



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften

Fachgebiet: Pflanzenernährung

Prof. Dr. sc. agr. Bernhard Seggewiß

Dr. sc. agr. Kerstin Berlin

Bachelorarbeit

**Düngungsversuch im Silomais:
Hauptaugenmerk Blattdüngung**

[urn:nbn:de:gbv:519-thesis2012-0143-4](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:519-thesis2012-0143-4)

von

Daniel Husmann

März 2012

Inhalt

Abkürzungsverzeichnis	4
1 Einleitung.....	5
2 Versuchsanstellung und Methodik	6
2.1 Betrieb	6
2.2 Wetter	7
2.3 Versuchsstandort	9
2.3.1 Boden	9
2.3.2 Bodenprofil.....	11
2.3.3 Fruchtfolge.....	13
2.4 Versuchsplan	13
2.5 Düngepräparate	15
2.6 Bodenproben	17
2.7 Berechnung der Aufwandmengen	21
2.8 Pflanzenproben.....	22
2.9 Wachstumsverlauf.....	24
2.10 Beerntung und statistische Auswertung	29
2.10.1 Ernte	29
2.10.2 Stängeldurchmesser	30
2.10.3 Statistische Auswertung	31
3 Ergebnisse.....	32
3.1 Biomasseerträge.....	32
3.2 Makronährstoffgehalte der Blattproben	35
3.3 Mikronährstoffgehalte der Blattproben.....	39
3.4 Makronährstoffgehalte der Ganzpflanzensilage (GPS).....	43
3.5 Mikronährstoffgehalte der Ganzpflanzensilage.....	48
3.6 Nährstoffbilanzierung	51
3.7 Stängeldurchmesser	53
4 Diskussion.....	54

5 Zusammenfassung	57
Verzeichnis der Abbildungen	58
Verzeichnis der Tabellen	59
Literaturverzeichnis	61
Quellenverzeichnis	62
Verzeichnis der Anhänge.....	63
6 Anhang	65

Abkürzungsverzeichnis

Ca	Calcium
CaCO ₃	Calciumkarbonat (auch Konchilien)
Cu	Kupfer
DAP	Diammonphosphat
dt	Dezitonne
Fe	Eisen
GPS	Ganzpflanzensilage
ha	Hektar
K	Kalium
kW/h	Kilowatt pro Stunde
Mg	Magnesium
MJ NEL	Magajoule Netto-Energie-Laktation
Mn	Mangan
N	Stickstoff
N ₂ O	Lachgas
NH ₄ ⁺	Ammonium
NO ₃ ⁻	Nitrat
P	Phosphor
PAR	photosynthisch wirksame Strahlung (eng. Photosynthetically Active Radiation)
RUBISCO	Ribulose-1,5-bisphosphat-carboxylase/-oxygenase
S	Schwefel
s.a.	siehe auch
SO ₄	Sulfat
ssA	schwefelsaures Ammoniak
TM	Trockenmasse
TS	Trockensubstanz
V.	Varianten
Zn	Zink

1 Einleitung

Der folgende Versuchsbericht wird sich mit Düngungsfragen zur Kulturpflanze Mais (*Zea mays* L.) beschäftigen. Schwerpunktmäßig wird in dieser Arbeit die Blattmikronährstoffdüngung zu Silomais bearbeitet. Der Versuch wurde auf einem Niedermoor östlich von Neubrandenburg (Mecklenburg-Vorpommern) durchgeführt.

Die dortigen Niedermoore sind während der glazialen Serie aus Geschiebemergel entstanden¹. Aufgrund von Muschelablagerungen schwankt der pH-Wert des Bodens um 7,2. Dadurch werden Nährstoffe wie Phosphor(P), Magnesium(Mg), Kalium(K), Eisen(Fe), Mangan(Mn), Kupfer(Cu) und Zink(Zn) im Boden festgelegt². Es handelt sich um Komplexbindungen, die von Pflanzen nur sehr schwer gelöst werden können. Oftmals treten durch diese Nährstoffkomplexbindungen Mangelsymptome beim Mais auf.

Wie können also Nährstoffmangelsymptome beim Mais effektiv verhindert werden? Verschiedene Publikationen sprechen von guten Ergebnissen mit Blattdüngungsapplikationen³, woraufhin auch für den Versuch die Annahme getroffen wird, dass die Mangelsituationen mit der Düngungsmethode am effektivsten zu bekämpfen sein müssten.

Das Ziel dieser Arbeit soll sein, eine Düngungsstrategie für den Standort zu finden, um hohe Silomaiserträge gewährleisten zu können.

¹ SCHEFFER; SCHACHTSCHABEL et.al. (2002); S.516

² KUNTZE; ROESCHMANN und SCHWERDTFEGER et.al. (1988); S.475f
KUNDLER und Mitarbeiter et.al. (1970); S.110f

³ BUNDESARBEITSKREIS DÜNGUNG (BAD) et.al (2007); S.15f

³ KATALYMOW et.al.(1969); S.211
BAD et.al. (2007); S.20/30

2 Versuchsanstellung und Methodik

2.1 Betrieb

Der Versuch wurde auf dem Betrieb Albrechtshof GmbH in Neunkirchen durchgeführt. Es handelt sich um einen Milchviehbetrieb mit 605 Tieren, wie dem Betriebsspiegel zu entnehmen ist. Weitere Informationen können dem Betriebsspiegel entnommen werden.

Betriebsspiegel

Albrechtshof GmbH, Neuenkirchen

Tab. 1: Personalausstattung Albrechtshof; Betrieb Albrecht

Milchproduktion	5
Ackerbau	4
Auszubildende	1
Büro	1
Leitung	1
Summe	12

Wie der Tabelle 1 zu entnehmen ist, werden im Ackerbau 4 Arbeiter beschäftigt. Dies ermöglicht eine hohe Schlagkraft bei der Futterwerbung und beim Pflanzenschutz.

