	140,61	123,04	118,12	129,19	117,39	122,59	136,29	127,25	154,83	135,11	125,06	<b>131,77</b>
<b>2017</b>	120,55	155,57	132,41	113,44	123,73	142,23	105,35	129,81	135,04	143,70	134,72	122,07	110,52	<b>126,61</b>
<b>2004</b>	133,06	131,63	133,16	112,63	115,55	115,89	109,86	102,71	115,42	125,69	126,38	124,86	108,98	<b>121,81</b>
<b>2008</b>	132,18	140,70	125,92	117,48	124,80	137,41	96,56	120,11	108,91	118,10	147,66	112,29	112,04	<b>122,18</b>
<b>2020</b>	149,22	136,26	137,75	118,90	107,57	125,38	101,60	111,87	118,71	120,65	122,80	114,51	105,91	<b>119,32</b>
<b>2019</b>	138,92	161,21	142,61	123,37	116,67	145,80	113,63	130,62	145,28	141,85	153,77	137,93	124,02	<b>136,51</b>
<b>2013</b>	137,93	110,78	128,20	108,64	104,81	114,21	101,99	117,23	133,34	135,91	137,68	116,74	96,22	<b>119,25</b>
<b>2011</b>	145,26	133,98	113,60	107,62	125,40	156,02	106,56	136,02	142,89	151,14	168,95	117,09	131,18	<b>134,78</b>
<b>2012</b>	143,20	127,08	123,74	102,02	127,04	138,59	110,96	124,53	137,84	134,95	156,21	124,66	116,97	<b>127,80</b>
<b>Mittel</b>	<b>133,65</b>	<b>135,02</b>	<b>130,44</b>	<b>111,30</b>	<b>118,12</b>	<b>131,97</b>	<b>107,24</b>	<b>121,87</b>	<b>132,77</b>	<b>132,59</b>	<b>145,85</b>	<b>120,84</b>	<b>111,54</b>	<b>125,65</b>

Anhangtab. 28: Zeearalenongehalte [ $\mu\text{g}/\text{kg TM}$ ] der Restpflanzen der 20 Maissorten in den Umwelten,  $n = 3$ 

Umwelt / Genotyp	Mer 1995	Gru 1995	Lön 1995	Ber 1995	Ost 1995	Mer 1996	Gru 1996	Lön 1996	Ber 1996	Ost 1996	Mittel
2007	785,3	22,0	131,0	36,7	164,7	36,7	27,7	0,0	5,7	13,0	125,7
2009	995,7	722,7	1016,3	116,0	1608,0	145,3	192,3	6,3	2,3	11,7	481,7
2016	471,3	12,3	80,0	10,3	48,0	9,0	18,0	0,0	0,0	16,7	66,6
2014	953,7	711,7	646,3	542,3	584,3	109,7	162,3	0,0	0,0	52,0	376,2
2002	1199,3	478,3	572,3	90,3	1172,7	101,7	37,0	6,3	2,0	67,7	373,0
2018	757,3	127,3	108,3	47,7	110,7	217,7	72,0	14,7	106,0	4,7	163,8
2006	139,7	19,3	390,7	83,7	157,7	22,3	68,7	0,0	2,3	17,3	90,2
2015	526,0	53,0	400,7	36,3	391,3	145,7	233,0	0,0	49,7	14,0	185,0
2005	738,3	228,0	195,7	56,7	518,7	114,7	227,7	5,7	29,7	18,3	213,3
2010	700,3	84,7	173,0	122,7	455,3	233,3	230,3	0,0	43,7	106,7	215,0
2003	366,3	27,0	664,3	70,7	212,3	68,0	29,7	1,7	0,0	13,7	142,4
2001	541,0	111,7	270,3	344,3	159,3	111,7	43,7	9,7	15,0	7,3	161,4
2017	340,7	36,3	166,3	117,0	368,7	149,3	56,7	2,0	26,3	43,0	130,6
2004	595,0	154,3	732,3	46,3	716,7	474,3	178,0	1,7	16,7	139,0	305,4
2008	852,3	93,3	283,3	242,3	866,3	342,0	49,3	8,0	24,7	31,0	279,3
2020	383,7	39,7	113,3	46,7	328,0	139,7	61,0	5,3	10,0	61,0	118,8
2019	596,0	33,7	90,0	74,3	208,0	130,3	115,7	10,0	22,0	4,7	129,8
2013	680,3	1566,7	651,3	391,0	1827,3	144,7	57,3	0,0	1,7	41,0	536,1
2011	226,3	4,7	61,3	49,3	89,7	12,0	27,0	6,0	7,7	12,7	49,7
2012	1077,7	23,7	614,7	143,7	129,7	21,7	48,3	0,0	2,7	201,0	227,2
<b>Mittel</b>	<b>646,3</b>	<b>231,0</b>	<b>376,5</b>	<b>131,9</b>	<b>505,9</b>	<b>136,5</b>	<b>96,8</b>	<b>3,9</b>	<b>18,4</b>	<b>41,3</b>	<b>218,9</b>



