



Hochschule Neubrandenburg  
University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften

**Studienarbeit  
zur Erlangung des akademischen Grades  
Bachelor of Science**

**Thema**

**„Entwicklung einer Methode zur Schätzung von Korn- und Corn- Cob-  
Mix- Erträgen von Mais zum Zeitpunkt der Siloreife“**

**Vorgelegt von:** Tobias Kipping

**Eingereicht im:** Juli 2011

URN: urn:nbn:de:gbv:519-thesis2011-0279-1

# I Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung .....	6
2. Literatur .....	6
3. Maisanbau in Deutschland.....	6
4. Grundlagen des Maisanbaus .....	8
5. Geschichte des Maisanbaus.....	9
6. Botanik der Maispflanze.....	10
7. Standortansprüche .....	11
8. Bodenbearbeitung .....	12
9. Aussaat .....	14
10. Sortenwahl .....	15
11. Düngung .....	17
12. Pflanzenschutz .....	19
12. Krankheiten und Schädlinge .....	20
12.1 Wurzel- und Stängelfäule.....	20
12.2 Kolbenfäule.....	21
12.3 Maisbeulenbrand .....	22
12.4 Fritfliege .....	23
12.5 Drahtwürmer .....	24
12.6 Maiszünsler .....	25
12.7 Westlicher Maiswurzelbohrer .....	26
13. Erntereife von Körnermais und Corn- Cob- Mix .....	27
14. Ernte von Körnermais .....	28
15. Ernte von Corn- Cob- Mix .....	29
16. Konservierung von Körnermais .....	29
16.1 Trocknung .....	30
16.2 Ganzkornkonservierung in gasdichten Behältern .....	31
16.3 Konservierung durch Säurezusatz .....	31
16.4 Feuchtmais- und CCM- Silierung .....	32
17. Einsatz von Mais in der Fütterung.....	34
17.1 Einsatz in der Schweinefütterung .....	34
17.2 Einsatz in der Rinderfütterung.....	37
18. Material und Methoden.....	39
18.1 Datengrundlage.....	39
18.2 Statistische Methode .....	41
19. Darstellung der Ergebnisse.....	42
19.1 Ergebnisse zur Siloreife.....	42
19.2 Ergebnisse zur Feuchtkornreife.....	45
19.3 Ergebnisse zur Druschreife.....	47
19.4 T- Test und Korrelation .....	50
20. Herleitung der Schätzformeln.....	51

21. Schlussfolgerung und Empfehlungen .....	55
22. Zusammenfassung .....	57
III Literaturverzeichnis.....	59
IV Abbildungsverzeichnis.....	65
V Tabellenverzeichnis.....	66
VI Eidesstattliche Erklärung.....	67
VII Anhang.....	68
Anleitung zum Schätzverfahren .....	68

## II Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

°C	Grad Celsius
BBCH	Code zur Beschreibung des morphologischen Entwicklungsstadiums einer Pflanze
CaO	Calciumcarbonat
CCM	Corn- Cob- Mix
cm	Zentimeter
dt	Dezitonne
durchschn.	durchschnittliche
e.G.	eingetragene Genossenschaft
ERTR	Ertrag
FM	Frischmasse
g	Gramm
GTM	Gesamt trockenmasse
ha	Hektar
HTR	Helminthosporium- Blattfleckenkrankheit
K	Kornreife, Kalium
K <sub>2</sub> O	Kaliumoxid
KAS	Kalkammonsalpeter
kg	Kilogramm
l	Liter
m	Meter
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
max.	maximal
mg	Milligramm
MgO	Magnesiumoxid
min	minimal
mm	Millimeter
MJ ME	Megajoule Umsetzbare Energie
MJ NEL	Megajoule Netto- Energie- Laktation
MS- Excel	Mircosoft- Excel
N	Stickstoff
NFE	Stickstoff- freie- Extraktstoffe



P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Diphosphorpentoxid
PC	Personalcomputer
PDA	Personal- Digital- Assistent
qm	Kubikmeter
S	Siloreife, Schwefel
Temp.	Temperatur
TS	Trockensubstanz
W	Watt

## **1. Einleitung**

Mais ist eine vielfältig verwendbare Pflanze. Hier zu Lande hat der Silomaisanbau eine hohe Bedeutung. Für die Fütterung landwirtschaftlicher Nutztiere ist nicht nur der Silomaisanbau, sondern auch die Produktion von Körnermais bzw. Maiskolbenprodukten, wie Corn- Cob-Mix interessant.

Ziel dieser Arbeit ist es, eine Methode zu entwickeln, um die Korn- und CCM- Erträge zum Zeitpunkt der Siloreife zu schätzen. Die neu entwickelte Schätzformel soll in dem von der Hochschule Neubrandenburg in Zusammenarbeit mit der Saaten Union GmbH und der Agrargenossenschaft Luisenhof Hohenzieritz e.G. erarbeiteten Erntemanager Anwendung finden und diesen um die Schätzung von Korn- und CCM- Erträge erweitern. Die Praxistauglichkeit der in dieser Arbeit ermittelten Schätzformeln, soll in den kommenden Jahren bestätigt werden.

## **2. Literatur**

### **3. Maisanbau in Deutschland**

Im Jahr 2010 wurden in Deutschland ca. 2.291.300 ha Mais angebaut. Die größte Bedeutung hat der Silomaisanbau mit ca. 1.826.300 ha Fläche. Mais wird hauptsächlich für die Rinderfütterung genutzt. Silomais für die Biogaserzeugung wird auf ca. 650.000 ha angebaut. Dies entspricht ca. 35% der Anbaufläche für Silomais. Körnermais und Corn- Cob- Mix wurden auf ca. 465.000 ha angebaut. Dies sind ca. 20% der gesamten Anbaufläche. 2010 wurden in Mecklenburg- Vorpommern insgesamt 137.900 ha mit Mais bestellt. Dabei entfielen ca. 133.300 ha auf den Silomais und ca. 4.600 ha auf Körnermais und Corn- Cob-Mix Anbau. Die Anbaufläche in Mecklenburg- Vorpommern stellt ca. 6% der bundesweiten Anbaufläche dar.

Im Vergleich zum Jahr 2009 ist die Gesamtanbaufläche um ca. 8,5% in Deutschland und um ca. 10,5% in Mecklenburg- Vorpommern angestiegen. Dies zeigt, dass die Anbauflächen auch im Jahr 2010 angestiegen sind. Wobei die Anbaufläche für Körnermais mit rund 400.000 ha relativ konstant geblieben ist. Der starke Flächenanstieg ist vor allem im Bereich des Silomaisanbaus zu verzeichnen. Im Jahr 2002 waren dies 1.119.200 ha. Im Jahr 2009 stand Silomais auf 1.646.700 ha. Im Vergleich ist die Anbaufläche um ca. 47% innerhalb von sieben Jahren gestiegen.

Diese Entwicklung zeigt, welche Bedeutung der Maisanbau in Deutschland insgesamt, und in Mecklenburg- Vorpommern hat.

(Deutsches Mais Komitee, 2011)



### Körnermaisbaufläche in Deutschland im mehrjährigen Vergleich

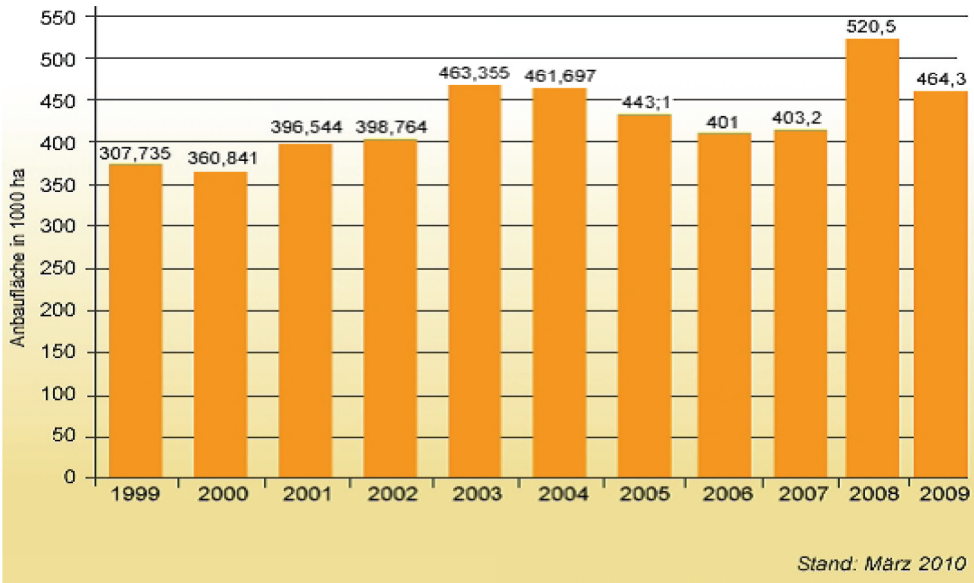


Abbildung 1: : Körnermaisbaufläche in Deutschland (Deutsches Maiskomitee, 2011)



### Silomaisbaufläche in Deutschland im mehrjährigen Vergleich

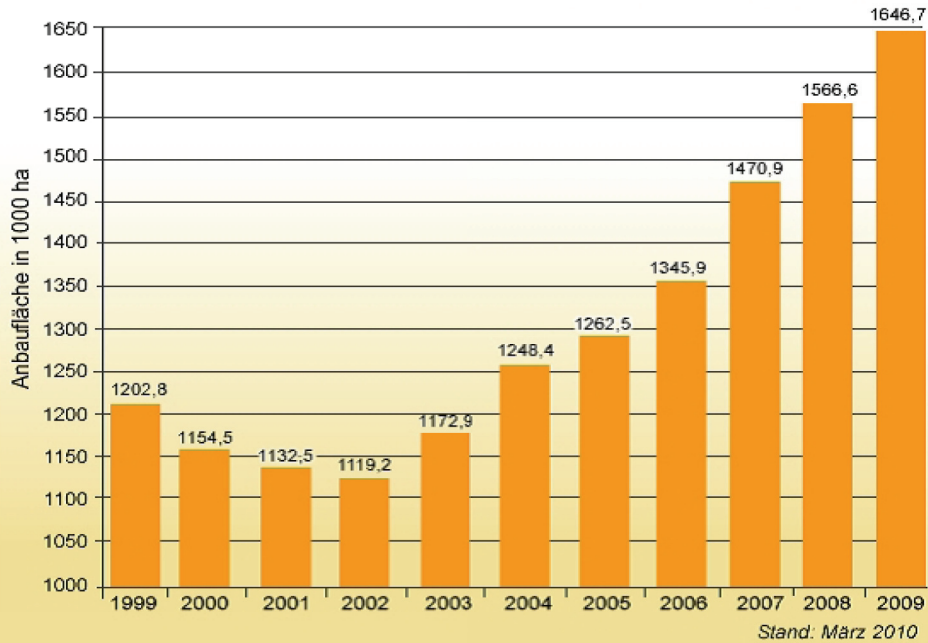


Abbildung 2: Silomaisbaufläche in Deutschland (Deutsches Maiskomitee, 2011)

## 4. Grundlagen des Maisanbaus

In verschiedenen Regionen der Welt hat Mais eine herausragende Stellung für die Humanernährung und stellt eines der wichtigsten Nahrungsmittel dar.

Demgegenüber dient der Maisanbau in Mitteleuropa zur Erzeugung von betriebseigenen Futtermitteln für die Tierproduktion. (Deutsches Maiskomitee, 2011) Mit Mais lassen sich verschiedene Futtermittel, wie Maissilage, Lieschkolbenschrotsilage, Corn- Cob- Mix und Körnermais erzeugen. Diese Futtermittel kommen zum Einsatz in der Fütterung landwirtschaftlicher Nutztiere wie Rinder, Schweine, Geflügel und Pferde.

Silomais hat die größte Bedeutung, bei der Produktion von betriebseigenen Futtermitteln. 74% der Maisanbaufläche entfallen auf diese Verwertungsform. (Deutsches Maiskomitee, 2011). Bei der Produktion von Maissilage wird die ganze Pflanze geerntet, gehäckselt und einsiliert. Für den Futterwert hat der Kolbenanteil die größte Bedeutung. Der optimale Erntetermin liegt da her in der Teigreife der Körner.

Das Ernteprodukt Lieschkolbenschrotsilage besteht aus Maiskörnern, der Spindel und den Lieschblättern. Das Gemisch wird gehäckselt und einsiliert. Lieschkolbenschrotsilage ist ein relativ rohfaserreiches Kraftfutter und daher besonders für die Rinderfütterung geeignet.

Corn- Cob- Mix (Korn- Spindel- Gemisch, CCM) enthält Maiskörner und 30-80% der Spindel. Das Gemisch wird nach der Ernte geschrotet und einsiliert. CCM ist in erster Linie ein Schweinefutter, wird aber auch als Kraftfutter in der Milchviehfütterung eingesetzt.

Körnermais wird durch Dreschen des reifen Maises gewonnen. Der Feuchtigkeitsgehalt der Körner ist noch relativ hoch nach dem Drusch. Deshalb muss Körnermais zur Konservierung getrocknet oder auf eine geeignete Weise siliert werden. Handelsfähig ist aber nur getrockneter Körnermais. Körnermais ist eine Kraftfutterkomponente, die in der Schweine- und der Geflügelfütterung, sowie in der Rinderfütterung eingesetzt wird. (Meßner, 2000)

Beginn der Kolbenbildung bis zur Teilgreife der Körner	Teilgreife der Körner	Druschreife der Körner		
Silomais mit 15–35% TS, Kolbenanteil 0–60% (d. TS), 560–650 StE, 6,1–7,1 MJ NEL/kg TS, 8,0–9,0 MJ ME/kg TS Fütterung Rindvieh, Schafe, Pferde, Schweine, Wild Ertrag: 110–140 dt TS/ha Konservierung: Silieren, Heißlufttrocknung und Verarbeitung zu Cobs				
	Lieschkolben mit 40–60% TS, 9–15% Rohfaser/TS 760–780 StE, 8,1–8,5 MJ NEL, 12,0–14,0 MJ ME/kg TS energiereiches Wirtschaftsfutter für Rinder, Schafe, Schweine Ertrag: 75–90 dt/ha TS Konservierung: Silieren			
		Maiskolben ohne Lieschblätter, Corn-Cob-Mix (CCM) 4–8% Rohfaser, 15,0–14,2 MJ ME/kg TS eiweißarmes Schweinemastfutter und Geflügelfutter Ertrag: 65–80 dt TS/ha Konservierung: Silieren, Trocknen		
		Körnermais 2–4% Rohfaser, 15,0–16,0 MJ ME/kg TS, eiweiß- und rohfaserarmer Schweinemast- futter. Ertrag: 55–75 dt TS/ha Konservierung: Silieren, chem. Konservieren, Trocknen, Kühlen		
90	60	50	40	30
Wassergehalt im Korn in %				

Abbildung 3: Verwertung der Maisprodukte mit zunehmender Reifeentwicklung (Zscheischler, 1990)

## 5. Geschichte des Maisanbaus

Der Mais stammt vermutlich aus Mexico. Das erste Maissaatgut gelangte wahrscheinlich in den Jahren 1493- 1496 durch Christopher Kolumbus nach Europa. Im Jahr 1525 wurden erste Felder in Spanien mit Mais bestellt. Doch der Maisanbau breitete sich zunächst im Osten des Mittelmeeres aus. 1574 waren in der Türkei und oberen Euphrat Felder mit Mais zu finden. Nach Deutschland kam der Mais erst im 16. und 17. Jahrhundert. Er wurde vorwiegend in den wärmeren Regionen (Rheingau und Baden) als Zierpflanze in Vorgärten gepflegt. Erst nach den Kartoffelmissernten in den Jahren 1805 und 1806 wurde, mit wenig Erfolg, versucht, Mais außerhalb der Weinbaugebiete anzubauen. Im 19. Jahrhundert lag die Anbaufläche von Mais in Deutschland noch unter einem Prozent. (Zscheischler, 1990)

In den Jahren 1905 bis 1910 beschreiben die US- Amerikaner EAST und SCHULL die Hybridzüchtung in der Pflanzenzüchtung. Die Hybridzüchtung war der Grundstein für den rasanten Anstieg der Maiserträge. 1933 gab es die ersten kommerziellen Hybridsorten in England. Erst 1960- 1970 gab einen starken Anstieg in der Maisproduktion. Mit der Entdeckung des Triazine zur chemischen Unkrautbekämpfung und der Bereitstellung von



geeigneter Technik von Einzelkornsämaschinen bis zum Mährescher bzw. Feldhäcksler, war es möglich, den Maisanbau stark zu mechanisieren. (Thome, 2010)

## **6. Botanik der Maispflanze**

Der Mais ist im Gegensatz zu unseren heimischen Kulturpflanzen eine C<sub>4</sub>-Pflanze. Der C<sub>4</sub>-Stoffwechsel nimmt über die PEP-Carboxylase CO<sub>2</sub> aus der Luft auf. Durch diese Reaktion entsteht Oxalacetat, welches mit NADPH+H zu Malat umgewandelt wird. Das Malat wird mit einer katalytischen Reaktion, unter Entstehung von NADPH, in CO<sub>2</sub> und Pyruvat gespalten. Das Kohlenstoffdioxid wird anschließend im Calvin-Zyklus zu Glucose umgewandelt. Das Pyruvat reagiert wieder zu PEP-Carboxylase und dient als CO<sub>2</sub>-Aktzeptor. (Universität Düsseldorf, 2011)

Durch diesen Mechanismus hat der Mais einige Vorteile, aber auch Nachteile, gegenüber unseren heimischen Kulturpflanzen. Der Mais kann sehr hohe maximale Photosyntheseraten erreichen. Dies beruht darauf, dass beim Mais kaum Photorespiration einsetzt. Bei der Photorespiration entsteht im Calvin-Zyklus ein C<sub>2</sub>-Körper anstelle eines C<sub>3</sub>-Körpers. Der C<sub>2</sub>-Körper kann nicht zur Synthese von Glucose verwendet und muss energieaufwendig abgebaut werden. Da Mais Kohlenstoffdioxid über die PEP-Carboxylase aufnimmt, wird bei hohen Blatttemperaturen kein Sauerstoff gebunden. Mais hat, durch die Bindung des CO<sub>2</sub> mit der PEP-Carboxylase, einen weiteren Vorteil. Kohlenstoffdioxid kann in Form von Malat gespeichert werden. Dies ermöglicht den Maispflanzen, auch bei geschlossenen Stomata Photosynthese zu betreiben. Im Gegensatz zu C<sub>3</sub>-Pflanzen hat Mais einen sehr hohen Lichtsättigungspunkt der Photosynthese, welcher unter natürlichen Bedingungen in unseren Breiten kaum erreicht wird. Bei Getreide liegt der Lichtsättigungspunkt der Photosynthese bereits bei ca. 120 W/m<sup>2</sup>.

Aufgrund dieser Vorteile erreicht Mais höhere maximale Wachstumsrate als C<sub>3</sub>-Pflanzen. Mais hat weiterhin eine höhere Stickstoff-Effizienz als C<sub>3</sub>-Pflanzen. Zusätzlich verfügt er über eine höhere Wassernutzungseffizienz als C<sub>3</sub>-Pflanzen. Dies bedeutet nicht, dass Mais unempfindlich gegenüber Wasserstress ist. Wasserstress während der Blüte verursacht beim Mais hohe Ertragsverluste.