Tab. 2: Landwirtschaftliche Nutzfläche Albrechtshof; Daten Betrieb Albrecht

Kulturen	ha	Durchschnittliches Ertragsniveau dt/ha
W-Weizen	360	82
W-Gerste	40	78
Raps	200	44
Zuckerrüben	30	570
Silomais	90	400
Dauergrünland	130	
Summe	850	

Der Albrechtshof wirtschaftet auf 850 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche, davon sind wiederum 90 ha für den Silomais bestimmt, wie Tabelle 2 zu entnehmen ist.

Tab. 3: Viehbestand Albrechtshof; Daten Betrieb Albrecht

Milchkühe	310	9900 l/FcM p.a.
Jungrinder, weiblich	295	
Summe Tierzahl	605	
Milchquote	3,1 Mio. kg	

Zum Viehbestand gehören 310 Milchkühe und 295 Tiere der weiblichen Nachzucht, sodass der Viehbestand 605 Tiere umfasst. Aus Tabelle 3 ist weiter zu entnehmen, dass die durchschnittliche Milchleistung bei 9900 l pro Jahr liegt. Dies setzt eine hochwertige Fütterung voraus. Um die Leistung weiter zu festigen oder sogar zu steigern, müssen die Futterinhaltsstoffe optimal sein. Bei den Futterinhaltsstoffen spielen die Mikronährstoffe eine sehr große Bedeutung für die Fruchtbarkeit und Milchbildung. Durch die Düngung sollen die Gehalte an Mikronährstoffen in der Maissilage verbessert werden.

Biogas:

Im Jahre 2000 wurde eine Biogasanlage auf Basis von Gülle, Restfutter und nachwachsenden Rohstoffen gebaut. In einem Blockheizkraftwerk wird daraus Strom (75 kW/h) erzeugt.

2.2 Wetter

In den Monaten Ende Mai/Anfang Juni und Ende Juli kam es zu starken Niederschlägen (Abb.1). Daraus folgten Überschwemmungsphasen, die insgesamt 4 Wochen betrug. Durch die Staunässe konnte der Mais noch weniger Nährstoffe aufnehmen, da die Wurzeln ihre Arbeit einstellten⁴. Des Weiteren ist zu sehen, dass die Maximaltemperaturen 2011 weit unter dem langjährigen Mittel aus 13 Jahren lagen. Es wird darauf hingewiesen, dass die Juni- Isotherme mindestens +19°C aufweisen sollte, um den Ansprüchen des Mais gerecht zu werden⁵. In diesem Jahr lag die Juni- Isotherme gerade einmal bei 16,5°C. Da der Anspruch nicht erfüllt wurde, hat sich die Assimilation des Mais verlangsamt. Für diesen Parameter der Assimilation, ist auch die Sonnenscheindauer wichtig und damit die photosynthetisch wirksame Strahlung (PAR)⁶, die in diesem Jahr fast während der gesamten Vegetationsperiode unter dem langjährigen Mittel lag. Aus

⁴ ZSCHEISCHLER et.al. (1990); S.94

⁵ SCHRIMPF et.al. (1960); S.26

⁶ eng. Photosynthetically Active Radiation

diesem Grund konnte der Mais keinen Höchstertag auf diesem Standort erbringen.

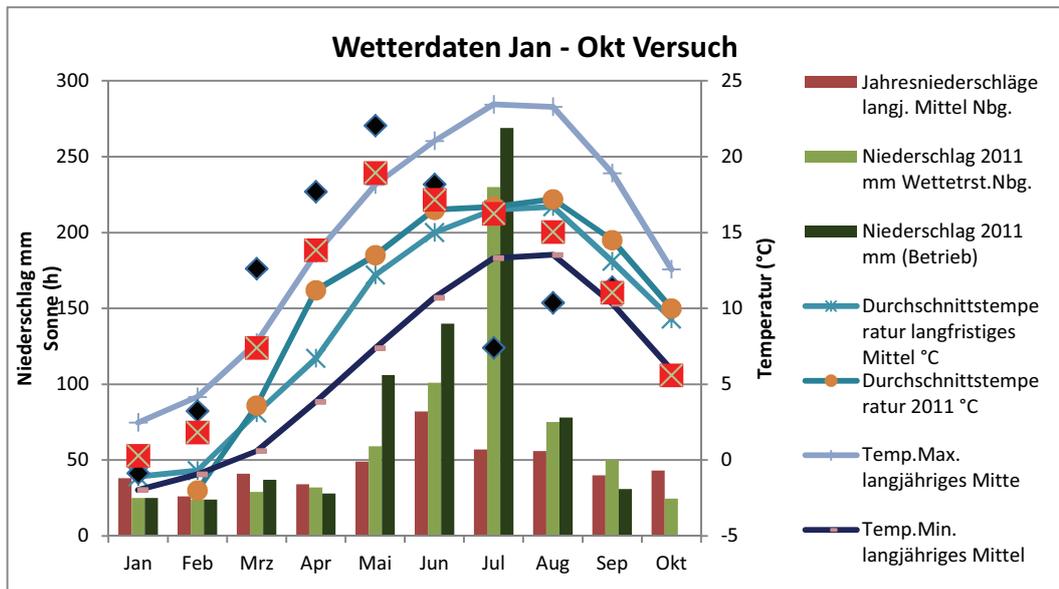


Abb. 1: Wetterdaten; Werte Betrieb Albrechtshof und ProPlant GmbH; Eigene Darstellung

2.3 Versuchsstandort

Der Versuchsstandort liegt etwa 10 Kilometer östlich von Neubrandenburg, zwischen Neuenkirchen und Warlin, im Datzetal. Das Datzetal ist während der letzten glazialen Serie entstanden. Bei den hier vorliegenden Böden handelt es sich um reine hydrophile Durchströmungsmoore, auch Niedermoor oder Flachmoore genannt. Der Schlag wird in drei Unterschläge geteilt (Abb.2/3). Dies kann man am besten in Abbildung 3 an der unterschiedlichen Grünfärbung und den Horizontalabgrenzungen erkennen. Der Versuchsort ist mit einem Sternchen sichtbar. Die Größe des Schlages ist etwa 13 ha.