### 8.3 Untersuchungen am Pansensimulationssystem RUSITEC

Anhangtab. 29: Auswirkungen der im RUSITEC System untersuchten Faktoren auf Parameter der Pansenphysiologie\*

Genotyp	Fusarium- befall**	Wieder- holung	Mikroben- masse [mg/d]	NH <sub>4</sub> -N [mg/d]	SCFA [μmol/d]	Essig- säure [μmol/d]	Propion- säure [μmol/d]	Butter- säure [μmol/d]	Valerian- säure [μmol/d]	Gesamt- gasmenge [ml/d]	Methan- [mmol/d]	pH Wert	Protozoen- anzahl	Überlauf- menge [ml]	Redox- potential [mV]
504	+	1	972,8	33,4	27649,8	14871,8	6155,7	4434,9	2187,2	1456,7	4,8	6,7	19097	522	-104,0
501	+	1	949,9	27,9	24612,6	13267,4	5620,0	3976,0	1748,8	1380,0	4,2	6,7	16404	510	-133,7
505	+	1	859,0	25,0	27229,8	15951,5	6605,3	3370,1	1302,6	1440,0	4,6	6,7	16085	520	-115,7
504	-	1	994,8	38,6	26866,6	14735,5	5815,7	4330,8	1984,3	1336,7	3,8	6,7	14349	535	-118,7
501	-	1	1031,7	33,6	27178,7	16301,8	6634,4	3187,1	1055,2	1353,3	4,5	6,7	11125	540	-116,0
505	-	1	951,6	32,0	22345,6	13009,8	5482,3	2601,0	1252,3	1243,3	3,5	6,8	8149	532	-129,0
505	-	2	1097,4	39,0	32617,4	19698,2	7805,6	3784,8	1328,5	1373,3	4,6	6,6	7511	537	-102,3
505	+	2	970,9	33,7	31138,4	17482,8	6553,2	4954,9	2147,4	1520,0	5,5	6,6	16016	523	-112,3
504	-	2	1310,1	47,6	30263,2	17942,7	7118,1	3628,4	1574,1	1423,3	4,6	6,6	6412	550	-121,7
504	+	2	1162,9	37,2	31680,6	17955,0	7661,5	4526,5	1537,3	1566,7	5,3	6,6	12578	550	-114,3
501	-	2	1103,9	40,0	25286,8	14812,3	6520,8	2955,7	997,7	1306,7	3,6	6,7	5527	550	-123,7
501	+	2	1047,3	34,0	27920,2	15614,1	6289,9	4189,1	1826,9	1436,7	5,0	6,6	11799	537	-117,7
505	+	3	2008,4	111,0	31100,9	17257,6	6512,2	5043,5	2287,6	1560,0	6,5	6,7	12932	537	-108,0
504	+	3	2067,2	123,5	29224,5	16269,5	7130,2	4115,8	1708,7	1416,7	4,3	6,7	10664	520	-118,7
501	+	3	2042,8	116,7	29844,2	16709,2	6345,5	4599,7	2189,7	1496,7	5,8	6,7	11373	540	-119,0
505	-	3	2086,0	125,4	29241,4	16930,9	7473,0	3492,4	1344,6	1336,7	4,1	6,8	6873	557	-123,7
504	-	3	1995,9	106,5	29841,5	17962,1	7240,2	3449,1	1190,1	1370,0	5,2	6,7	10487	503	-113,0
501	-	3	2095,4	117,6	29116,2	17361,4	7322,6	3278,0	1154,0	1350,0	5,0	6,7	6439	533	-111,0

\* mittlere Tageswerte während der Sammelperiode (6. bis 8. Tag der RUSITEC Inkubation),