Mais besitzt nicht nur Vorteile gegenüber C<sub>3</sub>-Pflanzen. Durch die C<sub>4</sub>-Photosynthese hat Mais ein wesentlich höheres Temperaturoptimum als C<sub>3</sub>-Pflanzen. Zudem ist Mais sehr kühlempfindlich. Bereits bei Temperaturen unter 5°C, reagiert er mit Wachstumsstillstand. (Thome, 2010)

## 7. Standortansprüche

Auf Grund seiner subtropischen Herkunft besitzt Mais einen höheren Temperaturanspruch, als unsere heimischen Getreide- und Futterpflanzen. Durch die Züchtung ist es gelungen, den Wärmebedarf des Maises zu verringern. Der Temperaturanspruch lag bei einer durchschnittlichen Temperatur von Mai bis September von 17°C. Dies entsprach dem sogenannten „Weinklima“. Für Körnermais verringerte sich der Temperaturdurchschnitt von Mai bis September auf 15,5°C. Beim Silomais sank dieser Anspruch auf eine Durchschnittstemperatur von 13,5°C. Auf Grund dieses züchterischen Fortschritts, konnte sich der Maisanbau in ungünstige Klimalagen und nach Norden ausdehnen. Es ist sogar möglich, Mais in Dänemark, Südschweden und Finnland anzubauen. In diesen Regionen kommen jedoch nur die leichten Böden, welche sich im Frühjahr schnell erwärmen, in Frage. (Zscheischler, 1990)

Mais stellt weniger Ansprüche an die Bodenart, aber höhere Ansprüche an das Bodengefüge. Ein optimaler Bodenzustand lässt Mais den Boden gut und tiefgründig durchwurzeln. Zudem sorgt ein optimales Bodengefüge für eine gute Wasserversorgung und eine schnelle Erwärmung. (Peyker et. al., 2009)

Die Bodenansprüche des Maises stehen im Zusammenhang mit den jeweiligen Klimaverhältnissen am Standort. In trockenen Lagen bevorzugt der Mais eher einen Lehmboden, da dieser besser Wasser speichern kann. In kühlen Gebieten wächst der Mais besser auf leichten, gut durchlüfteten Böden, wenn genügend Niederschlag fällt. Diese haben den Vorteil, sich schneller zu erwärmen, als die schweren Ton- und Lehmböden. (Zscheischler, 1990)

Mais besitzt als C4- Pflanze einen vergleichsweise geringen Wasserbedarf zur Produktion von pflanzlicher Substanz als unsere heimischen C3- Pflanzen. Zur Bildung von 1kg Trockensubstanz benötigt der Mais 200 l Wasser. In Gegensatz dazu benötigt Weizen 300-400 l Wasser zur Produktion von 1 kg Trockensubstanz. Mais ist daher als Kulturpflanze mit einem geringen Transpirationskoeffizienten zu bewerten.

Durch diese Eigenschaft lässt sich Mais auch in relativ trockenen Lagen anbauen. Jedoch ist zu beachten, dass ein Wasserstress während der Blüte in Kombination mit hohen Außentemperaturen zu erheblichen Ertragsausfällen führt, da im extremen Fall die Narbenfäden vertrocknen und die Befruchtung nur teilweise stattfindet. Dies hat zur Folge, dass an den Kolben weniger Körner gebildet werden und es somit zu Ertragsausfällen kommt. (Deutsches Maiskomitee, 2011)

## 8. Bodenbearbeitung

Zur Sicherung der Ertragsleistung ist eine sachgerechte und dem Standort angepasste Bodenbearbeitung erforderlich. Die Ziele der Bodenbearbeitung zum Mais sind eine rasche Erwärmung der Bodens, eine günstige Bodenstruktur sowie das Einarbeiten von Unkraut und organischen Düngern. Je schneller sich der Boden erwärmt, desto kürzer ist auch die Periode des Feldaufgangs. Mit einer kurzen Feldaufgangsperiode steigt auch insgesamt der Feldaufgang (Tabelle 1). Je schneller der Mais aufläuft, desto geringer ist auch die Gefahr, dass es zur Schädigung des Keimlings kommt. Die Schädigungen werden vor allem durch pilzliche Erreger hervorgerufen. Mit einer längeren Phase des Auflaufens verringert sich auch der Beizschutz der jungen Maispflanze. (Zscheischler, 1990)



**Tabelle 1:: Feldaufgang bei verschiedener Aufgangsdauer  
(Bayer CropScience, 2010)**

Bei der Herstellung eines optimalen Bodengefüges sollten Fahrspuren und Schadverdichtungen aus den Vorjahren beseitigt werden, da Verdichtungen ein undurchdringliches Hindernis für Maiswurzeln darstellen. In Trockenperioden kann dies dazu führen, dass der Mais die im Boden vorhanden Wasserreserven nicht nutzen kann und mit Trockenstress bzw. Ertragsausfällen reagiert. Ein optimales Bodengefüge besitzt eine bessere Wasserführung, wodurch genügend Wasser für die Keimung bereitgestellt wird. Zusätzlich kann der Mais die Wasserreserven im Boden bei Trockenperioden besser nutzen. Mais kann Boden mit einer optimalen Struktur tiefer durchwurzeln, als einen Boden mit Strukturproblemen. Dies ermöglicht der Maispflanze die vorhandenen Nährstoff- und Wasservorräte im Boden zu nutzen. (Bayer CropScience 2010)

Die Herstellung eines optimalen Bodengefüges kann mittels konventioneller Bodenbearbeitung, aber auch mit konservierender Bodenbearbeitung erfolgen. Bei der konservierenden Bodenbearbeitung ist der Pflug das Leitgerät. Der Zeitpunkt des Pflugeinsatzes richtet sich nach der Bodenart. Bei leicht bearbeitbaren, sandigen Böden kommt der Pflug erst im Frühjahr zum Einsatz. Im Gegensatz zu den schweren Lehm- und



Tonböden ist eine Herbstfurche empfehlenswert, um die Sprengkraft des Frostes, sowie den Wechsel zwischen Nass- und Trockenphasen zu nutzen. Die Tiefe der Pflugfurche variiert dabei zwischen 15- 25 cm. Sie richtet sich nach dem Unkrautbesatz, Ernterückständen, der Menge der organischen Düngung und der Tiefe der Fahrspuren. Die Tiefe der Pflugfurche zur jeweiligen Situation ist in Tabelle 2 dargestellt. (Meßner, 2000)



**Tabelle 2: Tiefe der Pflugfurche (nach Kundler et. al., 1989)**

Aus Gründen des Erosionsschutzes wird immer häufiger eine konservierende Bodenbearbeitung zum Mais angewandt, vor allem an geneigten und erosionsgefährdeten Flächen. Die Anwendung einer Mulchsaat erfolgt meist nach einer Zwischenfrucht. Die Zwischenfrucht friert entweder über den Winter ab, oder muss mit einem Herbizid behandelt werden. Anschließend können eine Lockerung mit dem Grubber und eine Saatbettbereitung stattfinden, oder der Mais direkt gelegt werden.

Ziel der konservierenden Bodenbearbeitung ist es, Pflanzenteile und Ernterückstände auf dem Boden zu belassen. Diese dienen als Schutz vor Wind- und Wassererosion, sowie vor Verschlammung des Saatbettes. (KWS, 2011)

Das Saatbett zum Mais sollte nicht fein sein, damit eine Verschlammung des Saatbettes bei starken Niederschlagsereignissen verhindert wird. Nach dem Pflug muss das Saatbett wieder rückverfestigt werden, um die Versorgung mit kapillarem Wasser sicher zu stellen. Dies ist Voraussetzung für eine erfolgreiche Keimung, sowie für einen gleichmäßigen Feldaufgang. Die Saatbettbereitung sollte nur so tief wie die spätere Saattiefe erfolgen. In der Regel beträgt die Bearbeitungstiefe 4- 6 cm. Das Saatbett sollte mit so wenig wie möglich Arbeitsgängen hergerichtet sein, um Schadverdichtung zu vermeiden. Daher empfiehlt es sich, Gerätekombinationen einzusetzen. Im Allgemeinen sollte die Herrichtung des Saatbettes bei trockenen und tragfähigen Bodenverhältnissen geschehen, um, wie bereits erwähnt, Schadverdichtungen zu vermeiden. (Zscheischler, 1990)

## 9. Aussaat

Der Mais benötigt zum Keimen eine Temperatur von 8- 10°C. Auf Grund dessen sollte die Maisaussaat bei konstanten Bodentemperaturen von mindestens 8° C erfolgen. Diese Temperaturen sind standort- und jahresbedingt meist Mitte April bis Anfang Mai erreicht. In Gebieten mit Spätfrostgefahr gilt es, diese zu beachten und den Mais entsprechend später zu legen. Für einen guten Maisertrag spielt die Qualität der Aussaat eine entscheidende Rolle. Es ist zu beachten, dass die Saattiefe eingehalten wird, keine Fehlstellen oder Doppelbelegungen auftreten, sowie die Kornabstände gleichmäßig eingehalten werden. (Estler, 1990)

Die Saattiefe beim Mais liegt zwischen 4- 6 cm. Sie richtet sich vor allem nach der Bodenart und Wasserführung des Bodens. Auf leichten, trockenen Standorten sollte der Mais 6 cm tief gelegt werden, damit ausreichend Wasser für die Keimung vorhanden ist. Auf schweren Standorten genügt es, den Mais 4cm tief zu säen. Dies hat den Vorteil, dass sich die Saat in einer Bodenschicht befindet, die sich schneller erwärmt und dadurch die Keimung schneller abläuft.

Mit der Aussaat wird auch die gewünschte Bestandesdichte festgelegt. Mais reagiert sehr empfindlich auf zu geringe oder zu hohe Bestandesdichten. Bei einer zu geringen Bestandesdichte wird das Ertragspotenzial des Mais nicht genutzt, zu dem steigt die Gefahr von Spätverunkrautung an.

Zu dichte Maisbestände können unter Wasserstress leiden, da vor allem auf trockenen Standorten der Wasserbedarf nicht gedeckt werden kann. Zusätzlich steigt die Lagergefahr bei einem zu dichten Maisbestand an. Die Korn- und Stärkeerträge sind auch bei zu dichten Beständen gefährdet, da es vermehrt zu einer Unterdrückung der Kolbenentwicklung kommt. Außerdem kann es bei zu dichten Maisbeständen Probleme mit der Ernte geben, weil diese Bestände verzögert abreifen. (Bayer CropScience, 2010)

Die Bestandesdichten beim Mais liegen zwischen 6- 12 Pflanzen/m<sup>2</sup>. Die Wahl der optimalen Bestandesdichte richtet sich vor allem nach der Wasserversorgung am Standort und der Sorte. Die Nutzungsrichtung spielt zu nehmend eine unbedeutende Rolle bei der Wahl der Bestandesdichte. Zum Erreichen von hohen Silagequalitäten ist ein hoher Kolbenanteil genau so wichtig, wie für hohe Kornerträge.

Generell lässt sich sagen, dass frühreife Sorten dichter stehen als später abreifende Sorten. Die optimale Bestandesdichte für die Sorten der Reifegruppe „früh“, bei einer guten Wasserversorgung, liegt bei 10- 12 Pflanzen/m<sup>2</sup>. Bei einer mangelnden Wasserversorgung sinkt die Bestandesdichte hingegen auf 7- 9 Pflanzen/m<sup>2</sup> ab. Bei Sorten der Reifegruppe „spät“ liegt die optimale Bestandesdichte, bei einer ausreichenden Wasserversorgung, bei 8

Pflanzen/m<sup>2</sup>. Bei einer ungünstigen Wasserversorgung verringert sich die Bestandesdichte auf 6- 7 Pflanzen/m<sup>2</sup>. Die optimale Bestandesdichte in Abhängigkeit von der Sorte und Wasserversorgung ist in Tabelle 3 dargestellt. (KWS, 2011)



**Tabelle 3: Allgemeine Empfehlung der Bestandesdichte (KWS, 2010)**

Mais wird standardmäßig im Reihenabstand von 75 cm gelegt. Es kommt aber immer wieder die Diskussion über engere Reihenabstände auf, nicht zu letzt auch aus Gründen des Erosionsschutzes. Eine Verringerung der Reihenabstände von 75 cm auf 45 bzw. 37,5 cm bietet Vor-, aber auch Nachteile. Diese müssen betriebsindividuell berücksichtigt werden.

Ein enger Reihenabstand beim Mais hat folgende Vorteile: der Reihenschluss ist zeitiger, die Erosions- und Spätverunkrautungsgefahr wird verringert. Es findet eine geringere Verdunstung und gleichmäßigere räumliche Nährstoffaufnahme statt. Zusätzlich hinterlässt Mais mit engeren Reihenabständen geringere Rest N<sub>min</sub> – Gehalte. Eine Engsaat beim Mais führt tendenziell zu höheren Trockensubstanzerträgen, aber die Energie- und Stärkegehalte sinken ab. (Voegeli, 2006)

Die Nachteile von engen Reihenabständen sind höhere Investitionskosten, höherer Verschleiß der Technik, höhere Mengen an Unterfußdünger und insgesamt höhere Bestellkosten (um ca. 20%). Eine Engsaat führt beim Mais zu schlechter belichteten Blättern und Kolben. Zusätzlich erschweren enge Reihenabstände die Ernte von Körnermais und gestalten eine Nutzungsänderung von Silo- auf Körnermais schwierig. (KWS, 2010)

## **10. Sortenwahl**

Die Sortenwahl beim Mais ist eine der anbautechnisch wichtigsten Maßnahmen zur Erzielung hoher Silo- und Körnermaiserträge. Es ist daher von großer Bedeutung, eine an die Klima- und Standortbedingungen sowie Nutzungsrichtung angepasste Sorte zu wählen, um das Leistungspotenzial dieser auszuschöpfen. Das wichtigste Kriterium bei der Wahl der Sorte ist die Reifezahl. Die Reifezahl ist eine dreistellige Zahl. Die erste Ziffer beschreibt die Reifegruppe, die zweite die Einordnung innerhalb der Reifegruppe und die dritte Ziffer die

Kornfarbe. Weltweit reicht das Sortiment der Reifegruppen von 100, sehr früh reif, bis 900, sehr spät reif. (Meßner, 2000)

Die Reifezahlen unterscheiden sich nach Siloreife- und Körnerreifezahl. Berechnungsgrundlage für die Siloreifezahl ist der Trockensubstanzgehalt der Gesamtpflanze. Ein Trockensubstanz-Unterschied von einem Prozentpunkt zur Vergleichs- bzw. Verrechnungsorte, ergibt eine Änderung der Reifezahl um 10 Einheiten.

Die Bewertungsgrundlage der Körnerreifezahl ist der Trockensubstanzgehalt im Korn. Ein Unterschied von einem Prozentpunkt in der Trockenmasse zur Vergleichs- bzw. Verrechnungsorte, verändert die Körnerreifezahl um 10 Einheiten. Um eine Verwechslung dieser Zahlen zu vermeiden, steht vor der Siloreifezahl ein „S“ und vor der Körnerreifezahl ein „K“. Das Sortiment der in Deutschland zugelassenen Sorten reicht von Reifegruppe „früh“ bis Reifegruppe „spät“. Die Unterteilung der Reifegruppen ist in Tabelle 4 abgebildet. (Bayer CropScience, 2010)

|

**Tabelle 4: Einteilung der Reifegruppen (Bayer CropScience, 2010)**

Die Sortenwahl richtet sich in erster Linie nach der Nutzungsrichtung. Wobei ein Silomais unter bestimmten Bedingungen auch als Körnermais oder CCM genutzt werden kann. Die Sorte sollte am Standort eine sichere Abreife sowie hohe Ertragsleistungen garantieren. Zusätzlich gibt es auch noch andere Merkmale, wie gute Standfestigkeit, Resistenz gegen Wurzel- und Stängelfäule, Kältetoleranz während der Jugendphase, geringe Bestockungsneigung und eine zügige Jungendentwicklung zu beachten. In niederschlagsarmen Gebieten spielt die Trockenheitsverträglichkeit eine Rolle. Eine gute Silomaisorte sollte zu den oben genannten allgemeinen Eigenschaften über weitere spezielle Eigenschaften verfügen. Dazu zählen ein hoher Ertrag an Gesamt- Trockenmasse sowie eine hohe Energiedichte in der Trockensubstanz. Außerdem sollten die Pflanzen über einen längeren Zeitraum silierfähig bleiben, um eine entsprechende Silagequalität sicher zustellen. Beim Silomais ist zusätzlich noch auf die Qualitätsparameter Stärkegehalt und Restpflanzenverdaulichkeit Wert zu legen.

Beim Körnermais hingegen gibt es neben den allgemeinen Kriterien, spezielle Eigenschaften zu berücksichtigen. Die speziellen Eigenschaften umfassen einen hohen Kornertrag, sowie einen hohen Trockensubstanzgehalt in Korn, um Trocknungskosten zu sparen. Körnermais sollte auch eine gute Druschfähigkeit mit wenig Bruchkorn besitzen. Zusätzlich sollte eine Körnermaissorte auf Grund einer verlängerten Standzeit auf dem Feld eine sehr hohe Standfestigkeit aufweisen. (Meßner, 2000)

## **11. Düngung**

Für einen hohen Ertrag an Silo- bzw. Körnermais ist eine ausgewogene und bedarfsgerechte Nährstoffversorgung notwendig. Mais unterscheidet sich im Bezug auf die Nährstoffaufnahme wesentlich von anderen Kulturpflanzen. Die Hauptnährstoffaufnahme ist beim Mais im Juli.

Mais beginnt erst im 8- Blattstadium nennenswerte Mengen an Nährstoffen aufzunehmen. Bis Ende Juni hat der Mais nur 25% der Gesamtwurzelmasse gebildet. Ab dem Zeitpunkt des Fahnenblattschiebens bis zur Blüte nimmt das Wurzelwachstum stark zu und ist erst mehrere Wochen nach der Blüte abgeschlossen. Bis zum Ende der Blüte nimmt Mais 85% des gesamten Stickstoffes, 100% des benötigten Kaliums und 75% des benötigten Phosphors auf. Die restlichen 25% Phosphor entzieht der Mais bis zur Kornreife. Im 8- Blatt- Stadium bis zum Eintrocknen der Narbenfäden werden die Ertragskomponenten festgelegt. Ein Nährstoff- oder Wassermangel in diesem Zeitraum lässt sich nicht mehr kompensieren. Auf Grund dieser Situation ergibt sich für die Maisdüngung folgendes Problem. Der Mais muss mit einem vergleichsweise schwachen Wurzelsystem hohe Nährstoffaufnahmen bewältigen.

In der folgenden Abbildung 4, ist die Nährstoffaufnahme beim Mais dargestellt. (Meßner, 2000)



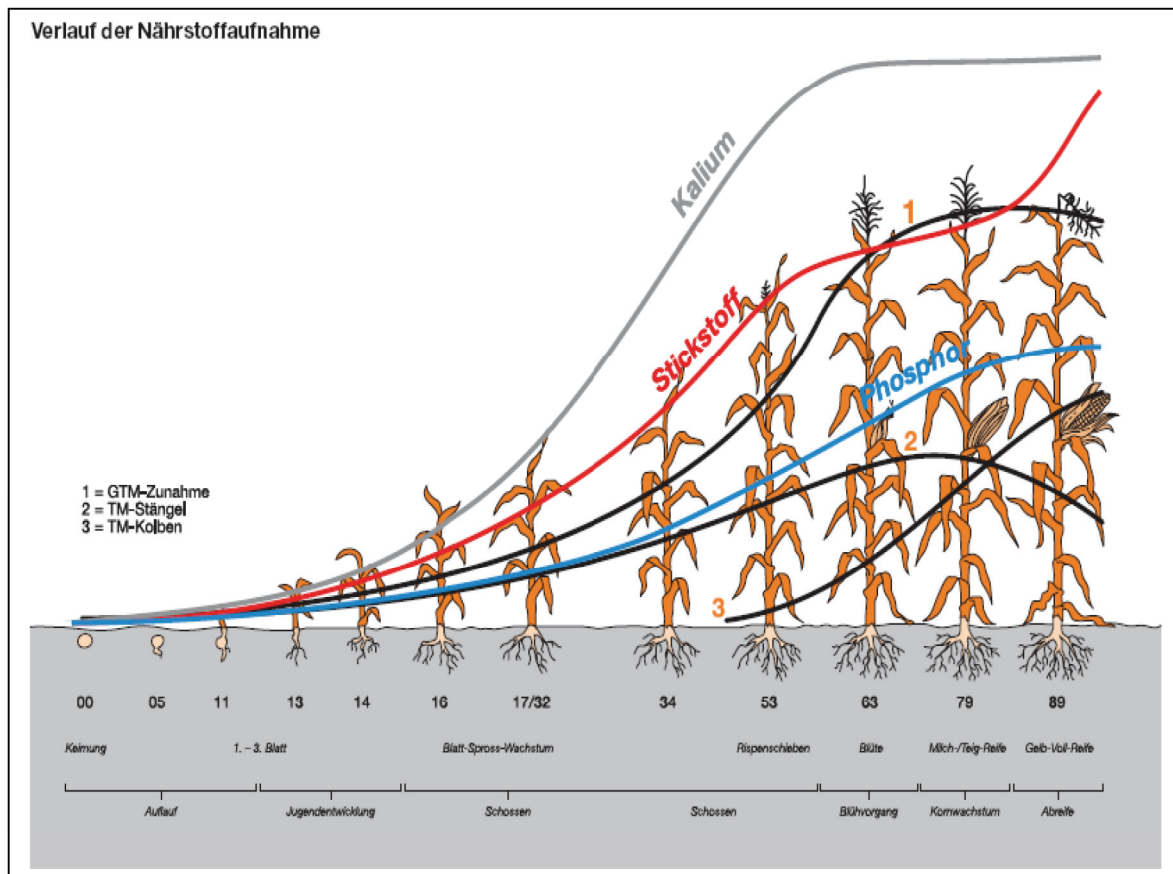


Abbildung 4: Verlauf der Nährstoffaufnahme (KWS, 2010)

Eine allgemeine Düngeregel gibt es nicht für Mais. Die Düngermenge richtet sich nach dem Entzug und dem zu erwarteten Ertrag. Die Entzüge der Hauptnährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium liegen beim Silomais pro 100dt Frischmasse bei 30- 40 kg N/ ha, 15- 25 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ ha und 35- 50 kg K<sub>2</sub>O/ ha. Der Entzug beim Körnermais beläuft sich, je 10dt, auf 12- 16 kg N/ ha, 6- 11 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ ha und 4- 6 K<sub>2</sub>O/ ha. Zur Errechnung der Düngermenge beim Körnermais muss das Maisstroh mit einbezogen werden. Der Entzug für 10dt Maisstroh bewegt sich im Rahmen von 5- 9 kg N/ ha, 5- 7 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ ha und 15- 25 kg K<sub>2</sub>O/ ha. Der Nährstoffverbrauch ist in der Tabelle 5 dargestellt. (KWS, 2011)

Tabelle 5: Nährstoffentzüge (nach Fruchtenicht et. al., 1993)

Zum Mais empfiehlt sich die erste Düngergabe als Unterfußdüngung zur Saat zu gegeben. Eine Unterfußdüngung soll die Wurzelentwicklung in der Jugendphase fördern, sowie der jungen Maispflanze helfen, Kälteperioden besser zu überstehen und einem Phosphormangel vorzubeugen. Die Unterfußdüngung hat Vorteile auf schwer erwärmbaren Böden, schweren Böden mit hoher Bodenfeuchte, in Niederungslagen und bei sehr früher Aussaat. Bei dieser Gabe werden leicht aufnehmbarer Phosphor und Stickstoff gedüngt.