Im weiteren Verlauf wird auf den Boden eingegangen.



Abb. 2: Versuchsstandort; Google Earth 2011



Abb. 3: Nahaufnahme Versuchsstandort; Google Earth 2011

2.3.1 Boden

Die Unterschiede eines Niedermoores zum Mineralboden liegen im ständigen Aufbau von neuen Torflagen, bei gleichzeitigem fossil Werdens älterer Schichten. Geologen sehen diese Schichten dann als organische Sedimente an. Deshalb wird auch oft nur der obere, durchwurzelte Bereich eines Moorkörpers als Moorboden angesehen⁷. Die humose Schicht ist etwa 60 - 90 cm stark, wie ein Bodenprofil unter Punkt 2.3.2 zeigt. KUNTZE; ROESCHMANN und SCHWERDTFEGGER (1988; S.475) berichten ebenfalls von Niedermoororfmächtigkeiten von meist über 1,3 m. Des Weiteren wird geschrieben, dass Niedermoor-schwarzkulturen (Versuchsstandort) oft in Niederungen entstanden sind. Durch die Entwässerung des Bodens ist eine direkte Nutzung als Ackerboden ermöglicht worden⁶. So gibt es auf dem Versuchsstandort P-, K- und N- Nährstofffestlegungen. Als Grund gilt der hohe pH- Wert, der im Schnitt bei 7,2⁸ liegt und freies CaCO₃ (Konchilien), das die schon angegebenen Nährstoffe stark binden zu vermark⁹.

⁷ SCHEFFER; SCHACHTSCHABEL et.al. (2002); S.515/S.517

⁸ Nach LUFA Untersuchung und Untersuchung mit mobiler pH- Sonde

⁹ KUNTZE; ROESCHMANN und SCHWERDTFEGGER (1988); S.475f

In Publikationen wird ebenfalls von hohen pH- Werten über 7 auf Niedermoor-schwarzkulturen berichtet. Deshalb besteht die Annahme, je höher die Basensättigung, desto ungünstiger ist die Kaliumverfügbarkeit (Kaliumsorptions). Bei einer zusätzlichen Durchschlickung ist außerdem mit einer K- Fixierung zu rechnen. Zudem haben diese Böden auch eine ungenügende natürliche P- Bevorratung. Im Bodenprofil sind Schlickablagerungen zu erkennen, die genau den Schluss von KUNTZE; ROESCHMANN und SCHWERDTFEGER (1988) zulassen. Herrscht gleichzeitig auch ein ungünstiges, natürliches N:P:K:Ca - Verhältnis von 1:0,1:0,01:2 sollte eine späte Frühjahrsdüngung angestrebt werden, um eine P- Fixierung und eine K- Auswaschung zu verhindern⁸. Aufgrund des hohen Anteils an organischer Masse ist das C:N- Verhältnis im Boden sehr groß. Von einem engen C:N- Verhältnis ist die Rede bei 10-15:1. Hier liegt es weitaus höher, sodass von einer N-Sperre gesprochen werden kann, die der Festlegung des Stickstoffes entspricht¹⁰. Jedoch ist der Boden reich an N, sodass angemerkt wird, dass es zu einem Cu- Mangel und auf kalkreichen Niedermoo-ren auch zur Mn- Festlegung kommen kann.

Aufgrund der hohen N- Freisetzungen, der größeren Verunkrautungsgefahr und mit der höheren Bearbeitungsintensität, kommt es zu einer stärkeren Belüftung des Bodens. Aus diesem Grund ist von einem zunehmenden Torfschwund von bis zu 2 cm/ Jahr auf einem solchen Niedermoor auszugehen⁸.

Auf dem Versuchsstandort ist das Phänomen des Torfschwundes zu erkennen, anhand der zunehmenden Vermüllung des Oberbodens.

In Kap. 2.3.2 wird ein Bodenprofil des Versuchsstandortes gezeigt.

¹⁰ LÜTKE-ENTRUP u. OEHMICHEN et.al. (2000); Band 1; S.455/458

2.3.2 Bodenprofil

Um den Bodentyp Niedermoor auch nachweislich charakterisieren zu können, wurde ein Bodenprofil (Abb. 4) ausgehoben.



Abb. 4: Bodenprofil 0-90 cm; Eigene Aufnahme

Das Profil zeigt eine sehr humose Bodenschicht, die bis zu einer Tiefe von 90 cm reicht. Außerdem kann die beschriebene Schlickablagerungen (Kap. 2.3.1) vereinzelt gräulich auftauchend erkannt werden. In Abbildung 5 sind sie noch einmal in einer Nahaufnahme dargestellt.



Abb. 5: Bodenprofil Nahansicht Schlickeinlagerungen; Eigene Aufnahme

Eine Durchwurzelung des vorherigen Grünlandes bis etwa 60 cm war sehr gut sichtbar, danach nahm sie schnell ab. Dies hängt damit zusammen, dass Mitte

Mai während einer Trockenphase, das Grundwasser selbst dann noch auf 90 cm stand (Abb.6).



Abb. 6: Bodenprofil Grundwasserstand auf 90 cm; Eigene Aufnahme

Auf 90 cm Bodentiefe gibt es einen Übergang von humoser Auflage zu einem tonigen Lehm.