\*\* Fusariumbefall: + = starker Befall, - = kein Befall, ermittelt nach Daumendruck-Bonitur

## 9 Literaturverzeichnis

**ANONYM, 1988:** Bundessortenamt: Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen. Verlag Alfred Strothe, 64

**ANONYM, 1993:** Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Methodenbuch Band III. VDLUFA Verlag, Darmstadt

**ANONYM, 1996:** Umdenken beim Körnermais. DLZ 1/96, 72-73

**ANONYM, 2000:** Maisflächenschätzung nach unten korrigiert. Zeitschr. Mais 4, 173

**ARGILLIER, O. und Y. BARRIERE, 1996:** Valeur alimentaire et inscription des variétés de maïs ensilage aux catalogues officiels en Europe. Fourrages 146, 131-140

**AUERBACH, H. und C. GEISLER, 1992:** Mykotoxine in Roh- und Saftfuttermitteln für Wiederkäuer. Übers. Tierernährung 20, 167-208

**BAATH, H., O. KNABE und P. LEPOM, 1990:** Vorkommen von Fusarienarten und ihren Mykotoxinen auf Silomais. 5. Mitteilung: Untersuchungen zum Fusariumbefall von Silomais. Arch. Anim. Nutr. 40, 397-405

**BAUER, J., 1991:** Mykotoxine in der Nahrungskette. VDLUFA Schriftenreihe 33, Kongressband 1991, 49-55

**BÖSE, S., 1997:** Qualitätsmanagement Mais. Besseres Futter mit neuer Reifephylogie. Rinderwelt Feb. 1997, 21-22

**BU`LOCK, J.D., 1975:** Secondary Metabolism in Fungi and its Relationships to Growth and Development. In: Smith u. Berry (1975), 33-58

**BUNDESSORTENAMT HANNOVER, 1999:** Beschreibende Sortenliste 1998 Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen (großkörnig), Hackfrüchte (außer Kartoffeln); Landbuch Verlagsgesellschaft mbH Postfach 160, 30001 Hannover

**BUSSE, F.W., 1989:** Fruchtbarkeitsstörungen bei Sauen im Zusammenhang mit Ergebnissen mikrobieller und mykotoxikologischer Futtermitteluntersuchungen. Kraftfutter 10, 380-384

**CHARMLEY, E., H.L. TRENHOLM, B.L. THOMPSON, D. VUDATHALA, J.W.G. NICHOLSON, D.B. PRELUSKY und L.L. CHARMLEY, 1993:** Influence of level of Deoxynivalenol in the diet of dairy cows on feed intake, milk production, and its composition. J. Dairy. Sci. 76, 3580-3587

**COENEN, G., 1988:** *In vitro*- Untersuchungen mit dem RUSITEC-System zum Einfluß unterschiedlicher Fett-Stärke-Kombinationen auf verschiedene Fermentationsparameter von Pansenmikroben. Univ. Göttingen, Institut für Tierphysiologie und Tierernährung. Diss.