Mais kann Nährstoffe aus der organischen Düngung besser nutzen als andere Pflanzen. Die jahreszeitlich hohe Mineralisationsrate liegt zeitgleich mit dem Hauptnährstoff des Mais im Juli. Sie führt dazu, dass der durch die Mineralisation freigesetzte Stickstoff sofort von der Pflanze aufgenommen werden kann. Zudem besitzt Mais eine hohe Gülleverträglichkeit, weil die Maiswurzeln eine Schleimschicht entwickeln

Zur Ermittlung des Mineraldüngerbedarfs gilt es nicht nur den Nährstoffbedarf zu ermitteln, sondern auch Bodenvorräte, organische Düngung, Unterfußdüngung und sonstige Düngemaßnahmen abzuziehen. Die Ermittlung des Mineraldüngerbedarfs ist in Abbildung 5 dargestellt. (Bayer CropScience, 2010)



**Abbildung 5: Düngeplanung(Bayer CropScience, 2010)**

## 12. Pflanzenschutz

Mais zählt zu den Pflanzenschutz extensiven Kulturen. Bei der Bestandesführung des Maises finden vorbeugende und direkte Maßnahmen ihre Anwendung. Zu den vorbeugenden Maßnahmen gehören die Beizung gegen Auflaufkrankheiten, Bodenschädlinge und Schadvögel. Zu den vorbeugenden Maßnahmen zählen auch die Förderung einer zügigen Jugendentwicklung, eine ausgewogenen Düngung, Vermeidung von mechanischen Verletzungen, zum Beispiel durch Hacken oder Striegeln, sowie der Anbau weniger anfälliger Sorten.

Die direkten Pflanzenschutzmaßnahmen betreffen vor allem die Unkrautbekämpfung. Teilweise wird auch der Maiszünsler mit direkten Maßnahmen bekämpft, worauf später noch eingegangen wird. Unkraut findet im Mais ideale Entwicklungsbedingen. Die Gründe dafür liegen in dem meist weiten Reihenabstand und der relativen zögerlichen Jugendentwicklung des Maises. Zusätzlich bietet der Mais für kletternde Unkräuter ein stabiles Gerüst. Eine

geringe Konkurrenzkraft des Maises in der Jugendphase fördert zudem noch die Ausbreitung von Unkräutern. (Meßner, 2000) Mais reagiert sehr empfindlich auf Unkrautdruck in der Phase des 4- bis 8-Blatt-Stadiums. Ein starker Unkrautdruck in dieser Phase führt meist zu einer Konkurrenz um Nährstoffe, Wasser und Licht, was in diesem Zeitraum zu erheblichen Ertragsminderungen führt. Ein Neuaufbau von Unkräutern nach dem 8- Blatt- Stadium führt hin gegen zu keinen Ertragsbeeinträchtigungen. Auf Grund dessen sollten die Maßnahmen so gewählt und durchgeführt werden, dass der Bestand möglichst bis zum 8- Blatt- Stadium frei von Unkraut ist. (Thome, 2010) Zu den bedeutendsten Unkräutern im Mais zählen vor allem hochwüchsige Unkräuter, wie Gänsefußgewächse, Amaranth, Schwarzer Nachtschatten, Hirsen und Quecke. Die Bekämpfung dieser Arten sollte bei der Wahl der Maßnahmen mit berücksichtigt werden.

Heute wird das Unkraut großteils chemisch, mit Herbiziden, bekämpft. Es wird in eine Vorsaats-, Voraufbau- und Nachaufbaubehandlung unterschieden. Der Einsatz der Herbizidmaßnahme richtet sich nach den Gesichtspunkten des integrierten Pflanzenschutz und der Unkrautflora. Die Wahl eines geeigneten Herbizides wird beeinflusst durch:

- die vorhandenen Resistenzen und die Zusammensetzung der Unkrautflora.
- das Entwicklungsstadium der Unkräuter
- das Entwicklungsstadium der Maispflanzen
- die Bodenfeuchte beim Einsatz von Bodenherbiziden
- den Bodenumusgehalt falls Bodenherbizide eingesetzt werden
- den Deckungsgrad der Unkrautflora
- die Wirkungsdauer und Witterungsbedingungen vor, während und nach der Maßnahme

(Bayer CropScience, 2010)

## **12. Krankheiten und Schädlinge**

### **12.1 Wurzel- und Stängelfäule**

Die Wurzel- und Stängelfäule wird durch ein Zusammenwirken verschiedener Fusariumpilze hervorgerufen. Sie tritt vor allem in den europäischen Anbaugebieten auf. Im Frühjahr gelangen die Erreger über die Wurzel in die Stängel. Das typische Bild der Wurzel- und Stängelfäule ist ein schlaff vom Stängel hängender Kolben, mit vertrockneten Lieschenblättern. Die Wurzel- und Stängelfäule führt, je nach Befall, zu hohen Ertragsverlusten beim Körner- und Silomais. Da die Kolbenbildung durch diese Krankheit



stark eingeschränkt ist und es zu einer Notreife der Kolben kommt. (Meßner 2000) Zusätzlich ist die Silagequalität durch die Toxinbildung der Fusariumpilze beeinträchtigt. Durch Wurzel- und Stängelfäule kommt es häufig zum Lager im Mais, welche zu hohen Ernteverlusten führen. Mit Stängelfäule befallene Pflanzen, im Vergleich zu gesunden sind in der Abbildung 6 zu sehen.

Wurzel- und Stängelfäule lässt sich nur teilweise mit einer Beizung bekämpfen. Auf Grund dieser Situation sind vorbeugende Maßnahmen umso wichtiger, dazu zählen die Wahl einer weniger anfälligen Sorte, die Einhaltung einer Fruchtfolge und eine ausgewogene Düngung. Dabei ist auf eine ausreichende Kaliumversorgung zu achten. (KWS 2011)



**Abbildung 6: Stängelfäule (KWS 2010)**

## **12.2 Kolbenfäule**

Der Erreger der Kolbenfäule ist der Pilz *Fusarium* spp. Tuberculariales. Zuerst werden die Narbenfäden befallen, danach gelangt der Pilz in den Kolben und breitet sich dort aus.

Das Schadbild der Kolbenfäule gestaltet sich folgendermaßen: an den Lieschen befinden sich weißliche, lachsfarbene bis zimtfarbene Beläge. Oftmals sind sie Lieschen durch ein dichtes Pilzgeflecht mit den Körnern verklebt. Unter dem Pilzgeflecht befinden sich rot bis braun verfärbte Körner, zu einem späteren Zeitpunkt verfärben sich auch die Spindeln und beginnen zu faulen. In manchen Fällen riecht der Kolben auch etwas süßlich. (BASF, 2009) Das Schadbild der Kolbenfäule ist in Abbildung 7 dargestellt.

Die Kolbenfäule führt bei allen Ernteprodukten des Maises durch Ausscheidung von Toxinen der Pilze zu Qualitätsminderungen. Ein sehr starker Befall kann zur Folge haben, dass die Ernteprodukte nicht mehr verfüttert werden können.

Die wichtigsten Bekämpfungsmaßnahmen sind eine ausgeglichene Düngung, die Förderung der Zersetzung von Ernterückständen und eine ordnungsgemäße Gestaltung der Fruchtfolge. (KWS, 2011)



**Abbildung 7: Kolbenfäule (KWS, 2010)**

### **12.3 Maisbeulenbrand**

Maisbeulenbrand tritt sehr unregelmäßig auf. Die stärksten Befälle ereignen sich nach folgender Wetterlage: bis kurz vor der Blüte herrscht eine lange Trockenperiode anschließend folgen hohe Niederschläge. Die Pilzsporen können sich im Boden bis zu zehn Jahre lang halten. (Meßner, 2000)

Maisbeulenbrand hat folgendes Schadbild, das ist in Abbildung 8 abgebildet: im 4- bis 5-Blatt- Stadium zeigen sich bei schwacher Infektion kleine Beulenketten oder lange Beulenwürste entlang der Hauptader. Bei einer starken Infektion zu diesem Zeitpunkt werden die Blätter zu wurstförmigen oder kugeligen Beulen. Dies führt meist zum Absterben der Pflanze. Im weiteren Vegetationsverlauf bilden sich Beulen an allen neugebildeten Organen mit teilungsfähigem Gewebe. Im August entwickeln sich Beulen an den Axillarknospen unterhalb des Kolbens. (BASF, 2009)

Maisbeulenbrand kann, je nach Befall, zu erheblichen Ertragsverlusten führen, da die Kolbenbildung nicht stattfindet. Zusätzlich leidet die Silagequalität bei einem hohen Befall. Die Fütterung kontaminierter Silage führt aber nicht zu gesundheitlichen Problemen bei den Tieren.

Gegen Maisbeulenbrand gibt es keine direkten Maßnahmen, es gilt nur Verletzungen an den Pflanzen zu vermeiden, um keine Eintrittspforten für die Pilze zuschaffen. (KWS, 2011)



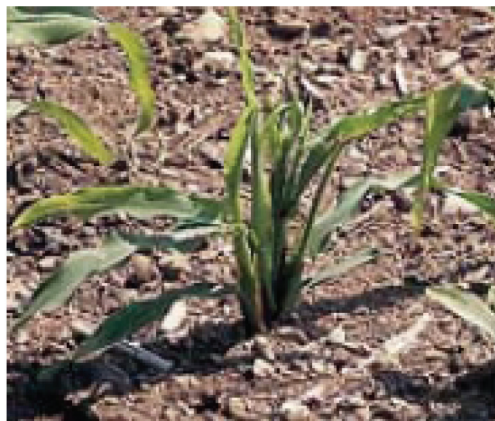
**Abbildung 8: Maisbeulenbrand (KWS, 2010)**

#### **12.4 Fritfliege**

Die Fritfliege ist der am weitesten verbreitete tierische Schädling im Mais. (Meßner, 2000)  
Der Fritfliegenbefall und die Eiablage erstrecken sich vom 1- bis 3- Blatt- Stadium, wobei die ersten Fraßschäden erst ab dem 3- Blattstadium auftreten.

Fraßschäden äußern sich dadurch, dass der Vegetationspunkt zerstört wird und der Haupttrieb abstirbt. Die Pflanze reagiert mit der Bildung von ein bis zwei Nebentrieben, wie es in Abbildung 9 zusehen ist.

Ein starker Fritfliegenbefall führt zu Ertragsminderungen durch Ausbildung von schwächeren Nebentrieben und Kolben. Dies hat einerseits geringere Kornerträgen, sowie zu geringere Erträge an Trockensubstanz beim Silomais zur Folge. Zusätzlich sinkt auch der Stärkegehalt in der Silage. Ein Fritfliegenbefall bietet auch Eintrittspforten für weitere Krankheiten, wie zum Beispiel für Maisbeulenbrand. (Bayer CropScience, 2010)



**Abbildung 9: Fritfliegenbefall  
(Bayer CropScience, 2010)**

## 12.5 Drahtwürmer

Drahtwürmer gehören zu den gefährlichsten tierischen Schädlingen von Maispflanzen. Sie treten vermehrt nach Grünlandumbruch auf.

Drahtwürmer schädigen die Maisbestände durch Fraß an Saatgut, Keimling, Wurzeln und Spross. Die Blätter der betroffenen Pflanze bleiben in ihrem Wachstum zurück und verfärben sich braun. Ein Drahtwurmbefall kann von der Pflanze nicht mehr kompensiert werden. In der Regel werden Pflanzen kümmerer oder sterben ab. Ein Drahtwurmbefall ist in Abbildung 10 dargestellt.

Die Ertragschäden, welche durch Drahtwürmer verursacht werden, stehen im Zusammenhang mit dem Rückgang der Bestandesdichte und dem gehäuften Auftreten von Kümmerpflanzen. Auf Grund dessen sinken der Gesamttrockenmasseertrag beim Silomais und der Kornertrag beim Körnermais, zusätzlich auch der Stärkegehalt in der Silage. (Bayer CropScience, 2010) Zur Bekämpfung von Drahtwürmern kann das Saatgut mit einem Insektizid gebeizt werden. Zurzeit ruht aber die Zulassung für diese Mittel. Daher sind alle Maßnahmen, welche eine schnelle Jugendentwicklung fördern, wie bedarfsgerechte Düngung, Sortenwahl und der richtige Saatzeitpunkt, von besonderer Bedeutung. (KWS, 2011)



**Abbildung 10: Drahtwurmbefall**  
(Maschinenring Ebersberg/ München Ost e.V., 2011)



## 12.6 Maiszünsler

Der Maiszünsler besiedelt fast die ganze Republik, vor allem die wärmeren Regionen. Wo er verstärkt auftritt, ist er der bedeutendste Schädling der Maispflanze. Die ersten Anzeichen für einen Befall sind Fraßlöcher quer zur Blattachse, meist im mittleren und oberen Bereich der Pflanze. Dies führt zuerst zum Abknicken des obersten Stängelgliedes, im weiteren Verlauf knickt meist die Pflanze unterhalb des Kolbens ab. Zusätzlich treten auch Fraßgänge am Kolbenansatz und der Spindel auf. Des Weiteren kommt es in folge des Fraßes zu Verpilzungen an den Körnern und Stängeln, in folge des Fraßes. Der Fraß des Maiszünsler ist in Abbildung 11 zu sehen. (Meßner, 2000)

Der Maiszünsler verursacht hohe Ertragsausfälle vor allem beim Körnermais. Diese können bis zu 30% betragen. Die Gründe für die Ertragsausfälle sind ein Verlust an Assimilationsfläche und das Beschädigen bzw. Zerstören der Gefäßsysteme. In Folge dessen kommt es zur Unterversorgung mit Nährstoffen und Wasser in der gesamten Pflanze. Am stärksten betroffen von diesem Mangel sind die Kolben und Körner. Das Abknicken von Pflanzen teilen oder der gesamten Pflanze steigert zusätzlich die Ernteverluste.

Die Bekämpfung des Maiszünslers mit Insektiziden gestaltet sich recht schwierig. Man benötigt spezielle Schlepper, um den Maisbestand befahren zu können.

Es besteht auch die Möglichkeit, den Maiszünsler biologisch, mit Schlupfwespen *Trichogramma evanescens*, zu bekämpfen. Der Maiszünsler kann auch mit genverändertem Mais bekämpft werden. Dieser Mais ist in der Lage, das Toxin des *Bacillus thuringiensis* zu bilden, einem Gift für die Insekten. Der Einsatz von genveränderten Pflanzen wird stark diskutiert. In Deutschland ist zurzeit keine dieser Sorten zugelassen.

Die Ausbreitung des Maiszünslers lässt sich auch durch vorbeugende Maßnahmen eindämmen. Dazu zählen das ordnungsgemäße Zerkleinern der Ernterückstände und des Maisstrohs, sowie das anschließende Einarbeiten bzw. Unterpflügen. (Bayer CropScience, 2010)



**Abbildung 11: Bohrlöcher der Maiszünslerlarve mit Bohrmehl (Bayer CropScience, 2010)**

### **12.7 Westlicher Maiswurzelbohrer**

Der Westliche Maiswurzelbohrer *Diabrotica virgifera virgifera* ist ein 4- 7mm großer Käfer. Er ist gekennzeichnet durch einen schwarzen Kopf, gelbes Halsschild und schwarze Flügeldecken, mit meist gelben Längsstreifen. (KWS, 2011)

Im Larvenstadium L1 fressen die Larven die Wurzelhärchen ab. Im weiteren Verlauf der Entwicklung dringen diese auch in die Wurzel ein. Die stärksten Fraßschäden an den Wurzeln richten die Larven im Larvenstadium L 3 an. Ein schwacher Wurzelschaden kann vom Mais noch kompensiert werden. Bei einem starken Wurzelschaden kommt es zur Ausprägung des typischen Schadbildes, dem „Schwanenhalsyndrom“, wie der in Abbildung 12 dargestellt ist. Der Grund für das Schwanenhalsyndrom ist, dass sich die Pflanze, nach dem Umfallen versucht aufzurichten. (BASF, 2009)

Der Käfer schädigt auch den Mais, in dem er die Narbenfäden und Pollen frisst. Dies hat zur Folge, dass die Befruchtung gestört ist und sich weniger Körner am Kolben bilden. Damit sinken die Kornerträge und der Stärkegehalt in der Silage. Zu einem späteren Zeitpunkt führt der Befall mit dem Käfer auch zu Schabefraß an den Blättern. Die Ertragsverluste sind vor allem auf die Schädigung des Wurzelsystems zurückzuführen. Durch das geschädigte Wurzelsystem kann der Mais weniger Wasser und Nährstoffe aufnehmen. Die Folge dieser Mangelsituation sind ein geringer Gesamttrockenmasseertrag und die Ausbildung kleiner Kolben. Auch ein starker Käferbefall führt zu Ertragsverlusten, wie oben genannt. (Bayer CropScience, 2010)



**Abbildung 12: Schwanenhalsyndrom  
(Dahle und Krüssel, 2009)**

### **13. Erntereife von Körnermais und Corn- Cob- Mix**

Die Körnermaisernte ist weniger termingebunden als die Silomaisernte. Die Druschreife ist erreicht, wenn der Trockensubstanzgehalt im Korn 60- 65% beträgt. Die Einlagerung von Assimilaten in das Korn ist zu diesem Zeitpunkt bereits beendet. An der Pflanze lässt sich dieses Reifestadium erkennen, wenn der so genannte „Black Layer“ ausgebildet ist. Der „Black Layer“ ist eine schwarze Schicht zwischen dem Korn und dem Ansatz an der Spindel, wie in Abbildung 13 zu sehen ist. (Meßner, 2000)

Der Erntetermin von Körnermais, welcher für den Verkauf vorgesehen ist, sollte soweit wie möglich hinaus gezögert werden, damit das Korn möglichst hohe Trockensubstanzgehalte aufweist, um so Trocknungskosten zu sparen. Körnermais, welcher zu Fütterungszwecken feucht konserviert wird, kann hingegen schon zeitiger geerntet werden. Ab dem Zeitpunkt, wo der Trockensubstanzgehalt im Korn die 60% übersteigt, kann mit der Ernte begonnen werden. Bei der Erzeugung von Feuchtkornmaisschrotsilagen empfiehlt es sich, Körnermais zu verwenden, dessen Trockensubstanzgehalt unter 70% liegt, da bei einem zu hohem Trockensubstanzgehalt die Silierfähigkeit des Erntegutes verringert ist.