Die Bohrstabprofile zeigen ebenfalls Torfmächtigkeiten von bis zu 90 cm zu. In Abb.8 ist der Übergang von schwarzer Torfauflage zur Tonschicht ersichtlich.

Repräsentativ sind diese Profile für den gesamten Versuchsstandort und zeigen dadurch auch die Bedeutung dieses Standortes als Ackerbaustandort auf.

In der Gliederung wird als nächstes auf die Fruchtfolge unter Kapitel 2.3.3 eingegangen.



Abb. 7: Bohrstabprofil 90 cm; Eigene Aufnahme

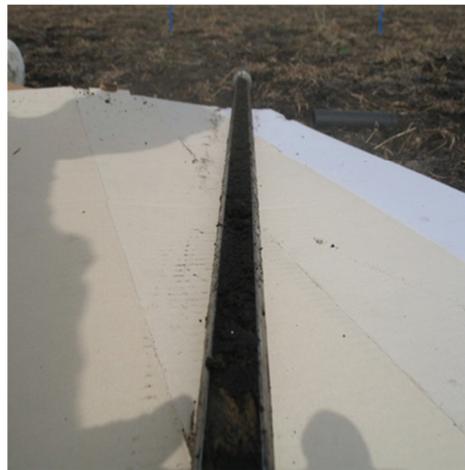


Abb. 8: Bohrstabprofil mit Übergang zur Tonschicht; Eigene Aufnahme

2.3.3 Fruchtfolge

Die Fruchtfolge auf der Fläche sieht vor, dass 2-jährig Ackergras angebaut wird und danach Silomais. Dies beinhaltet viele Arbeitsschritte, bei denen der Boden aufgelockert wird und mit Sauerstoff in Kontakt kommt. Aufgrund dessen setzt ein Torfabbau ein, der zur Torfsackung führt.

Das folgende Kapitel wird nun auf die Versuchsanlage eingehen, sie beschreiben und ausführlich darstellen.

2.4 Versuchsplan

Der Versuch umfasste 6 unterschiedliche Varianten der Düngung (Abb. 8). Vor der Versuchsetablierung ist die Ackerfläche einheitlich mit 14 m³/ha Rindergülle im November 2010, NPK 12/12/12 2 dt/ha, 40er Kali 3 dt/ha und 1,8 dt/ha Harnstoff im März 2011 gedüngt worden. Die Nährstoffverfügbarkeiten (Tab.6) sind

dem Unterpunkt 2.5 zu entnehmen. Hauptaugenmerk ist auf die Mikronährstoffdüngung gelegt worden. So gibt es jeweils 3 verschiedene Düngungsvarianten zu den Spurennährstoffen und 3 Varianten zur Makronährstoffdüngung, wobei sich diese Varianten nur unterscheiden zwischen Unterfußdüngung oder keine Unterfußdüngung (Tab.4).

Richtung: Feldinnenseite

5	1	2	3	4	0
0	4	3	2	1	5
5	2	1	4	3	0
0	3	4	1	2	5

Richtung: Vorgewende

Abb. 9: Versuchsplan; Eigene Darstellung

Um Ergebnisse zu bekommen, die eine Unterfußdüngung nichtig machen könnten, wurden die Varianten 0 und 5 in den Versuch etabliert. Die Variante 0 hat zudem keine Mikronährstoffapplikation bekommen. Hier ist der Mais also ohne jegliche Düngung durch die Vegetation gegangen. Bei Variante 5 wurden 2 YaraVita™ Produkte appliziert. Das wäre zum einen, das YaraVita™ Getreide mit einer Aufwandmenge von 2 l/ha, das am 26.05.2011 angewendet worden ist und das YaraVita™ Mais mit der Aufwandmenge von 5 l/ha, das am 11.07.2011 appliziert wurde.

Die Varianten 1-4 haben alle eine Unterfußdüngung mit 1 dt/ha Diammonphosphat (DAP) und 0,3 dt/ha schwefelsaures Ammoniak(ssA) bekommen. Das ssA sollte die Rhizosphäre ansäuern, damit andere Nährstoffe wie Phosphor, Magnesium, Kupfer, Zink und Weitere leichter verfügbar sind. Einige Wissenschaftler berichten von einer besseren P- Aufnahme des Maises, als Folge der pH- Ab-

senkung der Rhizosphäre durch eine Applikation von AHL, welches ebenfalls wie ssA versauernd wirkt und daher die Anwendung rechtfertigt¹¹.

Variante 1 ist die Kontrolle für Varianten mit Mikronährstoffdüngung und Unterfußdüngung, die da wären Variante 2-4. Sie hat nur eine Unterfußdüngung bekommen. Variante 2 ist unter Fuß gedüngt und zusätzlich wurde wie in Variante 5 YaraVita™ Getreide mit einer Aufwandmenge von 2 l/ha am 26.05.2011 appliziert.

Die Variante 3 wurde ebenfalls mit einer Unterfußdüngung versehen, hat aber im Gegensatz zu Variante 2 das YaraVita™ Mais verabreicht bekommen mit einer Aufwandmenge von 5 l/ha am 11.07.2011.

Variante 4 ist unter Fuß gedüngt und hat beide YaraVita™ Präparate appliziert bekommen.

Tab. 4: Düngungsvarianten; Eigene Darstellung

0	Kontrolle ohne Unterfußdüngung/Blattdüngung
1	1dt/ha DAP + 0,3dt/ha SSA
2	1dt/ha DAP + 0,3dt/ha SSA + 2l/ha YV Getreide
3	1dt/ha DAP + 0,3dt/ha SSA + 5l/ha YV Mais
4	1dt/ha DAP + 0,3dt/ha SSA + 5l/ha YV Mais + 2l/ha YV Getreide
5	5l/ha YV Mais + 2l/ha YV Getreide (ohne Unterfußdüngung!)