- COLEMAN, G.S., 1980:** Rumen ciliate protozoa. *Adv. Parasit.* 18, 655-661
- CONWAY, E.J. und E. O'MALLEY E, 1942:** 75. Microdiffusion methods. Ammonia and urea using buffered absorbents (revised methods for ranges greater than 10 µg N). *Biochem. J.* 36, 986-995
- CZERKAWSKI, J.W. und G. BRECKENRIDGE, 1977:** Design and development of a long-term rumen simulation technique (RUSITEC). *Br. J. Nutr.* 38, 371-384
- CZERKAWSKI, J.W., 1986:** An introduction to rumen studies. Pergamon Press, Oxford, New York.
- DACCORD, R., Y. ARRIGO und R. VOGEL, 1995:** Nährwert von Maissilage. *Agrarforschung* 9, 397-400
- DA COSTA GOMEZ, C., 1999:** *In vitro*- Untersuchungen zur reduktiven Acetogenese im Pansen. Univ. Göttingen, Institut für Tierphysiologie und Tierernährung. Diss.
- DE BOEVER, J.L., B.G. COTTYN, F.X. BYSSE, F.W. WAINMAN und J.M. VANACKER, 1986:** The Use of an Enzymatic Technique to Predict Digestibility, Metabolizable and Net Energy of Compound Feedstuffs for Ruminants. *Anim. Feed Sci. a. Techn.* 14, 203-214
- DE BOEVER, J.L., B.G. COTTYN, D.L. DE BRABANDER, J.M. VANACKER und C.V BOUCQUE, 1997:** Prediction of the feeding value of maize silages by chemical parameters, *in vitro*- digestibility and NIRS. *Anim. Feed Sci. Tec.* 66, 211-222
- DEINUM, B., A. STEG und G. HOF, 1984:** Measurement and prediction of digestibility of forage maize in the Netherlands. *Animal Feed Science and Technology* 10, 301-313
- DEINUM, B. und J.J. BAKKER, 1981:** Genetic Differences in Digestibility of Forage Maize Hybrids. *Neth. J. agric. Sci.* 29, 93-98
- DEINUM, B und P.C. STRUIK, 1988:** Genetic variation in digestibility of forage maize (*Zea Mays* L.) and its estimation by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS). In: *Quality of Silage Maize, Digestibility and Zootechnical Performance*. Proc. Int. Sem., Center for Agricultural Research, Gembloux, 1-20
- DEMEYER, D. und D. GIESECKE, 1973:** Abbau der Kohlenhydrate und Biochemie der Gärung im Pansen. In: *Biologie und Biochemie der mikrobiellen Verdauung*. Giesecke, D. & H.K. Hendrickx (Hrsg.), BLV Verlagsgesellschaft, München
- DE NIJS, M., F. ROMBOUTS und S. NOTERMANS, 1996:** Fusarium Moulds and Their Mycotoxins. *Journal of Food Safety* 16, 15-58
- DIRKSEN, G., 1990:** Verdauungsapparat. In: *Die klinische Untersuchung des Rindes*. G. Dirksen, H. Gründer u. M. Stöber (Hrsg.). Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg
- DROCHNER, W., 1989:** Vorkommen von Fusariumtoxinen in Futtermitteln. *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 96, 350-352

- DROCHNER, W., 1990:** Aktuelle Aspekte zur Wirkung von Phytohormonen, Mykotoxinen und ausgewählten schädlichen Pflanzeninhaltsstoffen auf die Fruchtbarkeit beim weiblichen Rind. Übers. Tierernährg. 18,177-196
- EDER, J., 1995:** Sortenwahl - Worauf es in der Praxis ankommt. Zeitschr. Mais 1, 10-15
- EDER, J., 1998a:** Die Zielgrößen sind neu definiert. Zeitschr. Mais 2, 52-54
- EDER, J., 1998b:** Wundersorten gibt es nicht. DLG-Mitteilungen 2, 16-18
- EDER, J., 1999a:** Mais: Neue Reifezahlen verbessern die Sortenwahl. Zeitschr. Top Agrar 1, 90-91
- EDER, J., 1999b:** Reife Leistung. Zeitschr. Mais 4, 138-141
- FRITSCHKE, W., 1978:** Biochemische Grundlagen der industriellen Mikrobiologie. W. Fritsche (Hrsg.), VEB Gustav Fischer Verlag, Jena
- GARBE, V., 1995:** Pilzkrankheiten – in Deutschland nicht „das“ Problem. Zeitschr. Mais 4, 126-128
- GIESECKE, D., 1973:** Der Vormagen der Wiederkäuer als mikrobieller Lebensraum. In: Biologie und Biochemie der mikrobiellen Verdauung. Giesecke, D. & H.K. Hendrickx (Hrsg.), BLV Verlagsgesellschaft, München
- GRUBER-SCHLEY, S., 1987:** Fusarien und ihre Toxine in Getreide unter besonderer Berücksichtigung von Mais. Univ. Hohenheim, Institut für Lebensmitteltechnologie. Diss.
- GÜRTLER, H., 1971:** Die Verdauung und Resorption bei Nutztieren. In: Ernährungsphysiologie der landwirtschaftlichen Nutztiere. E. Kolb u. H. Gürtler (Hrsg.). Gustav Fischer Verlag, Jena
- HARMEYER, J., 1973:** Protozoologie des Pansens. In: Biologie und Biochemie der mikrobiellen Verdauung. Giesecke, D. & H.K. Hendrickx (Hrsg.), BLV Verlagsgesellschaft, München
- HEIN, W., L. GRUBER, G. URAY, J. HINTERHOLZER und G. PUCHWEIN, 1996:** Restpflanze ist nicht gleich Restpflanze. Zeitschr. Mais 3, 108-111
- HEPTING, L., 1988:** Verdaulichkeit der Maispflanze. Sortenunterschiede in der Verdaulichkeit der Restpflanze. Zeitschr. Mais 4, 26-30
- HEPTING, L., 1992:** Der Futterwert von Maissorten. Zeitschr. Mais 4, 16-19
- HERMANN, W., E. KÜBLER und W. AUFHAMMER, 1998:** Ährenbefall mit Fusarien und Toxingehalt im Korngut bei verschiedenen Wintergetreidearten. Pflanzenbauwissenschaften 3, 97-107
- HERTER, U., A. ARNOLD, F. SCHUBINGER und M. MENZI, 1996a:** Verdaulichkeit, das wichtigste Qualitätsmerkmal bei Silomais. Agrarforschung 3, 535-538