Mit der Ernte von CCM kann begonnen werden, wenn die physiologische Reife des Korns erreicht und die Einlagerung von Assimilaten ins Korn abgeschlossen ist. An der Pflanze ist dieses Stadium erkennbar, wenn der „Black Layer“ vorhanden ist. Der optimale Erntetermin für CCM ist dann erreicht, wenn der Trockensubstanzgehalt im Korn 58- 60% beträgt, da in dieser Spanne das Erntegut die beste Silierfähigkeit aufweist. (KWS, 2011)



**Abbildung 13: Black Layer(Mississippi State University Extension Service, 2010)**

## **14. Ernte von Körnermais**

Die Körnermaisernte erfolgt heute ausschließlich mit dem selbstfahrenden Mähdrescher. Vor dem Drescher ist ein so genannter Pflückvorsatz angebaut. Durch die Verwendung des Pflückvorsatzes gelangen nur die Kolben in den Drescher. Der Hauptbestandteil des Pflückvorsatzes ist eine Pflückschiene mit darunter angeordneten Reißwalzen. Der Pflückvorsatz sollte eine hohe Flächenleistung und geringe Pflückverluste gewährleisten. (Estler, 1990)

Zum Pflückdrusch kann der normale Getreidedrescher verwendet werden. Für die Verwendung zur Körnermaisernte muss der Getreidedrescher noch etwas modifiziert werden. Bei dem Einsatz eines Tangentialdreschers wird die Dreschtrommel mit Abdeckblechen verkleidet. Der Dreschkorb muss auch ausgebaut und durch einen Dreschkorb stabiler Bauweise, mit größeren Durchgängen und Rundstäben ersetzt werden. Zusätzlich werden in den Drescher spezielle Maissiebe eingesetzt. Es handelt sich dabei bevorzugt um Siebe mit größeren Öffnungen, zum Beispiel Nasensiebe oder große Lamellensiebe. Beim Maisdrusch müssen auch die Maschineneinstellungen angepasst werden. Dazu wird die Trommeldrehzahl von etwas verringert. Der Korbabstand muss auch angepasst werden. Bei der Einstellung des Korbabstandes gilt es die Kornfeuchte, den Kolben- und Spindeldurchmesser, sowie den Strohanteil zu berücksichtigen. (Peyker et. al., 2009)

Ein Axialdrescher eignet sich besonders gut zur Körnermaisernte, da der Druschvorgang sehr schonend ist. Dies rührt daher, dass eine reibende Entkörnung der Kolben erreicht wird. Auch der Axialdrescher muss an die Bedingungen des Maisdrusches angepasst werden. Dazu werden die Beläge auf den Rotoren geändert. Der Dreschkorb muss auch hier durch einen stabileren, mit größeren Durchgängen ersetzt werden. Des Weiteren werden auch die Reinigungssiebe durch an den Maisdrusch angepasste Siebe ausgetauscht.



Die Verluste durch das Verfahren belaufen sich zwischen 3- 5%.(Estler, 1990)

## **15. Ernte von Corn- Cob- Mix**

Die Ernte von Corn- Cob- Mix erfolgt, wie die Körnermaisernte, mit dem Mähdrescher und angebautem Pflückvorsatz. Für die CCM- Ernte muss die Dreschtrommel des Getreidemähdreschers mit Abdeckblechen verkleidet und der normale Dreschkorb durch einen an den Maisdrusch angepassten ersetzt werden. Bei der Ernte von Corn- Cob- Mix tauscht man die Reinigungssiebe gegen Nasensiebe mit Öffnungen der Größe 40 x 80 mm aus. (Peyker et. al., 2009) Dies hat den Zweck, dass ein Teil der Spindeln mit ins Erntegut gelangt.

Der Spindelanteil im Erntegut ist sehr stark von der Maschineneinstellung und den verwendeten Sieben abhängig. Bei der richtigen Drehzahl der Dreschtrommel erreicht man, dass die Körner nicht verletzt, die Spindel grob zerkleinert und der Spindelanteil im Erntegut genau gesteuert werden kann. Auf Grund dessen ist der Rohfasergehalt im Futter beeinflussbar. (Estler, 1990) Der Spindelanteil im Erntegut kann, je nach Maschineneinstellung, zwischen 0- 95% betragen. Heutzutage wird CCM meist mit einem Spindelanteil von ca. 30% geerntet. (Deutsches Maiskomitee, 2011)

Corn- Cob- Mix wird meist direkt nach der Ernte geschrotet, damit es im beim Einsilieren ordnunggemäß verdichtet werden kann und möglichst keine Fehlgärungen auftreten. Die Schrotqualität als Voraussetzung für ein erfolgreiches Silieren, sollte wie folgt beschaffen sein: die Teilchengröße sollte insgesamt unter 5 mm und 80% der Partikel unter 2 mm liegen. (Pekyer et. al., 2009) Das Schroten erfolgt meist mit mobilen Hammernmühlen, entweder auf dem Feld oder am Silo. Auf das Schroten des Corn- Cob- Mixes kann verzichtet werden, wenn dieses in absolut gasdichten Behältern gelagert wird.

## **16. Konservierung von Körnermais**

Körnermais wird meist mit einem Trockensubstanzgehalt von 50- 70% geerntet. Auf Grund dessen sind die Körner nicht auf Dauer lagerungsfähig und müssen konserviert werden. Die Wahl des Konservierungsverfahrens richtet sich nach der späteren Verwendung und dessen Kosten. Die Konservierungsfahren, welche beim Körnermais in der Praxis eine Bedeutung haben, sind die Trocknung, die Ganzkornkonservierung in gasdichten Behältern, die Konservierung durch Säurezusatz und die Feuchtmais-Silierung. (Gross und Staudacher, 1990)

## 16.1 Trocknung

Bei der Trocknung wird den Maiskörnern so viel Wasser entzogen, bis der Trockensubstanzgehalt mindestens 86% beträgt. Erst dann ist das Erntegut dauerhaft lagerfähig.

Das konventionelle Verfahren der Maistrocknung ist die Warmlufttrocknung mittels Satzrockner, Umluftrockner oder Durchluftrockner. Bei einem Satzrockner wird der Trocknungsbehälter gefüllt und das Erntegut so lange mit Warmluft belüftet bis der gewünschte Wassergehalt im Erntegut erreicht ist. Der Umluftrockner nimmt eine Mittelstellung zwischen Satz- und Durchluftrockner ein. Während des Trocknungsprozesses wird das Gut immer wieder durchmischt. Dies führt dazu, dass die feuchten und trockenen Partien mit einander vermischt werden und das Erntegut gleichmäßig trocknen kann. Beim Durchluftrockner laufen die Körner während des Trocknungsprozesses vom Zulauf bis zum Auslauf des Trockners. Die Trocknung im Durchluftrockner ist ein kontinuierlicher Vorgang. Am Zulauf fließt feuchtes Erntegut nach, während trockenes Erntegut am Auslauf aus dem Trockner läuft. Der Durchluftrockner hat einige Vorteile gegenüber den Satz- und Umluftrockneren. Im Durchluftrockner kann die Wärme besser ausgenutzt werden, sowie Trocknungstemperaturen von 80- 120 °C führen nicht zur Beeinträchtigung der Futterqualität..(Gross und Staudacher, 1990)

Im Allgemeinen liegen die Trocknungstemperaturen, je nach Anlage und Trockensubstanzgehalt, zwischen 70- 120°C. Die Trocknungstemperatur darf aber nicht zu hoch gewählt werden, da es sonst zu Beeinträchtigung der Futterqualität kommt. Temperaturen von 110- 120°C können zur Verringerung der Biologischen Wertigkeit führen. In diesem Temperaturbereich kann die Maillard- Reaktion einsetzen. Die Maillard- Reaktion ist eine unter Hitze statt findende Reaktion zwischen Zuckern und Aminosäuren. (Lebensmittellexikon, 2011) Da dieses Produkt nicht von den Tieren verwertet werden kann, sollte diese Reaktion beim Trocknen vermieden werden. Bei nicht ausgereiften Mais, mit einem hohen Gehalt an reduzierten Zuckern setzt dieses Phänomen bereits bei 80°C ein. Die Trocknungstemperatur für die Produktion von Saatmais darf maximal 36°C betragen. Bei einer Übersteigerung dieser Temperatur kommt es zu Schädigungen am Keimling, was die Keimfähigkeit verringert.

Während der Trocknung verliert der Mais durch den Entzug des Wassers an Gewicht. Das Endgewicht der Partie berechnet sich nach folgender Formel. (KWS,2010)

$$\text{dt Endgewicht} = \text{dt Anfangsgewicht} \times \left( 1 - \frac{\text{Anfangsfeuchte} - 14}{86} \right)$$

**Abbildung 14: Formel zur Berechnung des Endgewichts (KWS 2010)**

Die Maistrocknung ist ein sehr kostenintensives Verfahren. Daher wird die Wirtschaftlichkeit der Körnermaisproduktion auch vor allem durch die Trocknungskosten bestimmt. Die Maistrocknung lässt sich aber nicht umgehen, wenn der Körnermais gehandelt oder in der Herstellung von Mischfuttermitteln eingesetzt werden soll. Für die innerbetriebliche Verwertung von Körnermais können auch andere Konservierungsverfahren sehr interessant sein.

### **16.2 Ganzkornkonservierung in gasdichten Behältern**

Bei diesem Konservierungsverfahren werden die ganzen Maiskörner in gasdichte Silos eingelagert. Der Wassergehalt der eingelagerten Körner sollte maximal 40% betragen. Ein höherer Wassergehalt führt zu Verklumpungen und Brückenbildung in den Silos. Dies führt zu Problemen bei der Entnahme der Körner. Die Konservierung beruht darauf, dass die Vermehrung von schädlichen Bakterien, Hefen und Schimmelpilzen durch die Kohlenstoffdioxidatmosphäre gestoppt wird. Damit sich die Kohlenstoffdioxidatmosphäre schnell entwickeln kann und dauerhaft beständig, ist müssen die Silos absolut gasdicht sein. Das Verfahren der Ganzkornkonservierung in gasdichten Behältern ist gekennzeichnet durch eine sehr hohe Schlagkraft. Das Erntegut wird nicht geschrotet und kann mit leistungsfähigen Förderaggregaten schnell in die Silos gefüllt werden. Daher treten arbeits- und verfahrenstechnische Engpässe selten auf. (Eckl, 2001)

### **16.3 Konservierung durch Säurezusatz**

Die Konservierung der Maiskörner mit organischen Säuren ist eine weitere Möglichkeit, Mais für Fütterungszwecke dauerhaft zu lagern. Zur Konservierung werden hauptsächlich Propionsäure oder teilkorrosive Säuregemische eingesetzt. Damit die Säure ihre konservierende Wirkung entfalten kann, müssen die Körner mit einem Säurefilm überzogen werden. Bei dieser Form der Konservierung werden durch die Säure alle auf dem Korn befindlichen Bakterien, Hefen und Pilze bis zur Nachweisgrenze reduziert. Eine säurefeste Pumpe appliziert die gewünschte Säuremenge durch die Düsen ins Erntegut. Die Säuremenge

richtet sich nach dem Trockensubstanzgehalt des Ernteguts und der gewünschten Lagerdauer. (Tabelle 6) Für eine erfolgreiche Konservierung darf die erforderliche Säuremenge nicht unterschritten werden, da sich die Säurewirkung ins Gegenteil umwandeln kann und zu einem Verderb des Futters führt.

Während der Lagerung sollte der konservierte Mais regelmäßig auf sichtbaren Verderb kontrolliert werden. Ein Verderb lässt sich an Farbänderungen und sich bildenden Schimmelnestern erkennen. Auch Temperaturveränderungen im Lagerhaufen zeigen einen möglichen Verderb an. Bei einer erfolgreichen Konservierung treten praktisch keine Verluste auf. Die konservierten Maiskörner können auch in einer Lagerhalle untergebracht werden. (Josef Eckl, 2001)

Kornfeuchte	Konservierungsdauer in Monaten			
	1	1 bis 3	3 bis 6	6 bis 12
20%	0,45	0,55	0,65	0,75
30%	0,8	1	1,15	1,3
40%	1,4	1,6	1,8	2,05

Propionsäuremenge in % (= Liter) je dt Frischmais

**Tabelle 6: Propionsäuremenge in Abhängigkeit von der Kornfeuchte und Lagerungsdauer (KWS, 2010)**

#### 16.4 Feuchtmals- und CCM- Silierung

Bei der Silierung von Feuchtmals und CCM laufen die gleichen Gärprozesse ab wie bei der Produktion von Anwelk- und Maissilage. Die bei der Gärung entstehende Milch- und Essigsäure senken den pH- Wert im Erntegut ab. Durch das Sinken des pH- Wertes werden fast alle Bakterien abgetötet und die Silage ist stabil. Maiskörner und CCM sind ein leicht silierbare Futtermittel. Maiskörner und Korn- Spindelgemische weisen einen geringen Gehalt an Eiweiß auf. Zudem besitzen diese Maiskolbenprodukte einen hohen Stärkegehalt, welcher durch die Milchsäurebakterien zu Milchsäure vergoren werden kann. (Gross und Staudacher, 1990) Die beim CCM mitgeernteten Spindelteile enthalten zusätzlich Restzucker, wodurch die Gärung gefördert wird. Daher wird in der Praxis empfohlen, je nach gewünschtem Rohfasergehalt im Erntegut, einen Spindelanteil bis zu maximal 30% mit zu ernten. (Deutsches Maiskomitee, 2010) Auch ein hoher Trockensubstanzgehalt im Erntegut hat einen positiven Einfluss auf die Vergärung. Zusätzlich weisen diese Maiskolbenprodukte eine geringe Pufferkapazität auf, was die schnelle Durchsäuerung der Silage fördert.

Auch wenn es sich bei Maiskörner und CCM um ein leicht silierbares Futtermittel handelt, sollte man die allgemeinen Bedingungen zur Bereitung einer optimalen Silage nicht außer

Acht lassen. Dazu gehört eine schnelle Verarbeitung des Ernteprodukts. Die geerntete Tagesmenge muss am gleichen Tag einsiliert werden. Dazu zählt auch eine starke Verdichtung des Ernteguts, um den gärschädlichen Sauerstoff zu verdrängen. Es muss darauf geachtet werden, dass das verdichtete Erntegut luftdicht gelagert wird und silieren kann. Nach dem Abdecken sollte das Silo mindestens 6 Wochen geschlossen bleiben, damit die Gärung vollständig ablaufen kann.

Für eine bessere Verdichtung schrotet man die Maiskörner bzw. das CCM vor dem Einsilieren. Für das Schroten des Maises werden Hammermühlen, Kreiselschroter oder spezielle Maismühlen verwendet. (Gross und Staudacher, 1990)

Feuchtmais und CCM werden häufig in Folienschläuche siliert. Diese Ernteprodukte können aber auch problemlos in Fahrsilos oder als Freigärhaufen, auf einem befestigten Untergrund, siliert werden. Bei der Silierung im Fahrsilo oder als Freigärhaufen sollte die festzuwalzende Schicht nicht stärker als 10- 15 cm sein, um eine ausreichende Verdichtung zu erreichen. Bei der Feuchtmais- und CCM- Silierung besteht eine hohe Gefahr des Nährstoffverlustes durch Nacherwärmung. Um dieses Phänomen zu vermeiden, sollte die Anschnittsfläche so klein wie möglich sein und bei der Entnahme ein Vorschub von mindesten einem Meter pro Woche eingehalten werden. Es ist auch möglich, die Gefahr der Nacherwärmung durch die Zugabe eines Siliermittels der Wirkungsrichtung 2 zu verringern. Vor allem bei der Silierung im Folienschlauch sollte ein Siliermittel verwendet werden, da die Verdichtung im Folienschlauch geringer ist. (Georg und Milimonka, 2007)

Die Ernte und Silierung von Feuchtmais und CCM hat einige Vorteile gegenüber der Trocknung. Ein Vorteil ist, dass die Ernte zum Zeitpunkt der Kornreife statt finden kann und nicht aus ökonomischer Sicht ein gewisser Trocknungsprozess auf dem Feld abgewartet werden sollte. In der Regel kann das Feld 10- 14 Tage eher geräumt werden. Somit stehen ackerbaulichen Maßnahmen und der anschließenden Bestellung der Folgefrucht mehr Zeit und Spielraum zur Verfügung. Die Feuchtmais- und CCM- Ernte besitzt zudem eine höhere Ernteelastizität. Des Weiteren ist die Abhängigkeit vom Wetter etwas geringer als bei Körnermaisernte für die Trocknung. (Maier, 2008) Durch die frühere Ernte kann ein Körnermaisbau auch in klimatisch ungünstigeren Regionen lohnend sein. Mit Feuchtmais bzw. CCM kann ein höher Kornertrag und Energieertrag im Vergleich zum Getreide erzielt werden. Zu dem bringt die Produktion von Feuchtmais bzw. CCM eine positive Humusbilanz, im Gegensatz zum Silomais, da das Maisstroh auf dem Acker verbleibt. Bei der Feuchtmais- und CCM- Silierung fallen keine Trocknungskosten und eventuelle Reinigungskosten an. (Syngenta, 2011) Eine korrekte Konservierung der Erntegüter führt zu keiner



Beeinträchtigung des Futterwertes. Die Produktion von CCM bietet den Vorteil, dass der Rohfasergehalt im Futter über den mitgeernteten Spindelanteil und sich somit mit der Maschineneinstellung variieren lässt.

Ein Nachteil der Feuchtmais- und CCM- Silierung ist darin zu sehen, dass die silierten Ernteprodukte nur als Futtermittel eingesetzt und schlecht gehandelt werden können, wodurch die Vermarktungsmöglichkeiten eingeschränkt sind. Die Mährescher- und Maschineneinstellungen müssen an die Ernte des Feuchtmaises angepasst werden, um hohe Verluste zu vermeiden. Des Weiteren besitzen die geernteten Maiskolbenprodukte eine geringere Rutschfestigkeit. Dies kann zu einer Brückenbildung im Korntank oder in den Transportanhängern führen. (Maier, 2008)

## 17. Einsatz von Mais in der Fütterung

### 17.1 Einsatz in der Schweinefütterung

Durch den Einsatz von Mais in der Schweinefütterung ist es möglich, ein hohes biologisches Leistungsniveau der Tiere zu erreichen. Maisprodukte, die in der Schweinefütterung zum Einsatz kommen, sind vor allem Ernteprodukte des entlieschten Kolbens, da Schweine die in der Restpflanze enthaltenen langkettigen Kohlenhydrate nur schlecht verwerten können. Die Inhaltsstoffe der Maisprodukte für die Schweinefütterung sind in folgender Tabelle dargestellt. (Stalljohann und Möllering, 2008)

Futtermittel	1 kg Futtermittel enthält								
	TS	ME	Roh- protein	Lysin	Methio- nin Cystin	Threo- nin	Trypto- phan	Roh- fett	Roh- faser
	%	MJ	g	g	g	g	g	g	g
Maissilage Beginn der Teigreife KA mittel (35 - 45 %)	27	2,44	24	0,6	0,7	0,8	0,1	9	57
Lieschkolben- schrotsilage (LKS)	50	5,91	45	1,1	1,9	1,6	0,2	17	72
Corn-Cob-Mix (CCM)	60	8,95	63	1,7	2,4	2,2	0,4	26	31
Mais- körnersilage	60	9,39	61	1,8	2,6	2,2	0,4	28	17
Maiskörner	88	14,08	93	2,7	4,0	3,3	0,6	40	23

**Tabelle 7: Inhaltsstoffe verschiedener Maisfuttermittel (Deutsches Maiskomitee, 2011)**

Mais besitzt in der Schweinefütterung den Vorteil, dass er einen geringen Gehalt an Begleitstoffen aufweist. Somit ist Mais ein konzentrierter Energielieferant für die Ernährung der Schweine. Mais dient in der Schweinefütterung als Stärkelieferant. Er besitzt aber nur einen geringen Rohproteingehalt von ca. 9%. Daher muss in der Ration ein Eiweißfuttermittel eingesetzt werden, um den Bedarf der Schweine zu decken. Auch der Gehalt an der erstlimitierenden Aminosäure Lysin ist gering. Dies sollte bei der Rationsgestaltung mit berücksichtigt werden. Maiskolbenprodukte weisen einen hohen Gehalt an Rohfett auf. Das Rohfett des Maises setzt sich zum größten Teil aus Polyenfettsäuren zusammen, dies betrifft vor allem Linol- und Linolensäure. (Mayer, 2009) Ein zu hoher Anteil dieser Säuren wirkt sich negativ auf die Konsistenz und Haltbarkeit des Körperfettes aus. Damit es nicht zu Qualitätsverlusten und Preisabzug bei der Schlachtkörpervermarktung kommt, sollte der Maisanteil in der Ration für Mastschweine begrenzt werden. Dies trifft vor allem auf den Bereich der Endmast zu. (Deutsches Maiskomitee, 2010)

Körnermais besitzt einen geringen Gehalt an Rohfaser. Auf Grund dessen ist Körnermais als sehr energiereiches Futtermittel für die Fütterung von laktierenden Sauen, Ferkeln und Mastschweinen geeignet. Für die Fütterung von tragenden Sauen ist Corn- Cob- Mix eine geeignete Futterkomponente. Tragende Sauen benötigen weniger Energie. CCM ist nicht so energiereich wie Körnermais und reicher an Rohfaser. Deshalb ist CCM das bessere Futtermittel für tragende Sauen. Mit CCM lassen sich nicht nur tragende Sauen füttern, sondern auch Mastschweine. Die Verwendung des CCM sollte schon bei der Ernte bekannt sein, da sich der Spindelanteil im CCM durch die Maschineneinstellungen variieren lässt. Bei der CCM- Produktion sollte der Spindelanteil geringer sein, damit ein energiereiches Futter erzeugt wird. (Mayer, 2009)

Maiskolbenprodukte besitzen in der Regel nur geringe Mineralstoffgehalte. Darum ist es notwendig, die Ration mit einem Mineralfuttermittel zu ergänzen. Von besonderer Bedeutung ist vor allem die Calcium- und Phosphorversorgung. Es gibt zwei Möglichkeiten, die Verdaulichkeit des Phosphors im Mais zu steigern. Die erste Variante ist die Herstellung von CCM oder Feuchtmaissilage. Durch den Gärverlauf steigt die Phosphor- Verdaulichkeit von 15% auf 50% im Vergleich zum Körnermais an. Eine weitere Möglichkeit, um die Phosphor-Verwertung zu steigern, ist die Zugabe von Phytase. Das Enzym bewirkt, dass das in der Pflanze organisch gebundene Phytin besser verwertet werden kann. Diese Möglichkeit ist in Regionen mit einer hohen Viehdichte ratsam, um Phosphor- Ausscheidungen zu verringern.