Im folgenden Unterpunkt 2.5 werden die Gehalte der Dünger und Düngerpräparate an Nährstoffen dargestellt.

2.5 Düngepräparate

In Tab.6 stehen alle Gehalte der verwendeten Düngepräparate des Versuches. Außerdem wurden die Gehalte für die entsprechenden Anwendungen und die daraus folgenden Nährstoffverfügbarkeiten berechnet. Varianten mit Unterfußdüngung¹² haben zur vorherigen Düngung zusätzlich 24,3 kg/ha N aus DAP und ssA gedüngt bekommen, sowie 46 kg/ha und 24 kg/ha S. Aufgrund der sauren Wirkung der Düngemittel wurde ein negativer Kalkwert von – 56,9 kg/ha CaO erreicht. Dieser bewirkt eine bessere Verfügbarkeit der Nährstoffe für den Maisbestand.

Bei den Varianten 2, 4 und 5 ist zusätzlich eine Blattdüngung mit 2 l/ha YaraVita™ Getreide erfolgt. Deshalb standen zur normalen Düngung noch 122 g/ha N,

¹¹JUNGK, (1982); MARSCHNER (1983) u. (1985) und STEFFENS (1987); JUNGK und CLAASEN (1989) zit. bei BERGMANN et.al. (1993); S.116

¹² Ersichtlich in Kap. 2.4

0,520 kg/ha MgO, 0,100 kg/ha Cu, 0,160 kg/ha Zn und 0,260 kg/ha Mn zur Verfügung.

In den Varianten 3 - 5 sind 5 l/ha YaraVita™ Mais zur Anwendung gekommen. Auf die Standarddüngung sind so 1 kg/ha P, 0,3kg/ha K, 3,35 kg/ha MgO und 0,230 kg/ha Zn hinzugekommen.

Tab. 5: Düngungsmaßnahmen vor der Versuchsetablierung; Eigene Darstellung

Nov. 2010	Rindergülle	14 m ³ /ha
Mrz. 2011	NPK 12/12/12	2 dt/ha
	40er Kali	3 dt/ha
	Harnstoff	1,8 dt/ha

Tab. 6: Düngemittelaufwand; Eigene Darstellung

Dünger	N	P	K	S	CaO	MgO	Cu	Zn	Mn	
Vordüngung										
Rindergülle	4	0,9 *	4,8 **			0,9				kg/m ³ FM
	56	12,2	67,4			12,6				kg/14m ³ FM
NPK 12/12/12	12	12	12		-12					kg/dt
	24	24	24		-24					kg/2 dt
40er Kali			40	4		6				kg/dt
			120	12		18				kg/3 dt
Harnstoff	46				-46					kg/dt
	82,8				-82,8					kg/1,8 dt
Nährstoffverfügbarkeit (V.0)	162,8	36,2	211,4	12	-106,8	30,6				kg/ha
Unterfußdüngung										
DAP	18	46			-38					kg/dt
SSA	21			24	-63					kg/dt
	6,3			7,2	-18,9					kg/0,3 dt
Nährstoffverfügbarkeit (V.1)	187,1	82,2	211,4	19,2	-163,7	30,6				kg/ha
Blattdünger										
YaraVita™ Getreide	0,61					0,26	0,05	0,08	0,13	kg/l
	1,22					0,52	0,1	0,16	0,26	kg/2 l
Nährstoffverfügbarkeit (V.2)	188,3	82,2	211,4	19,2	-163,7	31,12	0,1	0,16	0,26	kg/ha
YaraVita™ Mais		0,2 *	0,6 **			0,67		0,046		kg/l
		1,0	3,1			3,35		0,23		kg/5 l
Nährstoffverfügbarkeit (V.3)	187,1	83,2	214,5	19,2	-163,7	33,95		0,23		
Nährstoffverfügbarkeit (V.4)	188,3	83,2	214,5	19,2	-163,7	34,47	0,1	0,39	0,26	kg/ha

* Umrechnungsfaktor P₂O₅ auf P: 0,436 (LWK Niedersachsen et.al. 2007; S.15)

** Umrechnungsfaktor K₂O auf K: 0,83

Rindergüllegehalte aus LIZ-Online

Ursprünglich handelte es sich bei den Gehalten an P und K in der Rindergülle um P₂O₅ und K₂O. Zum besseren Vergleichen und Rechnen (Tab.6), sind die Gehalte mit den dazugehörigen Umrechnungsfaktoren auf P und K umgerechnet. Der Gehalt an P₂O₅ beträgt in der Gülle 2,0 kg/m³ FM. Dieser wurde mit dem Faktor 0,436¹³ multipliziert. Der Gehalt an K₂O ist mit 5,8 kg/m³ FM angegeben und wurde mit dem Faktor 0,83¹¹ multipliziert, um auf den K-Gehalt zu ermitteln zu

¹³ LWK-Niedersachsen: Pflanzenbau und Pflanzenschutz Empfehlungen 2007

können. Ebenso musste dies für YaraVita™ Mais erfolgen. Hier liegen die Gehalte für P_2O_5 bei 0,44 kg/l und für K_2O bei 0,075 kg/l.

Die Tabelle ist chronologisch aufgebaut, so stehen Varianten ohne Unterfußdüngung oben, die Variante 4 folglich am Ende, da diese alle Düngungsmaßnahmen bekommen hat.

Auf Variante 0 wurden so 162,8 kg N/ha, 36,2 kg P/ha, 211,4 kg K/ha, 12 kg S/ha, -106,8 kg CaO/ha und 30,6 kg MgO/ha ausgebracht.