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

**HOFFMANN, G.M., F. NIENHAUS, H.M. POEHLING, F. SCHÖNBECK, H.C. WELTZIEN und H. WILBERT, 1994:** Krankheitsentwicklung und Befallsverlauf. In: *Lehrbuch der Phytomedizin*. Blackwell Wissenschaft-Verlag, Berlin

**HÖLTERSINKEN, M., U. PLITT, F.C. TAMMEN, P. HOFFMANN und H. SCHOLZ, 1997:** Einfluß von verpilztem Gras auf intraruminale Fermentation und Thiaminstoffwechsel des Rindes (*in vitro*). *Dtsch. Tierärztl. Wschr.* 104, 17-22

**HUNGATE, R.E., 1966:** The rumen and its microbes. Academic Press, New York

**JEROCH, K., W. DROCHNER und O. SIMON, 1999:** Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 35

**KALLELA, K. und L. VASENIUS, 1982:** The effects of rumen fluid on the content of Zearalenone in animal fodder. *Nord. Vet.-Med.* 34, 336-339

**KAMPHUES, J., K. MÄNNER und K. SCHÄFER, 1992:** Effekte hygienisch kritischer Grund- und Kraftfuttermittel auf Fermentationsvorgänge und „Verdaulichkeit“ im künstlichen Pansen (RUSITEC). 46. Tagung der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Göttingen, 31.3. – 2.4.1992

**KIESSLING, K.-H., H. PETTERSON, K. SANDHOLM und M. OLSEN, 1984:** Metabolism of aflatoxin, ochratoxin, zearalenone, and three trichothecenes by intact rumen fluid, rumen protozoa, and rumen bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 47, 1070-1073

**KING, R.R., R.E. McQUEEN, D. LEVERSQUE und R. GREENHALGH, 1984:** Transformation of deoxynivalenol (vomitoxin) by rumen mikroorganisms. *J. Agric. Food Chem.* 32, 1181-1183

**KOEHLER, B. 1960** zitiert bei RINTELEN, J., 1966: Untersuchungen zur Fusarium-Stengelfäule an reifenden Maispflanzen in Süddeutschland. Univ. Hohenheim, Institut für Pflanzenschutz, Diss.

**KRUMHOLZ, L.R., C.W. FORSBERG und D.M. VEIRA, 1983:** Association of methanogenic bacteria with rumen protozoa. *Can. J. Microbiol.* 29, 676-680

**KRÜGER, W., 1989:** Maize Diseases Caused by Fusaria: Involved Species and Mycotoxins. In: *Fusarium: Mycotoxins, Taxonomy and Pathogenicity*. Edited by: J. Chelkowski, Elsevier Science Publishers, 297-317

**LEPSCHY, J., 1992:** Fusariumtoxine in Getreide – ihre Entstehung und Vorbeugungsmaßnahmen. *Gesunde Pflanzen* 44, 35-39

**LERCH, C., 1990:** Metabolismus von Ochratoxin A und Zearalenon in Pansenflüssigkeit von Milchkühen *in vitro*. Univ. Hohenheim, Institut für Tierernährung, Diss.