Die in Tabelle 7 abgebildeten Nährstoffgehalte in Maisprodukten stellen nur Durchschnittswerte dar.

In der Praxis zeigen diese Futtermittel hohe Spannweiten in ihren Nährstoffgehalten. Daher ist eine Futtermitteluntersuchung Grundlage für die Rationsberechnung, damit die Schweine ein leistungsgerechtes Futter erhalten und bedarfsgerecht versorgt werden. (Stalljohann und Möllering, 2008)

Bei der Fütterung von Maiskolbenprodukten sollte man Wert auf Futterhygiene legen. Diese Futtermittel sind gekennzeichnet durch einen hohen Gehalt an leichtverdaubaren Nährstoffen. Damit bietet Mais ideale Bedingungen für die Entwicklung von unerwünschten Keimen. Doch die Fütterungshygiene bezieht sich nicht nur auf die Lagerung, Konservierung und Verfütterung, sondern beginnt bereits auf dem Feld. Mais ist auf dem Feld anfällig für den Befall mit Feldpilzen, den Fusarien. Diese belasten später das Futtermittel mit Mycotoxinen. Bei den Mycotoxinen spielen Zearalenon (ZEA) und Deoxinivalenol (DON) eine Rolle. Für die Belastung mit Mycotoxinen gelten verschiedene Grenzwerte, werden diese in den Futtermitteln überschritten, kommt es zur Ausprägung spezifischer Symptome. Die Grenzwerte für Zearalenon liegen bei 0,25 mg/kg bei 88% Trockensubstanz für Mastschweine und Sauen und 0,05 mg/kg bei 88% Trockensubstanz für Ferkel und weibliche Läufer. Bei der Fütterung von Futtermitteln mit höheren Gehalten treten folgende Symptome auf: Mastschweine und Sauen zeigen Scham- und Gesäugeschwellungen, Scheiden- und Mastdarmvorfälle. Zusätzlich kann es zu Eierstockzysten, Schwellungen der Gesäugeleisten, Pseudobrunst und Scheinträchtigkeit kommen. Ein hoher Gehalt von Zearalenon äußert sich bei Ferkeln und weiblichen Läufern durch Untergewicht, Grätschern sowie Scheiden- und Zitzenschwellung.

Der Grenzwert für Deoxinivalenol liegt für alle Schweine bei 1mg/kg bei 88% Trockensubstanz. Ein hoher Gehalt an Deoxinivalenol verursacht bei den Schweinen Futtermittelverweigerung, Erbrechen, blutigen Durchfall. Im Allgemeinen sind die Tiere krankheitsanfälliger, zeigen nervöse Störungen und Ödeme. Bei Sauen führt Deoxinivalenol zu Aborten, Milchmangel und Umrauschen. Ferkel reagieren mit Untergewicht auf Deoxinivalenol. (Pflanz, 2009)

Auf Grund der fütterungsspezifischen Eigenschaften gibt es bei der Fütterung von Maiskolbenprodukten Einschränkungen. Die Einschränkungen richten sich nach dem Alter, Gewicht und der Nutzungsrichtung der Tiere. (Tabelle 8) Die in Tabelle 8 abgebildeten Einsatzgrenzen beziehen sich auf den prozentualen Anteil in der Ration.



	Mastschweine		Sauen		Ferkel	
	< 60 kg	> 60 kg	tragend	laktierend	< 15 kg	> 15 kg
<b>Körnermais</b>	o.B.	45	20	40	o.B.	o.B.
<b>CCM</b>	50	40	20	50	5	10
<b>Feuchtmais</b>	50	30	20	50	10	30

**Tabelle 8: Einsatzgrenzen von Maisprodukten in der Schweinefütterung (Datengrundlage Einsatzgrenzen für Futtermittel in der Schweinefütterung Hoffmann, 2001; Linder Mayer, 2001, modifiziert, in %)**

## 17.2 Einsatz in der Rinderfütterung

In vielen Betrieben ist die Maissilage als energiereiches Grundfutter nicht mehr weg zu denken. In der Rinderfütterung kommt nicht nur Silomais zum Einsatz. Maiskolbenprodukte, wie CCM, Feuchtmassilage oder Körnermais können als betriebeseigenes Kraftfuttermittel in der Rationsgestaltung von Rindern eingesetzt werden.

Im Allgemeinen lässt sich durch den Einsatz von Körnermais und Maiskolbenprodukten die Ration energetisch aufwerten, da diese Futtermittel sehr energiereich sind, einen geringen Rohprotein- und Fasergehalt aufweisen. Auf Grund dieser Eigenschaften muss die Ration mit Proteinfuttermitteln ergänzt werden. Zur Proteinergänzung in maisbetonten Rationen ist der Einsatz von Rapsextraktionsschrot sinnvoll. Mit Maiskolbenprodukten lassen sich auch grasreiche Rationen ergänzen, weil diese Futtermittel einen hohen Gehalt an pansenstabiler Stärke aufweisen.

Kraftfuttermittel aus Maiskolbenprodukten kommen nicht nur in der Milchviehfütterung, sondern auch in der Bullenmast und Kälberaufzucht zum Einsatz. In der Kälberaufzucht kann bis zum Zeitpunkt des Absetzens Körnermais als ganze Körner verfüttert werden. Da Kälber in der Lage sind, diesen zu verwerten. Nach dem Absetzen muss der Körnermais für eine möglichst vollständige Verdauung gequetscht oder geschrotet werden. (Adams, 2008)

Wie bei der Schweinefütterung sollte auch bei der Rinderfütterung auf die Fütterungshygiene geachtet werden. Im Allgemeinen reagieren Rinder auf Grund der entgifteten Wirkung des Pansens unempfindlicher auf Mycotoxine als Schweine. Doch bei zu hohen Gehalten treten auch bei Rindern Krankheitssymptome auf. Maiskolbenprodukte können nicht nur während der Lagerung mit Pilzen befallen werden, sondern schon auf dem Feld. Die wichtigsten von Fusariumpilzen gebildeten Toxine sind Zearalenon (ZEA) und Deoxinivalenol (DON). Ein hoher Gehalt von Deoxinivalenol im Futter führt zu einer Verschlechterung der Futterqualität und Hemmung der Pansenflora. Dies hat zur Folge, dass sich die Milchleistung oder tägliche Zunahme verringert. Das Mycotoxin Zearalenon hat hingegen eine östrogene Wirkung und beeinflusst die Fruchtbarkeit der Rinder. Daher zeigen sich bei hohen Zearalenongehalten im

Futter Fruchtbarkeitsstörungen, der Besamungserfolg verringert sich und es kommt vermehrt zu Aborten im ersten Trächtigkeitsdrittel.

Auf Grund dieser Tatsachen gib es Richtwerte für die Gehalte im Futter bei Rindern.

Kälberfutter sollte nicht mehr als 2 mg/ kg in Alleinfuttermitteln (88% TS) Deoxinivalenol und 0,25 mg/ kg Zearalenon enthalten. Das Futter für weibliche Aufzuchtrinder und Milchkühe sollte maximal 5 mg/ kg in Alleinfuttermitteln (88% TS) Deoxinivalenol und 0,5 mg/ kg Zearalenon beinhalten. Bei Mastrindern beträgt der Richtwert für Deoxinivalenol 5 mg/kg in Alleinfuttermitteln (88% TS). (Müller et. al., 2011)

Bei einer sachgemäßen Fütterungshygiene lässt sich durch die Fütterung von Maiskolbenprodukten die Leistungsfähigkeit der Rinder, sowohl im Milchvieh als auch im Mastbereich, steigern. Aus neueren Untersuchungen geht hervor, dass durch die Beimischung von Weizen, Gerste und Hafer die Verdaulichkeit der organischen Substanz in der Maissilage verringert wird, da die Gerüstsubstanzen in Pansen schlechter abgebaut werden. (Tabelle 9) Die Zugabe von Körnermais und Maiskolbenprodukten beeinflusst die Verdaulichkeit der organischen Substanz jedoch nicht negativ. Daher sind Maiskolbenprodukte ein ideales Kraftfutter für Kühe in der Laktationsspitze, da sich die Energieversorgung trotz begrenzter Futteraufnahme verbessert. (KWS 2011)



**Tabelle 9: Einfluss unterschiedlicher Weizen- und Körnermaiszulagen auf den Futterwert von Maissilagen (nach Burgstaller, 1997)**

Um höchste tierische Leistung in der Milchviehfütterung sowie in der Bullenmast zu erzielen, sollte die Dünndarmverdauung sinnvoll genutzt werden. Maiskolbenprodukte besitzen den Vorteil, dass diese im Vergleich zum Getreide einen hohen Gehalt an pansenstabiler Stärke besitzen. Körnermais enthält 50- 60%, CCM und Feuchtmals ca. 20% pansenstabile Stärke, im Gegensatz zu Getreide mit ca. 10%. Die pansenstabile Stärke wird erst im Dünndarm verdaut. Die daraus gewonnene Glucose wird anschließend direkt im Energiestoffwechsel zur

Bildung von Lactose genutzt. Im Hochleistungsbereich mit ca. 10000 kg Milch/ Kuh und Laktation sollte der Anteil beständiger Stärke 20- 50g/ kg Trockensubstanz betragen. In Bereich der Altmelker sollte die Ration maximal 30g/ kg Trockensubstanz pansenstabile Stärke enthalten, da sonst ein Überangebot an Energie zur Verfettung der Kühe führt. Die Verfettung wiederum birgt die Gefahr von Stoffwechsel- und Fruchtbarkeitsproblemen, wie Ketose und Schweregeburten. Ein zu hoher Gehalt an beständiger Stärke in der Ration wirkt sich auch negativ auf die Bildung von Mikropenprotein aus. Den Bakterien im Pansen fehlt die Energie für die Proteinsynthese. Daher sinken bei einem hohen Gehalt an pansenstabiler Stärke die Milcheiweißgehalte. Mit 20- 50g beständiger Stärke pro kg Trockensubstanz sind noch keine kritischen Grenzen erreicht. Bei höheren Gehalten in der Ration ist darauf zu achten, dass auch Futtermittel zum Einsatz kommen, welchen einen hohen Gehalt an im Pansen verfügbarer Energie aufweisen. Dazu zählen vor allem Futtermittel wie Pressschnitzelsilage, Melasseschnitzel oder gute Grassilage. (Adams, 2008)

## **18. Material und Methoden**

### **18.1 Datengrundlage**

Für die Erhebung der Daten stand Mais auf einem Schlag der Agrargenossenschaft Luisenhof Hohenzieritz e.G. zur Verfügung. Es wurden zu drei unterschiedlichen Zeitpunkten Kolbenproben entnommen. Die erste Entnahme fand am 19.10.2010 statt. Zu diesem Zeitpunkt befand sich der Mais in der Siloreife. Daher wurde die Probe als „Mais Siloreife“ bezeichnet. Die zweite Kolbenentnahme fand am 09.11.2010 statt. Diese Probe wurde als „ Mais Feuchtkorn“ bezeichnet. Die dritte Kolbenprobenahme erfolgte am 28.11.2010. Zu diesem Zeitpunkt befand sich der Mais in der Druschreife. Daher wurde diese Probe als „Mais Druschreife“ bezeichnet.

Bei jeder Probennahme wurden jeweils 100 Kolben entnommen. Diese Kolben stammten aus der Feldmitte, wo sich ein repräsentativer Bestand zeigte. Zudem fanden nur gesunde Kolben für die Datenerfassung Verwendung. Fünf Kolben wurden für die Bestimmung der Kolben- und Korntrockensubstanzgehalte genutzt. Die restlichen 95 Kolben dienten als Datengrundlage für die Ertragsschätzung. Von jedem Kolben wurden zu den unterschiedlichen Zeitpunkten das Kolbengewicht, Korn- und Spindelmasse erfasst. Die weiterhin benötigten Daten, wie Korn- und Spindelanteil wurden mit dem Computerprogramm MS- Excel berechnet.

Auf dem entsprechenden Schlag fand vor dem Maislegen folgende Bodenbearbeitung statt: nach einer Pflugfurche wurde anschließend eine Saatbettbereitung, mit einer Saatbettbereitungskombination der Firma Kverneland durchgeführt.

Am 26.04.2010 wurde auf diesem Schlag die Sorte „FLAVI“ gesät. Die Aussaat erfolgte mit einer Einzelkornsämaschine der Firma Becker. Die Aussaatstärke betrug 80.000 Körner/ ha. (Didt, 2011)

Die Sorte „FLAVI“ gehört zu dem mittelfrühen Sorten. Die Silo- und Körnerreifezahl beträgt 250. Diese Sorte ist lang und massenwüchsig. Zusätzlich kennzeichnet die Sorte eine gute Gesundheit aus. Die Sorte besitzt eine sehr gute Toleranz gegen Helminthosporium-Blattfleckenkrankheit (HTR) und Maisbeulenbrand. Zudem ist die Sorte standfest und tolerant gegen Fusarium. Die Sorte besitzt ein hohes Ertragspotenzial, einen hohen Stärkegehalt, sowie eine gute Verdaulichkeit. Diese Sorte weist zusätzlich eine gute Trockenheitstoleranz auf und ist daher für alle Böden geeignet. (Caussade Saaten, 2011)

Für einen höchst möglichen Ertrag sind eine ausgewogene Düngung und Pflanzenschutz unabdingbar. Zur Düngung erhielt der Mais 30qm Rindergülle/ ha. Zusätzlich erhielt der Mais noch eine Gabe von 300 kg KAS/ ha, sowie 25 kg elementaren Schwefel/ ha.

Die Unkrautregulierung kamen folgende Mittel zur Anwendung: Clio Super 1,25 l/ ha der Firma BASF und Zeagran 1,25 l/ ha von Nufarm. (Didt, 2011)

Im Allgemeinen bot das Jahr 2010 keine optimalen Witterungsbedingen für den Mais, wie in Abbildung 15 zu sehen ist. Das Jahr begann mit einem kühlen, nassen Frühjahr. Dies führte zu einer Verzögerung der Aussaat Richtung Ende April, Mitte Mai. Der anschließend kühle Mai bremste den Mais in seiner Jugendentwicklung. Die folgenden Monate Juni und Juli waren sehr warm und trocken und führten somit teilweise zu Wasserstress. Der niederschlagsreiche August war zwar schlecht für die Getreideernte aber gut für den Mais. Aufgrund der verzögerten Aussaat und langsamen Jugendentwicklung zog sich die Maisernte weit in den Herbst hinein. Die Silomaisernte ging bis in den Oktober und die Körnermaisernte bis Ende November bzw. Anfang Dezember.

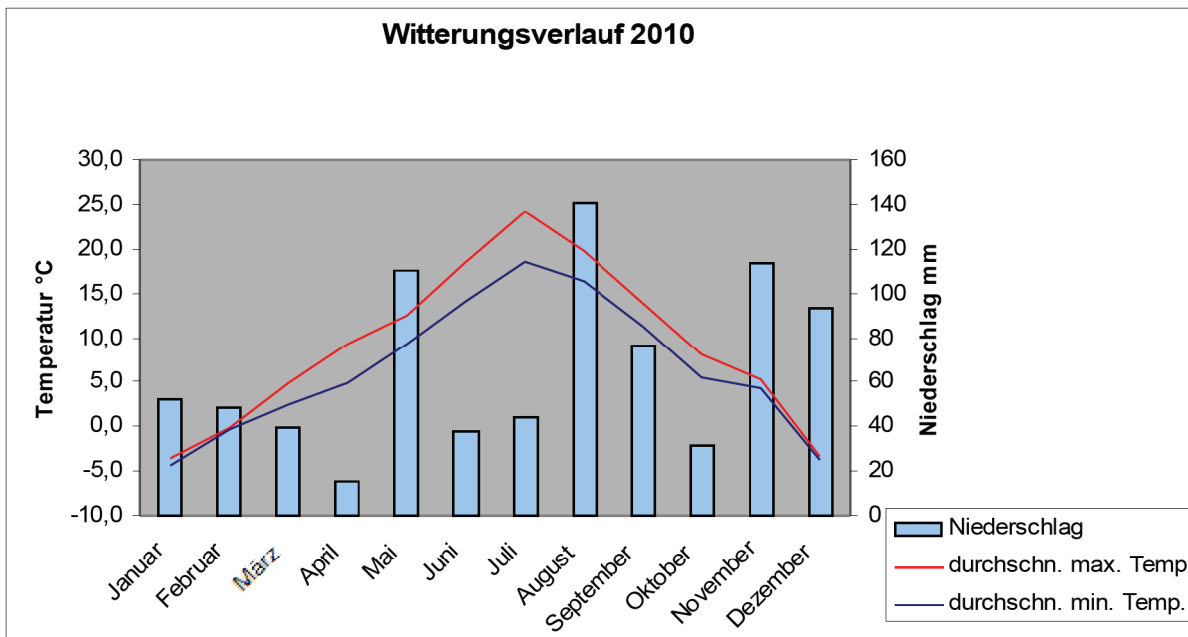


Abbildung 15: Witterungsverlauf 2010 (Datengrundlage Wetteraufzeichnung der Agrargenossenschaft Luisenhof Hohenzieritz e.G.)

## 18.2 Statistische Methode

Die statische Auswertung der Daten erfolgte mit Hilfe zweier Computerprogramme - MS-Excel und STATGRAPHICS PLUS 5.0. Die Ergebnisse wurden in MS-Excel übertragen und anschließend die Kornanteile, Spindelanteile, sowie die Differenz zwischen Kolbenmasse und Korn- plus Spindelmasse errechnet. Die Differenz zwischen Kolbenmasse und Korn- plus Spindelmasse wurde ermittelt, um den Verlust der durch das Entkörnen entsteht, abschätzen zu können. Mit MS-Excel errechneten sich die durchschnittlichen Kolbengewichte, Korngewichte, Spindelgewichte und die durchschnittlichen Kornanteile, Spindelanteile, sowie die durchschnittliche Differenz zwischen Kolbenmasse und Korn- plus Spindelmasse. Die für die statistische benötigten Streuungsparameter wurden ebenfalls mit MS-Excel berechnet. Es wurden die Streuungsparameter Varianz, die Standardabweichung und die Varianzbreite ermittelt.

Die nächste statistische Maßzahl, die Korrelation, wurde auch mit MS-Excel berechnet. Im Versuch wurden die Korrelationen zwischen Kolbenmasse und Kornmasse, Kornmasse und Kornanteil, sowie Kolbenmasse und Kornanteil ermittelt. Die Berechnung erfolgt innerhalb der Stichprobe des entsprechenden Reifestadiums. Mit der Korrelation lässt sich der Zusammenhang zwischen den Daten erkennen. Dieser Zusammenhang bildet eine Grundlage für die Erstellung der Formel zum Schätzen der Erträge.



Um den Beweis zu erbringen, ob sich die ermittelten Daten signifikant unterscheiden, wurde mit MS- Excel der T-Test (Irrtumswahrscheinlichkeit 5%) berechnet. Der T- Test wurde zwischen Kolbenmasse Silo- und Druschreife, zwischen Kornmasse Silo- und Druschreife, sowie zwischen der Kolbenmasse Feuchtkorn und Siloreife sowie der Kolbenmasse Feuchtkorn und Druschreife durchgeführt. Die Ergebnisse aus dem T- Test sind Voraussetzung zur Ermittlung der Ertragsformel. Der T- Test ist aber nur anwendbar, wenn die Daten normalverteilt sind. Der Nachweis über die Normalverteilung der Daten erfolgt graphisch mit einem Histogramm. Das Histogramm wurde mit dem Programm STATGRAPH PLUS 5.0 erstellt.