Zum Vergleich hat die Variante 4, 188,3 kg N/ha, 83,2 kg P/ha, 211,7 kg K/ha, 19,2 kg S/ha, -163,7 kg CaO/ha, 0,1 kg Cu/ha, 0,39 kg Zn/ha und 0,26 kg Mn/ha, zur Verfügung gehabt.

2.6 Bodenproben

Angesichts der doch sehr hohen Düngungsintensität, wurden am 11.05.2011 im Versuch Bodenproben gezogen. Diese sollten Anhaltspunkte zu den aktuellen N-min-, S-min-, P_2O_5 - und K_2O - Gehalten liefern.

Um eine repräsentative Mischprobe aus 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm zu erhalten, wurden auf jeder Waagerechten und Diagonalen 10 Einstiche mit einem Bohrstab gemacht (Abb.10).

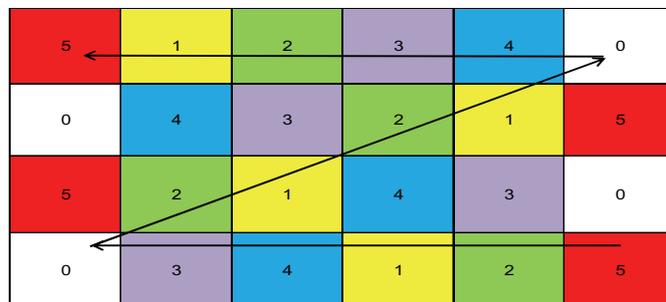


Abb. 10: Probennahme; Eigene Darstellung

Die Bodenproben wurden zur LUFA-Rostock gesandt, um eine Nährstoffuntersuchung durchführen zu lassen.

Dabei sind Gehalte wie 857 kg N/ha pflanzenverfügbar im Boden ermittelt worden. Diese Anhäufung an N ist aus Umweltsicht katastrophal. Zudem verfügt der Mais als C4- Pflanze, aufgrund der höheren Bildung von PEP-Carboxylase, zu Lasten der RUBISCO- Bildung (Ribulose-1,5-bisphosphat-carboxylase/-oxygenase), über einen äußerst effizienten Stickstoffhaushalt, mit dem Höchstserträge von 800 dt/ha FM bereits mit 240 kg N/ha erbracht werden kön-

nen¹⁴. Das Verhältnis von N:1 Molekül PEP- Carboxylase liegt bei 1:4, wiederum das Verhältnis bei Bildung von RUBISCO bei 4:1, die bei C3-Pflanzen vorherrschend gebildet wird. So haben Wissenschaftler den Entzug an N für 100 dt/ha Mais-FM, bzw. den Entzug an N für eine Dezitonne Maisfrischmasse gemessen. Dabei wurden folgende Ergebnisse ermittelt: für 100 dt Mais-FM muss der Mais 30-40 kg N/ha aufnehmen, bzw. 0,38 kg N/dt Mais-FM. Diese Werte können heran gezogen werden, um den Düngebedarf zu ermitteln, unter Berücksichtigung der schon angesprochenen N-min Werte. Es würde sich also für die angesprochenen 800 dt/ha FM ein N Entzug von 240 - 320 kg N/ha bzw. 304 kg N/ha ergeben. Zum Vergleich dient Winterweizen, der 2,6 kg N/dt FM aufnimmt. Man kommt dann bei Annahme eines Gesamtertrages (Korn incl. Stroh) von 100 dt/ha auf einen Stickstoffentzug von 260 kg/ha.

Bei Annahme der deutlich höheren Mineralisationsrate auf dem Niedermoor im Vergleich mit einem Mineralboden zeigt sich, dass eine N-Düngung überflüssig erscheint. In Untersuchungen von KUNTZE; ROESCHMANN und SCHWERDT-FEGER (1988; S.476) heißt es, dass auf einer Niedermoor-schwarzkultur bis zu 1600 kg N/ha a mineralisiert werden können. Auf so einen hohen Wert ist die hier vorliegende Untersuchung nicht gekommen, aber der Trend ist klar definiert. Womöglich wären noch höhere Mineralisationsfreisetzungen an N möglich gewesen, wenn es nicht zu den Staunässeereignissen gekommen wäre. Die starke N-Sperre trägt ebenfalls zur Minderung der N- Freisetzung bei. In Anbetracht dessen, dass es sich um einen Grünlandumbruch handelt, sind hohe N-min, sowie S-min- Gehalte durch das sehr starke Bodenleben nicht verwunderlich. In einer Tiefe von 30-60 cm lagen bereits 275 kg N/ha und weitere 582 kg N/ha sind im Bodenhorizont von 30-90 cm nachgewiesen worden.

Also kann resümiert werden, dass eine Auswaschung aufgrund der Tonschicht auf 90 cm Tiefe eher nicht passiert, dadurch gibt es eine hohe Anreicherung an N im Boden.

¹⁴ LÜTKE-ENTRUP u. OEHMICHEN et.al. (2000) nach FRÜCHTENICHT et.al. (1993); Band 2; S.414
DIEPENBROCK; ELLMER u. LÉON et.al. (2004) nach SCHILLING et.al. (2000); S.86

Tab. 7: N-min Untersuchung nach VDLUFA; LUFA Rostock

SBA-Nr.	Probenahme/Eing.-Datum	Probe-Nr./Feld-Nr. Bezeichnung Bodenart / Feldgröße ha	Kultur / Ertrags- erwartung Sorte dt/ha	leichtlös. Bodenstickstoff					Düngungs- Empfehlung			
				Boden- tiefe cm	NO3	NH4	N- min	Zu- bzw. pflan- Abschlag zenver- fügbar	1a	1b	2.	
				kg N/ha					kg N/ha			
932	070711 070711	1 / Albrecht mittel / 5,00	keine Angabe	Gesamt	824	33	857	0	857	0	0	0
				0-30	267	8	275					
				30-60	309	14	323					
				60-90	248	11	259					
Bemerkungen: 60 (siehe Legende)												