**LEW, H., 1998:** Ätiologie, Verlauf und Toxigenität von Maisfusariosen. Vortrag, Tagung der AG Futterkonservierung und Fütterung des Deutschen Maiskomitees, Kitzingen. 31.03. – 1.04.1998

**LEW, H. und A. ADLER, 1997:** Fusariumbefall - der größte Schaden entsteht im Stall. Zeitschr. Mais 2, 71-73

**LÖFFLER, K., 1987:** Anatomie und Physiologie der Haustiere. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart

**LÜTKE ENTRUP, N., F.F. GRÖBLINGHOFF und H. WIEKER, 1997:** Ertragliche Effizienz und ökologische Relevanz verschiedener N- Düngungsstrategien. Fachtagung: Umweltgerechter und ertragsorientierter Maisanbau. 8./9. Juli 1997 in Soest, Tagungsband, 102-114

**MAIWORM, K., 1994:** Wirkung havarierter Maissilage auf Fermentationsvorgänge im Pansensaft des Rindes (*in vitro*). Tierärztliche Hochschule Hannover, Diss.

**MAURUSCHAT, A., 1996:** Untersuchungen zum Einfluß von Roquefortin auf Fermentationsvorgänge im Panseninhalt des Rindes (*in vitro*). Tierärztliche Hochschule, Hannover. Diss

**McDOUGALL, E.I., 1948:** Studies on ruminant saliva. Biochem. J. 43, 99-109

**MENKE, K.-H. und W. HUSS, 1987:** Tierernährung und Futtermittelkunde. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart

**MEHREZ, Z., E.R. ØRSKOV and McDONALD, I.:** Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. Br. J. Nutr. 38, 437-443

**MENSAH, R.A. und B.G. ZWATZ, 1975:** Studie über die Stengelbruchkrankheit des Mais (*Zea mays* L.). Separatdruck aus „Pflanzenschutz-Berichte“ 11/12, 162-194

**MENZI, M., U. HERTER, J.F. COLLAUD und P. BASSETTI, 1994** zitiert bei HERTER, U., A. ARNOLD, F. SCHUBINGER und M. MENZI, 1996: Verdaulichkeit, das wichtigste Qualitätsmerkmal bei Silomais. Agrarforschung 3, 535-538

**MEYER, L. und I. MOHR, 1988:** Möglichkeiten der Züchtung und des Pflanzenschutzes zur Verminderung der Fusariumstengelfäule bei CCM-Mais. Tag.-Ber., Landwirtsch.-Wiss. DDR, Berlin 272, 135-139

**MILLER, J.D., J.C. YOUNG und H.L. TRENHOLM, 1983** zitiert bei: ABBAS, H.K., C.J. MIROCHA, R.A. MERONUCK, J.D. POKORNY, S.L. GOULD und T. KOMMEDAHL, 1988: Mycotoxins and *Fusarium ssp.* Associated with Infected Ears of Corn in Minnesota. Applied and Environmental Microbiology 54, 1930-1933

**MILTNER, R., 1997:** Sortenwahl Mais: Die FAO-Zahl hat ausgedient! Zeitschr. Top Agrar 4, 68-73

**MILTNER, R. und J. RATH, 1998:** Nutzungsspezifische Reifezahlen. Zeitschr. Mais 4, 140-143

**OLDENBURG, E. und G. BREVES, 1989:** Aspekte der Mykotoxinproblematik in der landwirtschaftlichen Produktion. In: Landbauforschung Völkenrode, 39. Jahrgang (1), 40-47

**OLDENBURG, E., 1997:** Schimmelpilze, Gefahr für Futterqualität und Tiergesundheit. Zeitschr. Mais 4, 134-136

**OLDENBURG, E., 1999:** Mykotoxine in Maisprodukten – Bewertung aktueller Untersuchungsergebnisse. 12. Maiskolloquium, 24. / 25. März 1999, Wittenberg

**OSWEILER, G.D., M.E. KEHRLI, J.R. STABEL, J.R. THURSTON, P.F. ROSS und T.M. WILSON, 1993:** Effects of fumonisin-contaminated corn screenings on growth and health of feeder calves. Journal of Animal Science 71, 459-466

**PEYKER, W. und J. RATH, 1997:** Sortenwahl ohne Prüfsysteme nicht denkbar. Zeitschr. Mais 2, 48-51

**RINTELEN, J., 1966:** Untersuchungen zur Fusarium-Stengelfäule an reifenden Maispflanzen in Süddeutschland. Univ. Hohenheim, Institut für Pflanzenschutz, Diss.

**RINTELEN, J., 1967:** Die Häufigkeit von Fusarien in Ackerböden mit Mais-starken und Mais-armen Fruchtfolgen. Sonderdruck aus der Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz 74, 11/12, 664-666

**ROSS, P.J. und A.E. MARTIN, 1970** zitiert bei: COENEN, G., 1988: *In vitro*-Untersuchungen mit dem RUSITEC-System zum Einfluß unterschiedlicher Fett-Stärke-Kombinationen auf verschiedene Fermentationsparameter von Pansenmikroben. Uni Göttingen, Institut für Tierphysiologie und Tierernährung. Diss.