Um eine genauere Schätzformel zu erhalten, war die Durchführung einer Regressionsanalyse notwendig. Die Regressionsanalyse wurde mit Hilfe des Programmes STATGRAPH PLUS 5.0 durchgeführt. Für die Ertragsschätzung wurden die Regressionen zwischen der Kolbenmasse und der Kornmasse zum Zeitpunkt der Druschreife, sowie die Regression zwischen der Kolbenmasse zum Zeitpunkt der Silo- und Druschreife berechnet. Die ermittelten Regressionsgleichungen bilden die Grundlage der später erstellten Schätzformeln für die Korn- und CCM- Erträge. Die Ergebnisse der statistischen Auswertung sind im nächsten Kapitel „Darstellung der Ergebnisse“ abgebildet.

## **19. Darstellung der Ergebnisse**

### **19.1 Ergebnisse zur Siloreife**

Zum Zeitpunkt der Siloreife wiesen die Kolben einen durchschnittlichen Trockensubstanzgehalt von 49,7 % auf. Der Trockensubstanzgehalt im Korn lag im Mittel bei 59,7 %. Die Kolbenentnahme erfolgte am 19.10.2010. Die Ergebnisse für das durchschnittliche Kolbengewicht, die Korn- und Spindelmasse, sowie die daraus ermittelten Werte für den durchschnittlichen Korn- und Spindelanteil und die Differenz zwischen Kolbenmasse und Korn- plus Spindelmasse sind in der folgenden Tabelle abgebildet.

<b>Kolben TS-Gehalt %</b>	<b>49,7</b>
<b>Durchschnittliches Kolbengewicht g FM</b>	<b>246,4</b>
<b>Durchschnittliches Kornmasse g FM</b>	<b>180,9</b>
<b>Durchschnittliches Spindelmasse g FM</b>	<b>65,0</b>
<b>Durchschnittlicher Kornanteil in %</b>	<b>72,6</b>
<b>Durchschnittlicher Spindelanteil in %</b>	<b>27,2</b>
<b>Durchschnittliche Diff. Kolben- Korn+Spindel g FM</b>	<b>0,5</b>

Tabelle 10: Ergebnisse Siloreife

Um die Daten graphisch zu veranschaulichen wurde mit dem Programm STATGRAPH PLUS 5.0 ein Histogramm für die Kolbenmasse und Kornmasse zum Zeitpunkt der Siloreife erstellt. Die Histogramme sind in den folgenden Diagrammen (Abbildung 16 und 17) abgebildet.

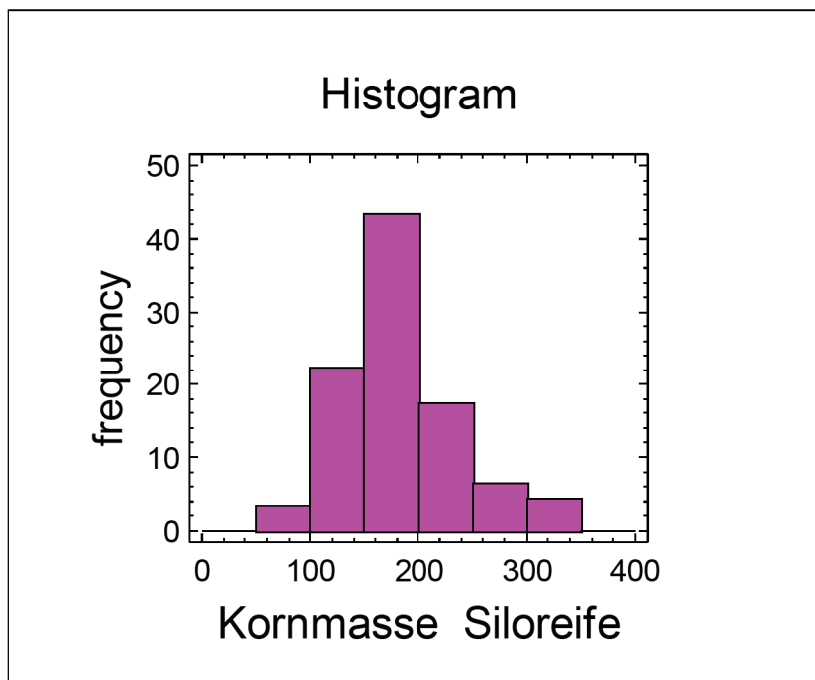


Abbildung 16: Kolbenmasse Siloreife

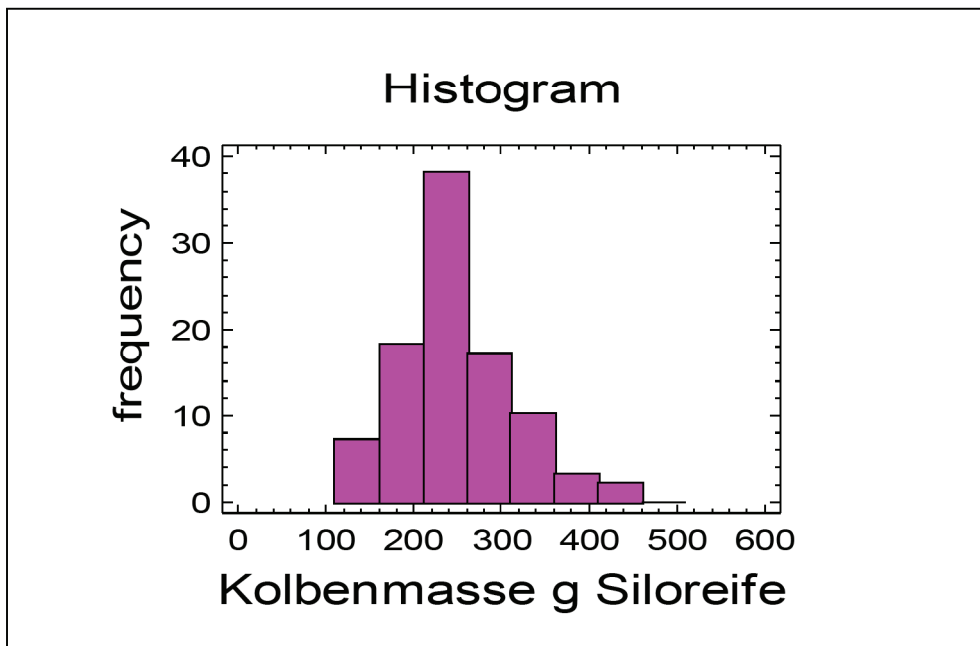


Abbildung 17: Kornmasse Siloreife

Die Histogramme sind leicht linksgipflig. Dies kann aber bei „natürlichen“ Daten noch als normal betrachtet werden. Um die Daten auf Normalverteilung zu prüfen, wird der Variationskoeffizient ermittelt. Wenn der Variationskoeffizient  $\leq 0,5$  ist, kann man erfahrungsgemäß von einer Normalverteilung ausgehen. (Merkel und Planer- Friedrich 2003) Die Daten der Kolbenmassen, zum Zeitpunkt der Siloreife weisen einen Variationskoeffizienten von 0,251 auf. Somit kann man davon ausgehen, dass die Daten normalverteilt sind. Der errechnete Variationskoeffizient für die Kornmassen zum Zeitpunkt der Siloreife beträgt 0,298. Daher kann man auch hier von einer Normalverteilung ausgehen. Die Ergebnisse der Berechnung der Streuungsparameter sind auch in der Tabelle 11 dargestellt.

Kolben TS-Gehalt %	49,7	Standard- abweichung	Varianz	Varianz- breite	Max	Min
Durchschnittliches Kolbengewicht g FM	246,4	62,022	3846,672	294,7	423,5	128,8
Durchschnittliches Kornmasse g FM	180,9	53,979	2913,762	274,8	337,1	62,3
Durchschnittliches Spindelmasse g FM	65,0	11,060	122,317	60,1	97,7	37,6
Durchschnittlicher Kornanteil in %	72,6	5,138	26,399	33,2	80,3	47,2
Durchschnittlicher Spindelanteil in %	27,2	4,962	24,619	32,8	52,4	19,6
Durchschnittliche Diff. Kolben- Korn+Spindel g FM	0,5	0,459	0,210	2,6	2,6	0

Tabelle 11: Streuungsparameter Siloreife

Die Daten bilden somit die Grundlage, für die Herleitung einer Schätzformel der Körnermais- und CCM- Erträge. Dies ist möglich, da die Daten normalverteilt sind und eine nicht zu starke Streuung aufweisen.

## 19.2 Ergebnisse zur Feuchtkornreife

Zur zweiten Kolbenprobenahme wiesen die Kolben einen durchschnittlichen Trockensubstanzgehalt von 54,4% und im Korn von 56,5 % auf. Die Kolbenentnahme fand am 9.11.2010 statt. Zu diesem Zeitpunkt wurden auch die Werte für das durchschnittliche Kolbengewicht, die Korn- und Spindelmasse, sowie für den durchschnittlichen Korn- und Spindelanteil und die Differenz zwischen Kolbenmasse zur Korn- plus Spindelmasse ermittelt. Diese Werte sind in der Tabelle 12 abgebildet.

<b>Kolben TS- Gehalt %</b>	<b>54,4</b>
<b>Durchschnittliches Kolbengewicht g FM</b>	<b>235,4</b>
<b>Durchschnittliches Korngewicht g FM</b>	<b>174,9</b>
<b>Durchschnittliches Spindelgewicht g FM</b>	<b>60,2</b>
<b>Durchschnittlicher Kornanteil %</b>	<b>73,3</b>
<b>Durchschnittlicher Spindelanteil %</b>	<b>26,5</b>
<b>Durchschnittliche Diff. Kolben-Korn+Spindel g FM</b>	<b>0,3</b>

Tabelle 12: Ergebnisse Feuchtkorn

Für die weitere Auswertung dieser Daten ist es wichtig zu wissen, ob die Daten normalverteilt sind. Um dies zu überprüfen wurden mit Hilfe des Programms STATGRAPH PLUS 5.0 Histogramme für die Kolben und Kornmasse erstellt. Diese sind in den folgenden Diagrammen (Abbildung 18 und 19) abgebildet.

## Histogram

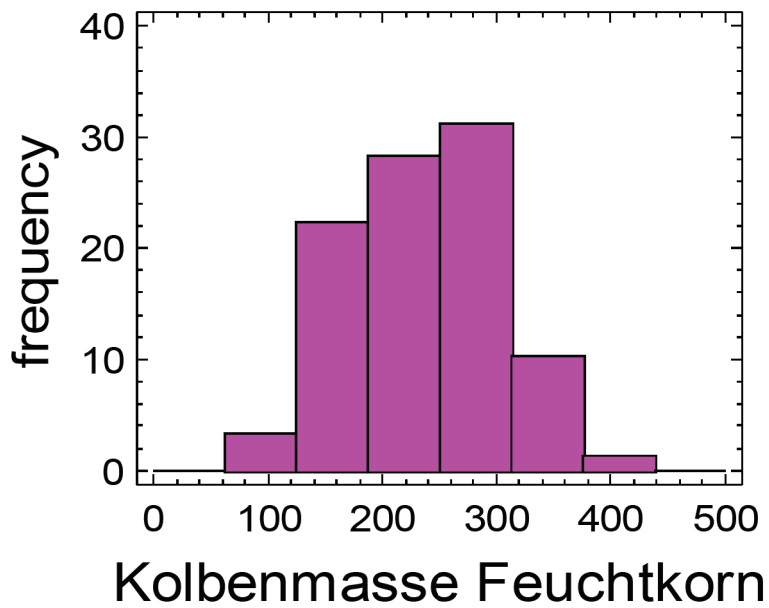


Abbildung 18: Kolbenmasse Feuchtkorn

## Histogram

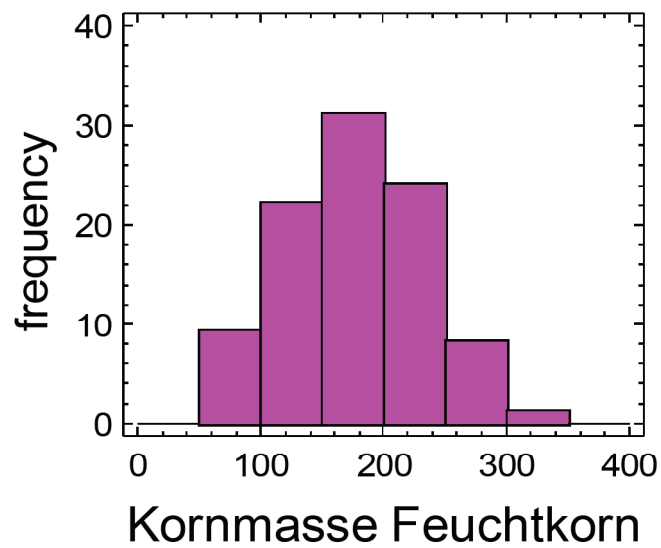


Abbildung 19: Kornmasse Feuchtkorn



Die Histogramme sind leicht linksschief, vor allem das der Kolbenmasse. Daher wurde auch hier der Variationskoeffizient berechnet. Der Variationskoeffizient für die Kolbenmasse beträgt 0,269, damit liegt dieser unter 0,5 und die Daten können als normalverteilt angesehen werden. Der Variationskoeffizient für die Kornmasse ergibt 0,311, somit können auch diese Daten als normalverteilt gesehen werden.

Auch für diese Daten erfolgte eine Berechnung der Streuungsparameter Varianz, Standardabweichung, Varianzbreite, sowie den entsprechenden minimal und maximal Werten. (Tabelle 13)

Kolben TS- Gehalt %	54,4	Standard- abweichung	Varianz	Varianz- breite	Max	Min
Durchschnittliches Kolbengewicht g FM	235,4	63,525	4035,414	317,6	418,4	100,8
Durchschnittliches Korngewicht g FM	174,9	54,428	2962,433	270,9	325	54,1
Durchschnittliches Spindelgewicht g FM	60,2	10,787	116,354	55,4	93,1	37,7
Durchschnittlicher Kornanteil %	73,3	4,580	20,972	27,1	80,8	53,7
Durchschnittlicher Spindelanteil %	26,5	4,398	19,346	26,2	45,3	19,2
Durchschnittliche Diff. Kolben-Korn+Spindel g FM	0,3	0,409	0,167	2,8	2,8	0

**Tabelle 13: Streuungsparameter Feuchtkorn**

Auf Grund der Normalverteilung und der nicht zu großen Streuung kann dieses Datenmaterial zur Erstellung der Schätzformel genutzt werden.

### 19.3 Ergebnisse zur Druschreife

Die letzte Probe wurde am 28.11.2010 entnommen. Zu diesem Zeitpunkt besaßen die Kolben einen Trockensubstanzgehalt von 53,1 %. Der Trockensubstanzgehalt im Korn lag bei 63,4 %. Die Ergebnisse für das durchschnittliche Kolbengewicht, Korn- und Spindelmasse, Korn- und Spindelanteil, sowie die Differenz zwischen Kolbenmasse zur Korn- plus Spindelmasse sind in Tabelle 14 dargestellt.

<b>Kolben TS- Gehalt %</b>	<b>53,1</b>
<b>Durchschnittliches Kolbengewicht g FM</b>	<b>255,6</b>
<b>Durchschnittliche Kornmasse g FM</b>	<b>194,0</b>
<b>Durchschnittliche Spindelmasse g FM</b>	<b>61,3</b>
<b>Durchschnittlicher Kornanteil in %</b>	<b>75,5</b>
<b>Durchschnittlicher Spindelanteil in %</b>	<b>24,4</b>
<b>Durchschnittliche Diff. Kolben-Korn+Spindel g FM</b>	<b>0,3</b>

Tabelle 14: Ergebnisse Druschreife

Wie bei den vorhergehenden Ergebnissen wurden diese auch auf Normalverteilung geprüft. Die Erstellung der Histogramme erfolgte auch hier mit dem Programm STATGRAPH PLUS 5.0. Die Histogramme sind den folgenden Graphiken (Abbildung 20 und 21) dargestellt.

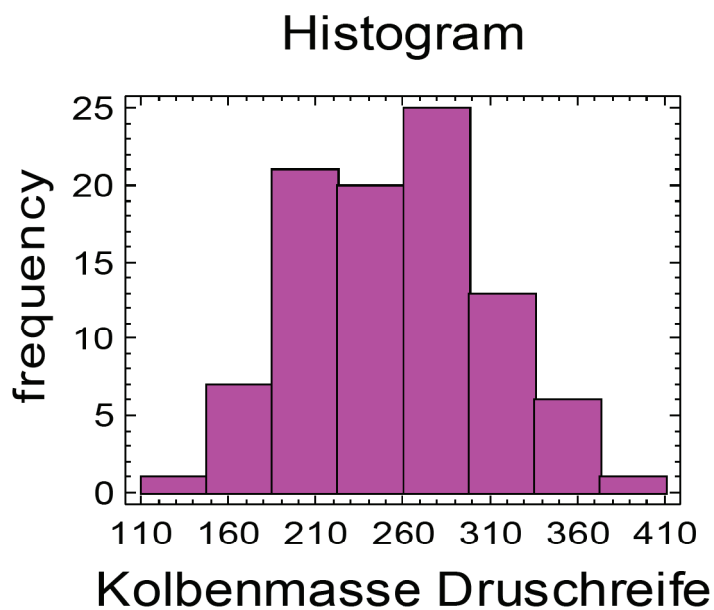
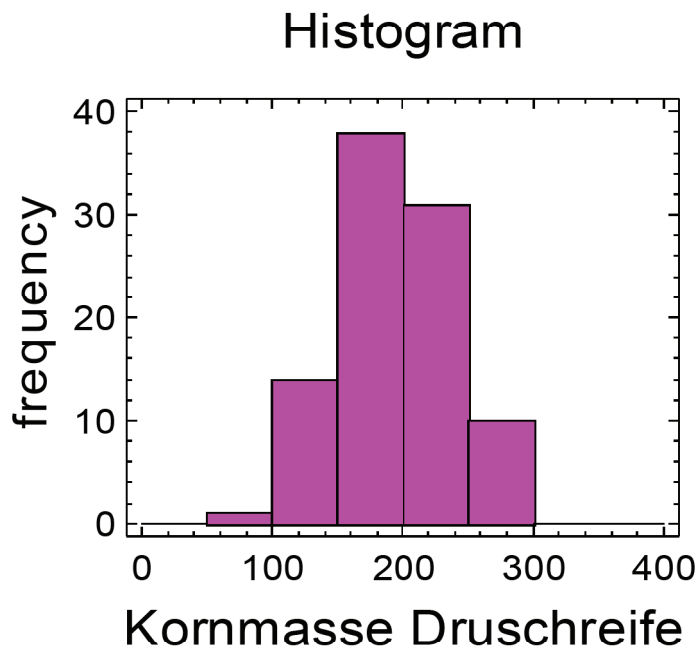


Abbildung 20: Kolbenmasse Druschreife



**Abbildung 21: Kornmasse Druschreife**

Bei diesen Daten scheint es sich anhand der Histogramme, um normalverteilte Daten zu handeln. Trotz allem wurde auch hier der Variationskoeffizient ermittelt. Der Variationskoeffizient für die Kolbenmasse ergab einen Wert von 0,206. Da dieser Wert kleiner als 0,5 ist kann man in diesem Fall von einer Normalverteilung ausgehen. Bei den Daten der Kornmasse kann man von einer Normalverteilung ausgehen, da der Variationskoeffizient 0,232 beträgt.

Auch für diese Daten ist es wichtig die Streuungsparameter Varianz, Standardabweichung, Variationsbreite, sowie die entsprechenden minimal und maximal Werte. Die Ergebnisse der Berechnung sind in Tabelle 15 abgebildet.

Kolben TS- Gehalt %	53,1	Standard- abweichung	Varianz	Varianz- breite	Max	Min
Durchschnittliches Kolbengewicht g FM	255,6	52,662	2773,330	247,4	376,0	128,6
Durchschnittliche Kornmasse g FM	194,0	45,054	2029,836	224,2	296,6	72,4
Durchschnittliche Spindelmasse g FM	61,3	10,433	108,849	44,8	85,6	40,8
Durchschnittlicher Kornanteil in %	75,5	3,703	13,713	25,3	81,57	56,30
Durchschnittlicher Spindelanteil in %	24,4	3,651	13,333	24,6	43,00	18,42
Durchschnittliche Diff. Kolben-Korn+Spindel g FM	0,3	0,208	0,043	0,9	0,9	0

**Tabelle 15: Streuungsparameter Druschreife**

Die Daten der Kolbenproben weisen eine nicht zu starke Streuung auf und sind normalverteilt. Daher bilden diese Ergebnisse eine wichtige Grundlage für die Erstellung der entsprechenden Schätzformel für die Korn- und CCM- Erträge.