Ähnliches ist bei der S-min Untersuchung in der Tabelle 8 herausgekommen. Auch hier sind Werte ermittelt worden, die mit den bei der LUFA normalen Verfahren nicht mehr nachgewiesen werden konnten. Die ermittelten Werte waren einfach exorbitant zu hoch. Durch die Bodengegebenheiten zählt Gleiches wie für den ermittelten N- min Gehalt, nämlich dass es eine Anreicherung an S gibt. So konnten in allen drei Messhorizonten Werte über 999 kg S/ha nachgewiesen werden. Der Mais hat hingegen nur einen geringen S-Anspruch, sodass er keine Kultur ist, die zumindest einen Teil des Schwefels binden könnte. Nach Nährstoffaufnahmeversuchen verschiedener Wissenschaftler, nimmt der Mais pro 100 dt FM 3-5 kg S/ha auf¹⁵. Hochgerechnet auf den angenommenen Ertrag von 800 dt/ha Mais-FM sind dies 24-40 kg S, die der Mais unter normalen Bedingungen aufnimmt.

Tab. 8: S-min Untersuchung nach VDLUFA; LUFA Rostock

SBA-Nr.	Probenahme/Eing.-Datum	Probe-Nr./Feld-Nr. Bezeichnung Bodenart / Feldgröße ha	Kultur / Ertrags- erwartung dt/ha	leichtlös. Bodenschwefel			Soll- wert kg S/ha	korr. Soll- wert kg S/ha	Düngungs- Empfehlung kg S/ha
				Boden- tiefe cm	S- min	Zu- bzw. pflan- Abschlag zenver- fügbar kg S/ha			
932	070711 070711	1 / Albrecht mittel / 5,00	Sonstige	Gesamt	>999	0	>999	0	0
				0-30	>999				
				30-60	>999				
				60-90	>999				
Bemerkungen: 60 (siehe Legende)									

Diesen hohen Werten bei N-min und S-min steht ein sehr geringer P₂O₅-Gehalt im Boden gegenüber. Auch K₂O und Cu sind zu betrachten, da die Gehalte an ihnen im Boden zwar noch in die Gehaltsklasse C der VDLUFA hineinfallen, aber eher im unteren Drittel etabliert sind.

¹⁵ LÜTKE-ENTRUP u. OEHMICHEN et.al. (2000) nach FRÜCHTENICHT et.al. (1993); Band 2; S.414

Der Sollwert für P_2O_5 liegt bei 4-5,9 mg/100g Boden und der IST-Wert weist aber nur 2,5 mg/100g Boden auf (Tab.10). Dies entspricht der Einstufung A der Gehaltsklassenzertifizierung nach VDLUFA. Bei K_2O liegt der Sollwert bei 13-16 mg/100g Boden, der IST-Wert bei 14,25 mg/100g Boden.

Der mangelnde K_2O - Gehalt ist geogen bedingt.

Aufgrund der hohen N-Gehalte kommt es ebenfalls oft zu Cu-Mangel, dies konnte aber im Wachstumsverlauf des Maises nicht diagnostiziert werden.

Tab. 9: Nährstoffempfehlungen nach Gehaltsklasse C nach VDLUFA [2]; Eigene Darstellung

Gehaltsempfehlungen für Niedermoor		mg/100g lufttrockenen Boden			mg/kg lufttrockenen Boden		mg/l Boden in natürlicher Lagerung
	pH-Wert	P_2O_5	K_2O	Mg	Cu	Zn	Mn
SOLL	4,3	4-5,9	13-16	8-10	2-4	0,6-1,5	10-20
IST	7,2	2,5	14,25	33,7 *	2,2 *	3 *	32 *
Methode:	($CaCl_2$ -Methode nach SCHACHTS CHABEL 1954)	(DL-Methode nach EGNER-RIEHM 1940)			(HNO_3 -Methode nach WESTERHOFF 1955)	(EDTA-Methode nach TRIERWEIL ER und LINDSAY 1971)	(Methode Sulfit-pH 8 nach SCHACHTS CHABEL 1957)

* IST-Wert von 2008

Zum besseren Verständnis der Sachverhalte dient Abbildung 10. Hier wird die Abhängigkeit zwischen der Nährstoffverfügbarkeit und dem pH-Wert bei organischen Böden verdeutlicht. So werden die angesprochenen schlechteren Verfügbarkeiten von Phosphor und Kupfer erkenntlich gemacht.

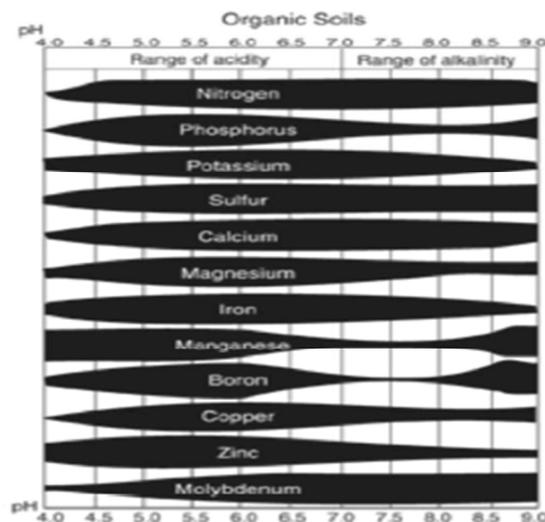


Abb. 11: Nährstoffverfügbarkeit in Abhängigkeit vom pH-Wert für org. Böden; Ohio Agronomy Guide, 14th Edition, Bulletin 472-05 [3]

Ebenfalls ist eine Abnahme der Manganverfügbarkeit ab einem pH-Wert von 6,5 zu erkennen. Im ganzen Versuch konnte aber kein Manganmangel diagnostiziert werden, da der Bodengehalt an Mangan mit 32 mg/l Boden in natürlicher Lagerung deutlich über der Gehaltsklasseneinstufung C liegt. Durch reduzierende Prozesse wird Mn^{2+} freigesetzt und ist dem Pflanzenbestand verfügbar¹⁶.