**SCHEUNERT, A. und A. TRAUTMANN, 1987:** Lehrbuch der Veterinärphysiologie. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg

**SCHMIDT, G., 1997:** persönliche Mitteilung

**SCHNYDER, S. 1993** zitiert bei HERTER, U., A. ARNOLD, F. SCHUBINGER und M. MENZI, 1996: Verdaulichkeit, das wichtigste Qualitätsmerkmal bei Silomais. Agrarforschung 3, 535-538

**SCHUH, M., 1989:** Bedeutung der Mykotoxinaufnahme für Leistung und Gesundheit der Tiere. Dt. tierärztl. Wschr. 96, 353-355

**SCHUMANN, K., 1987:** Vorbeuge von Mykotoxinkontaminationen – eine Aufgabe des Pflanzenschutzes im Futterbau. Wiss. Zeitschrift d. Humboldt-Universität zu Berlin. Math.-Nat. R. 36, 285-289

**SCHUMANN, K. und N. ZREIK, 1994:** Untersuchungen zur endogenen Fusarium-Flora von Maispflanzen im Auflaufstadium. Zeitschr. Gesunde Pflanzen 46, 55-60

**SCHWARZ, F.J., E.J. PEX und M. KIRCHGESSNER, 1996:** Zum Sorteneinfluß von Silomais auf Verdaulichkeit und Energiegehalt von Maissilage bei Rind und Schaf. Zeitschr. Das wirtschaftseigene Futter 42, 161-172

**SMITH, J.E., C.W. LEWIS, J.G. ANDERSON und G.L. SOLOMONS, 1994:** Mycotoxins, occurrence and their toxicity. In: Mycotoxins in human nutrition and health. European Commission, Science Research and Development. Agro-Industrial Research Division

**SORTENSPIEGEL MAIS, 2000.** Hrsg. Deutsches Maiskomitee, Bonn

**STEIN, E., 1977:** Untersuchungen über Auftreten und Bekämpfung der Maisstengelfäule. Zeitschr. Gesunde Pflanzen 25, 43-47

**STRUIK, P.C., 1983:** The effect of short and long shading applied during different stages of growth, on the development, productivity and quality of forage maize. Netherlands Journals of Agricult. Sci. 31, 101-124

**STRUIK, P.C., DEINUM; B. und HOEFSLOOT, J.M.P., 1985:** Effects of different temperatures during different stages of development on growth and digestibility of forage maize. Netherlands Journals of Agricult. Sci. 33, 405-420

**TILLMANN, P., 1998:** persönliche Mitteilung

**TRAN, T. - D., 1990:** Zearalenon im Futter und seine Wirkungen beim Schwein. Zeitschr. Schweinezucht und Schweinemast 38, 15-18

**TRENHOLM, H.L., R.M.G. HAMILTON, D.W. FRIEND, B.K. THOMPSON und K.E. HARTIN, 1984:** Feeding trials with vomitoxin (deoxynivalenol)-contaminated wheat: Effects on swine, poultry, and dairy cattle. JAVMA 185, 527-531

**URBANEK, H., 1989:** The Role of Cutinase and Cell Wall Degrading Enzymes Produced by Fusaria in Pathogenesis. In: Fusarium: Mycotoxins Taxonomy and Pathogenicity. Edited by: J. Chelkowski, Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam, 243-256

**WAINWRIGHT, M., 1995:** Biotechnologie mit Pilzen – eine Einführung. Springer Verlag, Berlin

**WEISSBACH, F., 1999:** Strategien im Maisbau - Augen auf bei der neuen Reifeinstufung. Zeitschr. Lohnunternehmen 1, 3

**WEISSBACH, F., L. SCHMIDT und S. KUHLA, 1994:** Futterwertschätzung auf der Basis der Cellulasemethode bei Silomais und Maissilage. Vortrag, Deutsches Maiskom., Bad Hersfeld, 2.-3. März 1994