#### 19.4 T- Test und Korrelation

Die Durchführung eines T- Tests und die Berechnung der Korrelation sind von besonderer Bedeutung, um den Zusammenhang zwischen den Daten zu ermitteln und somit eine Schätzformel aufzubauen. Bei dem T- Test wird ermittelt, ob die Daten sich signifikant unterscheiden oder nicht. In diesem Fall sagt die Nullhypothese die Stichproben sind nicht signifikant unterschieden. Die Nullhypothese bewahrheitet sich wenn der ermittelte T- Wert kleiner oder gleich dem entsprechenden Tabellenwert ist. (Köhler et al., 2007) Die Ergebnisse des T- Tests sind in folgender Tabelle 16 abgebildet.

	<b>T-Test</b>
<b>Kolbenmasse Silo zu Feuchtkorn</b>	0,114865
<b>Kolbenmasse Feuchtkor zu Druschreife</b>	0,009238
<b>Kolbenmasse Silo zu Druschreife</b>	0,136611
<b>Kornmasse Silo zu Druschreife</b>	0,035761

**Tabelle 16: T-Test**

Wie in der Tabelle T-Test zu sehen ist, sind die ermittelten Werte kleiner als der Tabellenwert von 1,972. Daher kann die Nullhypothese angenommen werden. Dies bedeutet, die erhobenen Daten sind nicht signifikant von einander unterschieden. Auf Grund dessen ist es möglich, in der Schätzformel von der Kolbenmasse zum Zeitpunkt der Siloreife auf die Kolbenmasse zum Zeitpunkt der Druschreife zu schätzen. Dies ist interessant für den ersten Teil der Schätzformel.

Mit der Korrelation errechnet sich eine Maßzahl für die Stärke des Zusammenhangs. Eine Korrelation, deren Wert gegen 1 verläuft, beschreibt einen starken Zusammenhang. (Köhler et. al., 2007) Diese Zusammenhänge sind ebenfalls wichtig für die Herleitung der Schätzformel. Die Ergebnisse der Korrelationen innerhalb der verschiedenen Kolbenproben sind in den folgenden Tabellen 17 bis 19 abgebildet.

### Siloreife

	Korrelation
Kolbenmasse zu Kornmasse	0,98
Kornmasse zu Kornanteil	0,73
Kolbenmasse zu Kornanteil	0,65

Tabelle 17: Korrelation Siloreife

### Feuchtkorn

	Korrelation
Kolbenmasse zu Kornmasse	0,98
Kornmasse zu Kornanteil	0,81
Kolbenmasse zu Kornanteil	0,77

Tabelle 18: Korrelation Feuchtkorn

### Druschreife

	Korrelation
Kolbenmasse zu Kornmasse	0,98
Kornmasse zu Kornanteil	0,66
Kolbenmasse zu Kornanteil	0,56

Tabelle 19: Korrelation Druschreife

Wie in den Tabellen 17 bis 19 zu sehen ist, sind die Korrelationen vor allem zwischen Kolben- und Kornmasse sehr hoch. Dieser Zusammenhang ist sehr wichtig für die Erstellung der Schätzformel, da man von der Kolbenmasse auf die Kornmasse schätzen kann.

## 20. Herleitung der Schätzformeln

Aus den erhobenen Daten und den Zusammenhängen zwischen diesen lässt sich eine Formel für die Ertragsschätzung herleiten. Für die Ertragsschätzung spielen die Daten zum Zeitpunkt der Silo- und Druschreife eine Rolle. Die Daten zum Zeitpunkt der „Feuchtkornreife“ werden bei der Schätzung nicht mit einbezogen, weil diese sich nicht wesentlich von denen der Siloreife unterscheiden. Zum Zeitpunkt „Feuchtkorn“ ließen sich die Kolben noch relativ schwer entkörnen. Dies hätte für die Praxis eventuell höhere Druschverluste zur Folge. Daher finden nur die Daten zum Zeitpunkt der Silo- und Druschreife Verwendung.



Der grundlegende Gedanke der Schätzformel besteht darin, die Kornmasse pro Kolben zum Zeitpunkt der Druschreife zu ermitteln. Die Anzahl der Kolben/ m<sup>2</sup> ist bekannt und somit lässt sich der Ertrag in dt/ ha hochrechnen. Ziel der Schätzformel ist es, den möglichen Kornertrag bereits zum Zeitpunkt der Siloreife zu schätzen. Das Schätzen erfolgt in zwei Schritten. Zu erst wird von der Kolbenmasse zur Siloreife auf die Kolbenmasse zur Druschreife geschätzt. Dieser Schritt muss eingebaut werden, weil man nicht direkt auf die Kornmasse zur Druschreife schätzen kann. Dies ist nicht möglich, da es sich bei der Ernte nicht um die gleichen Kolben handelte. Die Schätzung der Kolbenmassen erfolgt mit einer Regressionsgleichung. Regressionsgleichungen weisen eine höhere Genauigkeit auf, als das Schätzen über die Kornanteile. Die Regressionsgleichung wurde mit dem Programm STATGRAPH PLUS 5.0 errechnet. Die Berechnung ergab folgende Gleichung:

$$\text{KolbenmasseDrusch} = 270,43 - 0,0601654 \times \text{KolbenmasseSilo}$$

Die Regressionsgleichung ist im Diagramm Regression Kolbenmasse Silo- zu Druschreife (Abbildung 22) als blaue Linie dargestellt. Die Gleichung bildet einen Teil der Schätzformel.

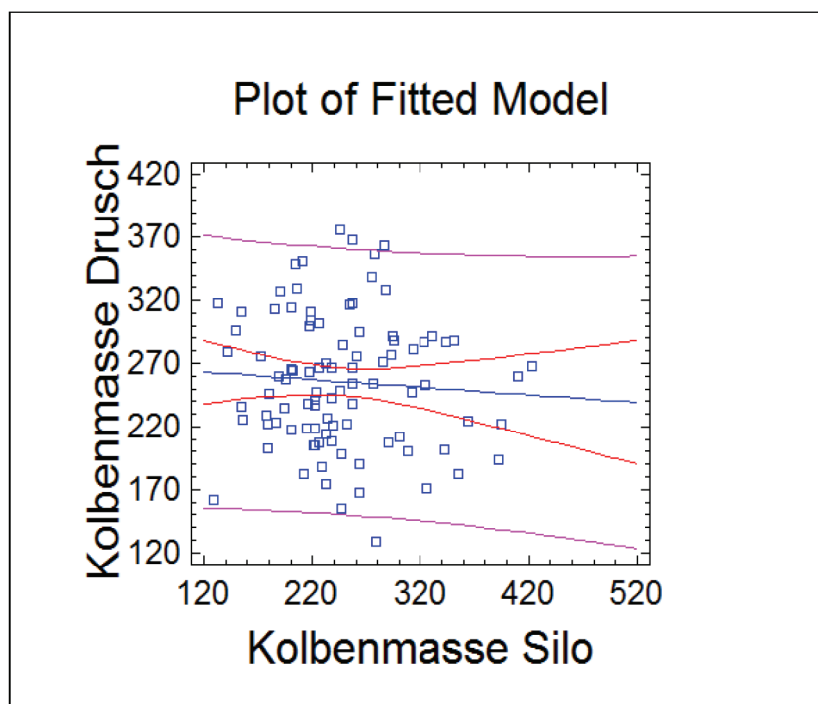


Abbildung 22 Regression Kolbenmasse Silo- zu Druschreife

Im zweiten Schritt wird von der Kolbenmasse zur Druschreife auf die Kornmasse zur Druschreife geschätzt. Diese Schätzung erfolgte ebenfalls mit einer Regressionsgleichung.

Die Regressionsgleichung wurde mit Hilfe des Programms STATHGRAPH PLUS 5.0 berechnet. Die Rechnung ergab folgende Gleichung:

$$\text{Kornmasse} = - 22,2879 + 0,846626 \times \text{Kolbenmasse} .$$

Die Regressionsgleichung ist im Diagramm Regression Kolben- zu Kornmasse Druschreife (Abbildung 23) als blaue Linie abgebildet. Die ermittelte Gleichung stellt einen weiteren Teil der Schätzformel dar.

Anschließend werden die Regressionsgleichungen in die Grundformel, Kornertag  $dt/ha = \text{Kornmasse} / \text{Kolben} \times \text{Kolben} / m^2 / 10$  eingesetzt. Daraus entsteht folgende Schätzformel:

$$\text{Kornertag}(dt/ha) = \frac{- 22,2879 + 0,846626 \times (270,43 - 0,0601654 \times \text{KolbenmasseSilo}) \times \text{Kolben} / m^2}{10}$$

Dies ist die Grundformel zur Schätzung der Kornertäge, zum Zeitpunkt der Siloreife.

#### **Abbildung 23: Regression Kolben- zu Kornmasse Druschreife**

Die Erstellung der Schätzformel für den CCM- Ertrag gestaltet sich etwas schwieriger, als für den Kornertag. Es genügt nicht die Kolbenmasse zum Zeitpunkt der Druschreife zu schätzen und den Ertrag hoch zu rechnen. CCM wird in der Regel nicht mit 100% Spindelanteil geerntet. Daher muss auch der Spindelanteil bei der Erstellung der Schätzformel Berücksichtigung finden. Der Grundgedanke für die Formel gestaltet sich wie folgt:

$$\text{CCM - Ertrag}(dt/ha) = \frac{\text{Kornmasse} + \text{Spindelmasse} \times \text{Spindelanteil} \times \text{Kolben} / m^2}{10}$$

Das Schätzen der Kornmasse unterscheidet sich nicht von dem der Kornertäge. Die bereits ermittelten Regressionsgleichungen werden in die Formel eingesetzt. Die Spindelmasse zum Zeitpunkt der Druschreife wird mit einer Regressionsgleichung geschätzt. Es wurde eine Regressionsgleichung zwischen Kolbenmasse Druschreife und Spindelmasse Druschreife ermittelt. Die Berechnung der Regressionsgleichung erfolgt mit dem Programm STATHGRAPH PLUS 5.0. Diese ergab eine folgende Regressionsgleichung:

$$\text{Spindelmasse} = 21,9478 + 0,154076 \times \text{Kolbenmasse} .$$

Die Gleichung ist im Diagramm (Abbildung 24) als blaue Linie dargestellt.

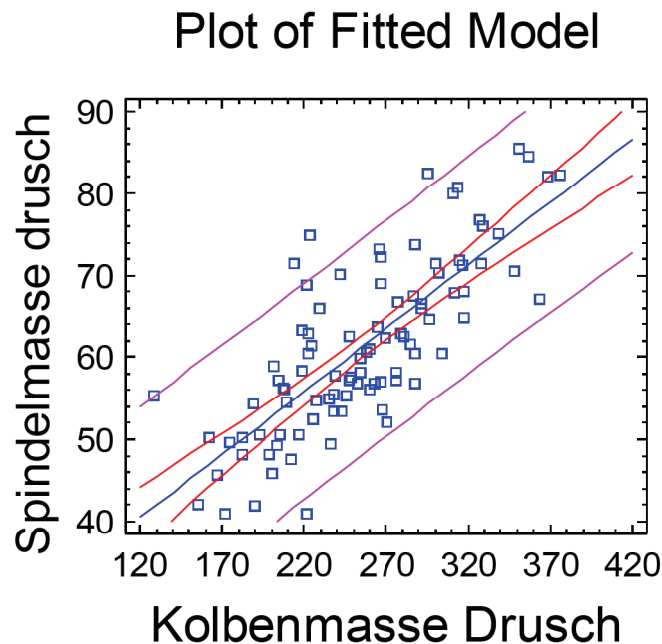


Abbildung 24: Regression Kolben- zu Spindelmasse Druschreife

Die vorhandenen Regressionsgleichungen werden in die Formel eingesetzt. Daraus erhält man die Grundformel für die Schätzung des CCM- Ertrags. Diese Formel gestaltet sich wie folgt:

$$\begin{aligned}
 \text{CCM-Ertrag(dt/ha)} = & (-22,2879 + 0,84626 \times (270,43 - 0,0601654 \times \text{Kolbenmasse Silo})) \\
 & + (21,9478 + 0,154076 \times (270,43 - 0,0601654 \times \text{Kolbenmasse Silo})) \\
 & \times \text{Spindelanteil} \times \text{Kolben} / m^2 / 10.
 \end{aligned}$$

Die aufgestellten Formeln enthalten noch keinen Verlust oder Schätzfehler. Bei dieser Ertragsschätzung wird insgesamt ein Schätzfehler von 15% angenommen. Ein Schätzfehler muss angesetzt werden, da es sonst zu einer Überschätzung der Erträge kommt. Die Kolbenproben stammen alle aus der Feldmitte, somit wird das Vorgewende bisher außer Acht gelassen. Das Vorgewende ist aber Bestandteil der Ernte und muss in der Schätzformel berücksichtigt werden, daher bildet es einen Teil des Schätzfehlers von 15%. Ein weiterer Grund für einen Schätzfehler ist, dass nur gesunde Kolben für die Ermittlung der Daten entnommen wurden. Die Schätzformel basiert auch auf dem Ansatz, dass jede Pflanze einen Kolben ausbildet. Dies ist in der Regel nicht bei 100% der Pflanzen der Fall. Dies wird in den 15% Schätzfehler mit berücksichtigt. Der Schätzfehler enthält auch die ca. 5% Verluste,

welche beim Drusch auftreten. Mit der Berücksichtigung des Schätzfehlers erhält man folgende Schätzformeln für die Korn- und CCM- Erträge.

$$\text{Kornertrag}(dt/ha) = 22,2879 + 0,84626 \times (270,43 - 0,0601654 \times \text{Kolbenmasse Silo}) \times \text{Kolben} / m^2 \times 0,85 / 10$$

$$\begin{aligned} \text{CCM- Ertrag}(dt/ha) = & (-22,2879 + 0,84626 \times (270,43 - 0,0601654 \times \text{Kolbenmasse Silo})) \\ & + (21,9478 + 0,154076 \times (270,43 - 0,0601654 \times \text{Kolbenmasse Silo})) \\ & \times \text{Spindelanteil} \times \text{Kolben} / m^2 \times 0,85 / 10 \end{aligned}$$

Dies sind auch die Formeln die im Programm „Erntemanager“, zur Schätzung der Korn- und CCM- Erträge hinterlegt sind.

## 21. Schlussfolgerung und Empfehlungen

Um die Genauigkeit der Schätzformel zu überprüfen, wurde der geschätzte Kornertrag mit den durchschnittlichen Kornerträgen des Landessortenversuches in Mecklenburg-Vorpommern verglichen. Für den Vergleich wurde der durchschnittliche Kornertrag in Mirow heran gezogen, da sich dieser Standort in der Nähe von Hohenzieritz befindet und von den Witterungs- und Bodenverhältnissen am ähnlichsten ist. Der durchschnittliche Kornertrag in Mirow lag bei 116,0 dt/ ha. Der mit der Schätzformel und den Daten der Stichprobe geschätzte Kornertrag betrug 120,9 dt/ ha. Im Vergleich liegt der geschätzte Ertrag um 4,9 dt/ ha höher. Dies zeigt, dass die Schätzformel ausreichend genau ist und in der Praxis zur Anwendung kommen kann. Da die Datengrundlage nur von einem Versuchsdurchgang stammt müssen weitere Untersuchungen die Schätzformel verifizieren.

Der Ertragsunterschied zum Landessortenversuch lässt sich wie folgt begründen. Es handelt sich hier bei um einen geschätzten Ertrag, mit einer anderen Datengrundlage. Im Landessortenversuch wurden die Körnermaiserträge für frühreife Sorten, mit den K- Zahlen 200- 220 ermittelt. In der Schätzformel kamen die Kolben einer mittelfrühen Sorten, K- Zahl 250 zum Einsatz. Dies führt dazu, dass der Frischmasseertrag etwas höher ist und Trockensubstanzgehalte im Korn geringer sind. Zudem sind die Witterungs- und Bodenverhältnisse etwas anders, was zu einer Abweichung der Erträge führen kann. Des

Weiteren sind die Bestandesdichten bei frühreifen Sorten etwas höher als bei mittelfrühen Sorten. Dies führt zusätzlich zu abweichenden Erträgen. Auf grund dieser Tatsachen kann man die Abweichung des Ertrags von ca. 5 dt/ ha als normal ansehen und die Schätzformel verwenden.

Die Ertragsschätzung ist am genauesten, wenn die Datenaufnahme für die Ertragsschätzung zum Zeitpunkt der Siloreife stattfindet, weil eine Grundlage der Schätzformel die Beziehung zwischen der Kolbenmasse zur Silo- und zur Druschreife darstellt. Eine Ertragsschätzung vor bzw. nach der Siloreife führt wahrscheinlich zu einer Unterschätzung bzw. einer Überschätzung der Erträge.

Aus den Ergebnissen des Landessortenversuchs in Mirow (Tabelle 20) im Vergleich zu den für die Erstellung der Schätzformel erhobenen Daten lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

Ist der Maisanbau darauf ausgelegt, in Mecklenburg- Vorpommern Körnermais als marktfähige Ware zu produzieren, sollten die Sortenwahl eher auf das Sortiment der frühreifen Sorten (K 200- 220) fallen. Diese Sorten weisen zur Ernte einen relativ hohen Trockensubstanzgehalt im Korn auf. Dies hat den Vorteil, dass Trocknungskosten gespart werden. Aus ökonomischen Gründen sollte Körnermais erst ab einen Wassergehalt im Korn von 30 % geerntet werden. (Georg, 2008) Die frühreifen Sorten erfüllen diese Anforderungen, wie in der Tabelle 20 zu sehen ist. Eine mittelfrühe Sorte, welche als Datengrundlage für die Schätzformel diente, besaß einen höheren Wassergehalt von 36,6 %.

Ist das Ziel des Maisanbaus, in Mecklenburg- Vorpommern ein betriebseigenes Futtermittel zu produzieren, welches als Feuchtmais oder CCM siliert werden soll, kann man bei der Sortenwahl auch auf eine Sorte des mittelfrühen Sortiments (K 230- 250) zurück greifen. Wie die Sorte Flavi zeigt, weisen die mittelfrühen Sorten unter den Verhältnissen im Südosten von Mecklenburg- Vorpommern einen Trockensubstanzgehalt im Korn von ca. 60% auf. Dies spielt bei der Silierung als Feuchtmais oder CCM eine untergeordnete Rolle. Wie im Kapitel 16.4 „Feuchtmais- und CCM- Silierung“ zu lesen ist, erweist sich ein Trockensubstanzgehalt von ca. 60% als ideal für die Silierung. Zudem besitzen die mittelfrühen Sorten den Vorteil, dass diese in der Regel einen höheren Ertrag auf weisen.



	<b>ERTR 86DT</b>	<b>TS_ KORN</b>
BBCH	85	85
Datum	07. 10.	07. 10.
NK Falkone	114,9	71,9
Padrino	96,5	71,1
Amanatidis	115,5	69,8
Ricardinio	121,9	70,9
ES Marco	110,0	71,9
DKC 3094	119,3	72,1
Laurinio	117,3	70,3
MAS 13L	106,7	69,8
Amagrano	132,1	72,4
Silvinio	126,2	72,6
LG 30222	128,8	72,9
Sulexa	102,8	70,9
<b>Versuchs- mittel</b>	<b>116,0</b>	<b>71,4</b>
	<b>dt/ha</b>	<b>%</b>
<b>GD (5%)</b>	<b>4,6</b>	<b>1,2</b>

**Tabelle 20: Ergebnisse des Landessortenversuches in Mirow 2010 (Volker et. al., Michel, 2010)**

## **22. Zusammenfassung**

Das Ziel dieser Arbeit besteht darin eine Methode zu entwickeln, um die Korn- und CCM- Erträge von Mais zum Zeitpunkt der Siloreife zu schätzen. Die ermittelten Schätzformeln sollen im Erntemanager, der in der Hochschule Neubrandenburg in Zusammenarbeit mit der Saaten Union GmbH und der Agrargenossenschaft Luisenhof Hohenzieritz e.G. erarbeitet wurde, Anwendung finden.

Nach einer kurzen Einleitung wird auf die Anbaubedeutung des Maises in Deutschland und Mecklenburg- Vorpommern hingewiesen. Anschließend werden die vielseitigen Verwendungsmöglichkeiten von Mais, sowie dessen Historie beleuchtet. Im nächsten Abschnitt werden die botanische Besonderheit der Maispflanzen und die Standortansprüche erläutert. Der darauf folgende Teil der Arbeit vermittelt Informationen zu pflanzenbaulichen Verfahren des Maisanbaus, beginnend bei der Bodenbearbeitung, über Aussaat, Sortenwahl, Düngung und Pflanzenschutz, bis hin zu Krankheiten und Schädlingen. Anschließend werden die Erntereifebestimmung, sowie die Erntetechnik, welche bei Körnermais und CCM zum Einsatz kommen, beschrieben. In den folgenden Kapiteln werden die verschiedenen Konservierungsverfahren dargestellt. Maiskolbenprodukte werden als betriebseigenes Futtermittel bzw. Kraftfuttermittel in der Schweine- und Rinderfütterung eingesetzt. Dies findet in einem weiteren Abschnitt Beachtung.

Im darauf folgenden Teil der Arbeit werden die Datengrundlage für die Ermittlung der Schätzformel sowie die statistische Methode beschrieben. Anschließend werden die Ergebnisse und die statistische Auswertung dargestellt. Diese bilden die Grundlage für darauf

folgende Herleitung der Schätzformel. Im Kapitel Schlussfolgerungen und Empfehlungen wird der mit der Schätzformel geschätzte Kornertrag mit den Kornerträgen des Landessortenversuchs in Mecklenburg- Vorpommern verglichen. Dieser Vergleich ist notwendig, um die Genauigkeit der Schätzformel abschätzen zu können. Des Weiteren beinhaltet dieses Kapitel Empfehlungen zum Körneranbau in Mecklenburg- Vorpommern. Die Empfehlungen sind auf Grundlage der ermittelten Daten, Herleitung der Schätzformel, sowie aus den Ergebnissen des Landessortenversuchs abgeleitet.

Die in dieser Arbeit erstellten Schätzformeln müssen erst noch ihre Praxistauglichkeit unter Beweis stellen bzw. durch weitere Untersuchungen bestätigt werden, da in dieser Arbeit nur Daten eines Jahres erhoben wurden.

### III Literaturverzeichnis

Adams, Ursula (2008): Mit Körnermais Rinderfütterung aufwerten, Landwirtschaftskammer Nordrhein Westfalen, Letztes Update 31.05.2011, <http://www.dsv-saaten.de/export/sites/dsv-saaten.de/extras/dokumente/innovation/4-08-koernermais-rinderfuetterung-aufwerten.pdf>

BASF (2009): Mais- Gefahren erkennen, S.78- 97

Bayer CropScience (2010): Leitfaden Erfolgreicher Maisanbau, Letztes Update 30.03.2011, [http://www.bayercropscience.de/upload/LeitfadenMais2010\\_757.pdf](http://www.bayercropscience.de/upload/LeitfadenMais2010_757.pdf)

Caussade- Saaten (2011): Sorteninformation FLAVI, Online im Internet URL: <http://www.caussade-saaten.de/Pdf/PDF%20Mais/CAUSSADE%20FLAVI.pdf> (Stand 17.06.2011)

Dahle, Jörg, Krüssel, Stefan (2009): Wurzelbohrer ist besonders gefürchtet, Letztes Update 22.06.2011, <http://www.landundforst.de/index.php?redid=304271>

Deutsches Maiskomitee (2010): Maisanbaufläche Deutschland in ha, 2009 und 2010 (vorläufig) nach Bundesländer und Nutzungsrichtung in ha, Letztes Update 28.04.2011, [http://www.maiskomitee.de/web/upload/statistik/de/Maisanbauflaeche\\_D\\_in\\_ha\\_2009-2010\\_vorlaeufig\\_20110315.pdf](http://www.maiskomitee.de/web/upload/statistik/de/Maisanbauflaeche_D_in_ha_2009-2010_vorlaeufig_20110315.pdf)

Deutsches Maiskomitee (2010): Anbaufläche Silomais, Letztes Update 28.04.2011, [http://www.maiskomitee.de/web/public/Fakten.aspx/Statistik/Deutschland/Anbaufl%C3%A4che\\_Silomais](http://www.maiskomitee.de/web/public/Fakten.aspx/Statistik/Deutschland/Anbaufl%C3%A4che_Silomais)

Deutsches Maiskomitee (2010): Anbaufläche Körnermais/CCM, Letztes Update 28.04.2011, [http://www.maiskomitee.de/web/public/Fakten.aspx/Statistik/Deutschland/Anbaufl%C3%A4che\\_K%C3%B6rnermais](http://www.maiskomitee.de/web/public/Fakten.aspx/Statistik/Deutschland/Anbaufl%C3%A4che_K%C3%B6rnermais)

Deutsches Maiskomitee (2010): Flächenerträge von Körnermais und Silomais in Deutschland, Letztes Update 28.04.2011,  
<http://www.maiskomitee.de/web/public/Fakten.aspx/Statistik/Deutschland/Fl%C3%A4cherertr%C3%A4ge>

Deutsches Maiskomitee (2011): Beschreibung der Ernteprodukte,  
[http://www.maiskomitee.de/web/public/Verwertung.aspx/Tierische\\_Veredlung/Beschreibung\\_der\\_Ernteprodukte](http://www.maiskomitee.de/web/public/Verwertung.aspx/Tierische_Veredlung/Beschreibung_der_Ernteprodukte) (Stand 15.04.2011)

Deutsches Maiskomitee (2011): Mais in der Schweinefütterung,  
[http://www.maiskomitee.de/web/public/Verwertung.aspx/Tierische\\_Veredlung/Schweinef%C3%BCtterung](http://www.maiskomitee.de/web/public/Verwertung.aspx/Tierische_Veredlung/Schweinef%C3%BCtterung) (Stand 15.06.2011)

Didt, Axel (2011): pflanzenbauliche Informationen, Agrargenossenschaft Luisenhof e.G., persönliche Information vom 30.06.2011

Eckl, Josef (2001): Körnermais in der Fütterung- Alternativen zur Trocknung, In: Mais 29 (2001), Nr. 3, S. 113- 115

Georg, Reinhard, Milimonka, Andreas (2007): Geschrotet ins Silo, Bauernzeitung 36 Woche 2007, S. 46, Letztes Update 10.01.2011, [http://www.silierung.de/aktuelles/BauZe\\_36\\_046.pdf](http://www.silierung.de/aktuelles/BauZe_36_046.pdf)

Georg, Reinhard (2008): Feuchtkornmaisschrot für Hochleistungskühe Ernährungspysiologisch und betriebswirtschaftlich höchst interessant, In: RAGT Mais Information (2008) Nr. 2, S. 3- 4

Gutzwiller, Andreas (2010): Auswirkungen von Mycotoxinen auf das Rind, Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld- Posieux, ALP- Tagung 2010, Letztes Update 14.06.2011,  
[http://www.agroscope.admin.ch/data/publikationen/1286173147\\_guaALP-Tagung100930.pdf](http://www.agroscope.admin.ch/data/publikationen/1286173147_guaALP-Tagung100930.pdf)

KWS Mais GmbH (2010): Mais Anbauplaner, Online im Internet URL:  
[http://www.kws.de/global/show\\_document.asp?id=aaaaaaaaabdygw](http://www.kws.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaabdygw) (Stand 08.11.2010)

KWS Mais GmbH (2011): Mais Anbauplaner, Online im Internet URL: [http://www.kws-uk.com/global/show\\_document.asp?id=aaaaaaaaafjspn&download=1](http://www.kws-uk.com/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaafjspn&download=1) (Stand 28.03.2011)

KWS Mais GmbH (2011): Mais in der Rinderfütterung- Ernte und Konservierung, [http://www.kws.de/global/show\\_document.asp?id=aaaaaaaaairkum&download=1](http://www.kws.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaairkum&download=1) (Stand 29.03.2011)

Köhler, Wolfgang, Schachtel, Gabriel, Voleske, Peter (2007), Biostatistik- Eine Einführung für Biologen und Agrarwissenschaftler, 4. Auflage, Berlin Heidelberg, Springer- Verlag, S. 32 ff

Lindermayer, H., Propstmeier, G. (2010): Maisprodukte in der Schweinefütterung, Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, [http://www.lfl.bayern.de/ite/schwein/14646/linkurl\\_0\\_0\\_0\\_2.pdf](http://www.lfl.bayern.de/ite/schwein/14646/linkurl_0_0_0_2.pdf) (Stand 08.11.2010)

Mahlkow- Nerge (2010): Katrin Maistrocken oder feucht konservieren?, Landwirtschaftskammer Schleswig- Holstein, Letztes Update 01.06.2011, [http://www.lwksh.de/cms/fileadmin/user\\_upload/Presse/Archiv\\_2010/PDF\\_1710\\_01.05.2010/39-40\\_Mahlkow-Nerge.pdf](http://www.lwksh.de/cms/fileadmin/user_upload/Presse/Archiv_2010/PDF_1710_01.05.2010/39-40_Mahlkow-Nerge.pdf)

Maier, Constanze (2008): Die Alternative- Feuchtsilierung von Mais und Getreide bringt überwiegend Vorteile, Neue Landwirtschaft (6) 2008, S. 64-67, Letztes Update 10.01.2011, [http://www.kuhplan.de/downloads/NL\\_06\\_2008.pdf](http://www.kuhplan.de/downloads/NL_06_2008.pdf)

Maschinenring Ebersberg/ München Ost e.V. (2011): Drahtwurm Bekämpfung im Mais, Letztes Update 22.06.2011, <http://www.mr-ebe.de/content/drahtwurm-bek%C3%A4mpfung-mit-santana>

Mayer, Joachim (2009): Welchen Einfluss hat der Einsatz von Feuchtm Mais auf die Zusammensetzung der Mischungen für Schweine?, Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen- Geislingen, Fakultät II Studiengang Agrarwirtschaft, S. 4 ff, Letztes Update 28.03.2011, <http://opus.bsz-bw.de/fhnu/volltexte/2009/1000/pdf/Bachelorthesis.pdf>

Merkel, Broder J., Planer-Friedrich, Britta (2003): Integrierte Datenauswertung Hydrogeologie, Institut für Geologie Technische Universität Bergakademie Freiberg, S.26 ff

Meßner, Helmut (2000): Lehrbuch des Pflanzenbaus Band 2: Kulturpflanzen Nobert Lütke-Entrup, Jobst Oehmichen (Hrsg.), Gelsenkirchen, Verlag Th. Mann, S. 398- 426

Michel, Volker, Bombowsky, Beate, Zenk, Andrea (2010): Mais 2010- Ergebnisse Landessortenversuche Anbaugebiet „D- Nord/ MV- Süd“, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei, S. 32, Letztes Update 27.04.2011, [http://www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA\\_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/Sorten/Sortenberichte/LSV\\_konv/Mais/Bericht\\_Mais.pdf](http://www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/Sorten/Sortenberichte/LSV_konv/Mais/Bericht_Mais.pdf)

Mississippi State University Extension Service (2010): Corn in Mississippi, Letztes Update 15.06.2011, <http://msucares.com/crops/corn/corn7.html>

Müller, Marina, Behrend, Undine, Ditz, Michaela, Korn, Ulrike (2011): Vorkommen und Bedeutung von Mykotoxinen in Grob- und Konzentratfuttermitteln, Landnutzungsforschung ZALF e.V., Institut für Primärproduktion, Humboldt-Universität Berlin, S. 64-70 Online im Internet URL: <http://www.dr-pieper.com/file/79.pdf> (Stand 14.06.2011)

Müller, Simone (2002): Abschlussbericht: Anforderungskatalog für die Schweinefütterung, Thüringer Landesamt für Landwirtschaft, S. 25 ff, Letztes Update 10.06.2011, <http://www.tll.de/ainfo/pdf/swfu0802.pdf>

N.N. (2011): Der C4- Stoffwechsel, Universität Düsseldorf, Letztes Update 14.05.2011, [http://www.uni-duesseldorf.de/MathNat/Biologie/Didaktik/Fotosynthese\\_neu/dateien/dunkel/1-1-1-2-1.html](http://www.uni-duesseldorf.de/MathNat/Biologie/Didaktik/Fotosynthese_neu/dateien/dunkel/1-1-1-2-1.html)

N.N.(2011): Maillard- Reaktion, Lebensmittellexikon, Letztes Update 07.06.2011, <http://www.lebensmittellexikon.de/m0000840.php>



Peyker, Walter, Degner, Joachim, Zorn, Wilfried, Göbner, Katrin, Farack, Martin (2009):  
Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Körnermais, Thüringer  
Landesamt für Landwirtschaft, Letztes Update 30.03.2011,  
[http://www.tll.de/ainfo/pdf/ll\\_kmais.pdf](http://www.tll.de/ainfo/pdf/ll_kmais.pdf)

Pflanz, Wilhelm (2009): Feuchtmaisfütterung in der Schweinehaltung, Bildungs- und  
Wissenszentrum Boxberg, Letztes Update 10.06.2011, <https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1238364/index.pdf>

Schuster, Hubert, Moosmeyer, Martin (2008): Feuchtmais, Bayrische Landesanstalt für  
Landwirtschaft, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Letztes Update 10.01.2011,  
[http://www.lfl.bayern.de/ite/rind/28824/linkurl\\_0\\_23.pdf](http://www.lfl.bayern.de/ite/rind/28824/linkurl_0_23.pdf)

Sommer, Wolfgang (2003): Praxistest: Wie sinnvoll sind Silierzusätze bei CCM, RCG aktuell  
Ausgabe 3/ 2003, Letztes Update 09.06.2011,  
[http://www.silierung.de/aktuelles/RCGaktuell/RCGaktuell0303\\_24.pdf](http://www.silierung.de/aktuelles/RCGaktuell/RCGaktuell0303_24.pdf)

Stalljohann, Gerhatd, Möllering, Josef (2008): Optimales Schweinefutter mit Maisprodukten,  
Mais 4 2008 (35. Jg.), Letztes Update 10.06.2011,  
<http://www.maiskomitee.de/web/upload/pdf/verwertung/schweinefutter.pdf>

Syngenta Seeds (2010): CCM- Mais von Syngenta Seeds, Letztes Update 20.04.2011,  
[http://www.nk.com/media/368377/ccm\\_flyer.pdf](http://www.nk.com/media/368377/ccm_flyer.pdf)

Thome, Udo (2010): Mais (*Zea mais* L.), Skript zur Vorlesung im Modul Pflanzenbau II/  
Grünlandwirtschaft (B-WPM06)

Voegeli, Ueli (2006): Mais in Rindviehrationen: Trends bei Sorten, Anbautechnik und Ernte,  
Fachstellen Landwirtschaft Feldbau, Liebegg, Letztes Update 08.11.2010,  
<http://www.liebegg.ch/pdf/1216391045-maiszuechtungvoegeli20061205.pdf>

Zscheischler, Johannes, Estler, C., Staudacher, Walter, Gross, Friedrich, Burgstaller, Gustav, Streyll, Hubert, Thomas Rechmann, Thomas (1990): Handbuch Mais- Umweltgerechter Anbau- Wirtschaftliche Verwertung, 4. Auflage, Frankfurt am Main, DLG- Verlags- GmbH, S. 13- 17, 58 ff, 100- 139, 144- 154, 168- 174, 244- 256

## IV Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: : Körnermaisbaufläche in Deutschland (Deutsches Maiskomitee, 2011).....	7
Abbildung 2: Silomaisbaufläche in Deutschland (Deutsches Maiskomitee, 2011).....	7
Abbildung 3: Verwertung der Maisprodukte mit zunehmender Reifeentwicklung(Zscheischler, 1990).....	9
Abbildung 4: Verlauf der Nährstoffaufnahme (KWS, 2010).....	18
Abbildung 5: Düngeplanung(Bayer CropScience, 2010).....	19
Abbildung 6: Stängelfäule (KWS 2010).....	21
Abbildung 7: Kolbenfäule (KWS, 2010).....	22
Abbildung 8: Maisbeulenbrand (KWS, 2010).....	23
Abbildung 9: Fritfliegenbefall (Bayer CropScience, 2010).....	23
Abbildung 10: Drahtwurmbefall (Maschinenring Ebersberg/ München Ost e.V., 2011).....	24
Abbildung 11: Bohrlöcher der Maiszünslerlarve mit Bohrmehl (Bayer CropScience, 2010).....	26
Abbildung 12: Schwanenhalssyndrom (Dahle und Krüssel, 2009).....	27
Abbildung 13: Black Layer(Mississippi State University Extension Service, 2010).....	28
Abbildung 14: Formel zur Berechnung des Endgewichts (KWS 2010).....	31
Abbildung 15: Witterungsverlauf 2010 (Datengrundlage Wetteraufzeichnung der Agrargenossenschaft Luisenhof Hohenzieritz e.G.).....	41
Abbildung 16: Kolbenmasse Siloreife .....	43
Abbildung 17: Kornmasse Siloreife .....	44
Abbildung 18: Kolbenmasse Feuchtkorn .....	46
Abbildung 19: Kornmasse Feuchtkorn .....	46
Abbildung 20: Kolbenmasse Druschreife .....	48
Abbildung 21: Kornmasse Druschreife.....	49
Abbildung 22 Regression Kolbenmasse Silo- zu Druschreife .....	52
Abbildung 23: Regression Kolben- zu Kornmasse Druschreife .....	53
Abbildung 24: Regression Kolben- zu Spindelmasse Druschreife .....	54

## V Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:: Feldaufgang bei verschiedener Aufgangsdauer (Bayer CropScience, 2010).....	12
Tabelle 2: Tiefe der Pflugfurche (nach Kundler et. al., 1989).....	13
Tabelle 3: Allgemeine Empfehlung der Bestandesdichte (KWS, 2010).....	15
Tabelle 4: Einteilung der Reifegruppen (Bayer CropScience, 2010).....	16
Tabelle 5: Nährstoffentzüge (nach Fruchtenicht et. al., 1993).....	18
Tabelle 6: Propionsäuremenge in Abhängigkeit von der Kornfeuchte und Lagerungsdauer (KWS, 2010).....	32
Tabelle 7: Inhaltsstoffe verschiedener Maisfuttermittel (Deutsches Maiskomitee, 2011).....	34
Tabelle 8: Einsatzgrenzen von Maisprodukten in der Schweinefütterung (Datengrundlage Einsatzgrenzen für Futtermittel in der Schweinefütterung Hoffmann, 2001; Lindermayer, 2001, modifiziert, in %)......	37
Tabelle 9: Einfluss unterschiedlicher Weizen- und Körnermaiszulagen auf den Futterwert von Maissilagen (nach Burgstaller, 1997).....	38
Tabelle 10: Ergebnisse Siloreife .....	43
Tabelle 11: Streuungsparameter Siloreife .....	44
Tabelle 12: Ergebnisse Feuchtkorn .....	45
Tabelle 13: Streuungsparameter Feuchtkorn .....	47
Tabelle 14: Ergebnisse Druschreife .....	48
Tabelle 15: Streuungsparameter Druschreife .....	49
Tabelle 16: T-Test .....	50
Tabelle 17: Korrelation Siloreife.....	51
Tabelle 18: Korrelation Feuchtkorn .....	51
Tabelle 19: Korrelation Druschreife .....	51
Tabelle 20: Ergebnisse des Landessortenversuches in Mirow 2010 (Volker et. al., Michel, 2010).....	57

## **VI Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Neubrandenburg im Juli 2011

## VII Anhang

### Anleitung zum Schätzverfahren

#### Anwendung

Diese Methode ist zum Schätzen der Korn- und CCM- Erträge geeignet. Die Schätzung der Erträge ist am genauesten, wenn sich der Mais in der Siloreife befindet.

#### Materialien

- Gliedermaßstab- 2m
- Waage mit einer Genauigkeit von +/- 1g
- PC oder PDA mit dem Programm zur Schätzung der Korn- und CCM- Erträge

#### Durchführung

##### 1. Auswahl der Referenzpflanzen

Wählen sie eine Pflanzenreihe die repräsentativ für den zu schätzenden Schlag ist

- a. die Reihe sollte außerhalb des Vorgewendes liegen
- b. der Pflanzenbestand sollte gleichmäßig sein d.h. die Pflanzenreihe sollte möglichst wenig Fehlstellen, kümmernde Pflanzen oder doppelt belegte Stellen aufweisen,
- c. keine Kolben von Pflanzen verwenden, welche mehr als einen Kolben besitzen

Legen sie den vollständig ausgeklappten Gliedermaßstab entlang der entsprechenden Reihe aus. Pflücken Sie anschließend von den Pflanzen, die auf den laufenden zwei Metern wachsen, alle Kolben. Entlieschen sie die Kolben und wiegen Sie anschließend die Kolben.

##### 2. Ermittlung des geschätzten Korn- und CCM- Ertrags

Geben Sie nun die einzelnen Kolbengewichte in das Programm ein. Wenn Sie auf berechnen klicken wird der geschätzte Korn- bzw. CCM- Ertrag ausgewiesen.

Der Ertrag wird mit einer Schätztoleranz von 15% ausgewiesen.