**WEISSBACH; F. und H. AUERBACH, 1999:** Wann ist der Mais siloreif? Zeitschr. Mais 2, 72-77

**WILLIAMS, A.G. und G.S. COLEMAN, 1997:** The rumen protozoa. In: The rumen microbial ecosystem. Hobson, P.N. und C.S. Stewart (ed.). Blackie Academic & Professional, London, Weinheim, New York, Tokio, Melbourne, Madras

**WIRTH, S.J. und G.A. WOLF, 1992:** Micro-plate colorimetric essay for endo-acting cellulase, xylanase, chitanase, 1,3- $\beta$  glucanase and amylase extracted from forest soil horizons. Soil Biol. Biochem. 24, 511-519



**ZEHATSCHEK, W., 1997:** Zentral organisieren. DLG Mitteilungen 4, 70-71



## DANKSAGUNG

Diese Arbeit wäre ohne die Unterstützung anderer Menschen, denen ich an dieser Stelle meinen herzlichen Dank aussprechen möchte, nicht möglich gewesen.

**Herrn Professor Dr. Hj. Abel** danke ich für die für die Möglichkeit zur Promotion, die wissenschaftliche Betreuung und die vielen konstruktiven Anregungen.

**Frau Professor Dr. E. Pawelzik** danke ich für die Übernahme des Korreferates.

Mein besonderer Dank gilt **Frau Professor Dr. M. Freitag und Herrn Professor Dr. N. Lütke-Entrup** vom Fachbereich Agrarwirtschaft der Universität Paderborn in Soest. Durch ihre fachliche Betreuung, stete Diskussionsbereitschaft, große Geduld auch während des mühevollen Korrekturlesens und nicht zuletzt durch das mir entgegengebrachte Vertrauen hatten sie einen wesentlichen Anteil am Gelingen der Arbeit.

**Frau Dr. E. Oldenburg** vom Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig danke ich für die Durchführung der Zearalenonanalysen.

**Herrn Professor Dr. G.A. Wolf** und **Herrn Dr. J. Weinert** vom Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz der Universität Göttingen danke ich für die Durchführung der Untersuchungen zur Cellulaseaktivität.

Allen Mitarbeiter(inne)n und Mitdotorand(inn)en des Instituts für Tierphysiologie und Tierernährung der Universität Göttingen sowie des Fachbereichs Agrarwirtschaft der Universität Paderborn in Soest danke ich für Aufmunterung, Anteilnahme und Hilfsbereitschaft. Insbesondere die „Phytos“ haben dazu beigetragen, daß ich mich am Fachbereich Agrarwirtschaft in Soest immer wohl gefühlt habe.

Ich danke **Herrn Dr. Peter Dapprich** für sein liebevolles Verständnis und seinen unermüdlichen Optimismus, der mir insbesondere in der letzten Phase der Arbeit eine große Hilfe war.

Meiner Familie danke ich für die stets gewährte ideelle und finanzielle Unterstützung. Auch allen anderen Beteiligten, die namentlich nicht erwähnt sind, möchte ich auf diesem Wege meinen herzlichen Dank aussprechen.

Die Anfertigung dieser Dissertation wurde durch die finanzielle Unterstützung der Kleinwanzlebener Saatzucht AG, Einbeck ermöglicht, wofür ich mich bedanke.



# LEBENS LAUF

## Persönliche Daten

Name	Schlagheck
Vornamen	Alexandra, Anne-Marie
Geburtsdatum, -ort	30. März 1969 in Havixbeck
Staatsangehörigkeit	deutsch

## Schulische Ausbildung

1975 - 1979	Katholische Grundschule, Havixbeck
1979 - 1988	Marienschule, Münster, Abschluß: Allgemeine Hochschulreife

## Studium

1988 – 1995	Studium der Agrarwissenschaften, Fachrichtung Pflanzenproduktion an der Justus-Liebig-Universität in Gießen, Abschluß: Diplom Agraringenieurin
1991	Landwirtschaftliches Praktikum auf dem Betrieb Geißler in Lollar-Ruttershausen, Landkreis Gießen
1992	Landwirtschaftliches Praktikum auf dem Betrieb van Eeden in Swellendam, Republik Südafrika
1995	Praktikum im Bereich Maiszüchtung bei der Firma van der Have (heute Advanta) in Buggingen, Markgräfler Land
1997 – 2001	Promotionsstudium Agrarwissenschaften an der Georg-August-Universität in Göttingen

## Beruflicher Werdegang

seit 1995	Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fachbereich Agrarwirtschaft der Universität GH Paderborn in Soest
-----------	---