Des Weiteren sind in der Literatur Angaben gemacht, dass unter normalen Bedingungen die Verfügbarkeit an Mn^{2+} auch abnehmen kann, da Bodenbakterien Mn^{2+} aufoxidieren zu Mn^{IV+} , dass den Pflanzen nur sehr schwer verfügbar ist¹⁷.

Im folgenden Abschnitt wird es um die Berechnung der Aufwandmengen an Blattdüngern und den Wasserbedarf gehen.

2.7 Berechnung der Aufwandmengen

Die Berechnung der Aufwandmengen bezieht sich auf die Empfehlungen der YARA GmbH. So wird für YaraVita™ Getreide eine Aufwandmenge von 2 l/ha und für YaraVita™ Mais 5 l/ha angegeben. Da die Größe der Plots (Zellen) bekannt war mit 36 m² konnte die Menge an Düngepräparaten berechnet werden. So ergaben sich 0,0072 ml/Plot YaraVita™ Getreide und 0,018 ml/Plot YaraVita™ Mais.

Jedes Mittel wurde auf 12 Plots ausgebracht. Der berechnete Gesamtmittelaufwand betrug 0,0864 ml YaraVita™ Getreide und 0,216 ml YaraVita™ Mais.

Nach demselben Muster errechnete sich der Wasserbedarf. Die Düngepräparate wurden mit 200 l Wasser/ha ausgebracht. Die Ausbringung erfolgte mit einer handelsüblichen Rückenspritze.

Tab. 10: Blattdüngerbedarf; Eigene Darstellung

Mittelbedarf		
YV Getreide (12 Plots)	0,0864	ml
Pro Plot	0,0072	ml
pro Spritze (6 Plots)	0,0432	ml
YVMais (12 Plots)	0,216	ml
Pro Plot	0,018	ml
pro Spritze (6 Plots)	0,108	ml

Tab. 11: Spritzwasserbedarf; Eigene Darstellung

Wasserbedarf		
24 Plots		
Ges. Wasserbedarf	17,28	l
YV Getreide	12 Plots	
Wasserbedarf	8,64	l
pro Plot	0,72	l
pro 6 Plots	4,32	l
YV Mais	12 Plots	
Wasserbedarf	8,64	l
pro Plot	0,72	l
pro 6 Plots	4,32	l

¹⁶ MORAGHAN et.al. (1979) zit. bei BERGMANN (1993); S.282

¹⁷ BROMFIELD et.al. (1978) zit. bei BERGMANN (1993); S.282

2.8 Pflanzenproben

Während der Vegetation des Maises erfolgten zu verschiedenen Wachstumsabschnitten Blattprobennahmen. Diese sollten Auskunft über den Ernährungszustand der Pflanzen geben, um weitere Schlüsse aus dem Versuch ziehen zu können. Zur Probennahme sind nur Blätter aus dem oberen Drittel der Pflanzen genommen worden, da ältere Blätter oft schon seneszent sind und dadurch sichtbaren Nährstoffmangel aufweisen. Der optische Mangel zeigt sich in einer rötlichen, violetten bis tiefpurpuren Färbung der Blätter und Stängel¹⁸ (Abb. 11/12). Des Weiteren werden die Kornreihen am Kolben unregelmäßig besetzt¹⁹. Jüngere Blätter zeigen zwar ein verhaltenares Wachstum, sehen aber optisch gesund aus. Um hier einen Nachweis über Nährstoffmangel zu bekommen, sind die Blattproben ein wichtiger Bestandteil des Versuchs gewesen.

Jede Probe bestand aus 10 Blättern, die wahr los von unterschiedlichen Pflanzen gezogen worden sind, aber natürlich nur innerhalb der Varianten (Kap. 2.4).

Nur die die markantesten Boniturtermine sind zur Nährstoffuntersuchung heraus gesucht worden, um wirkliche Unterschiede zwischen den einzelnen Terminen feststellen zu können.

Am 08.06.2011 fand die erste Bonitur statt, bei der eine Untersuchung des Probenmaterials durchgeführt wurde. Die nächsten Bonituren waren am 10.07.2011, 01.08.2011 und die Schlussbonitur erfolgte am 22.08.2011.

Zur Konservierung des Probenmaterials wurde ein Trockenschrank verwendet, der 48 Stunden bei 100°C arbeitete. Während des Trocknungsprozesses befanden sich die Blattproben in Lochtüten. Anschließend wurden die Proben mit Hilfe einer Schlagmühle auf 0,1 mm große Teilchen zerkleinert. Die letztliche Nährstoffuntersuchung machte die YARA GmbH, nach den Untersuchungsmethoden der VDLUFA.

Zur Bestimmung der Nährstoffgehalte im Ernteprodukt, wurde aus jedem Plot eine Ganzpflanzensilageprobe genommen. Mit Hilfe eines Laborhäckselers konnten die Maispflanzen zerkleinert werden, sodass das Endprodukt aussah wie eine Silage. Die Trocknung erfolgte in Lochtüten gefüllt mit Hilfe eines Trockenschrankes, der auf 60°C gestellt 48 Stunden lief. Aufgrund der Denaturierungsgefahr des Eiweißes und der Stärke, durfte die Temperatur nicht höher gewählt werden. Diese beiden Stoffe werden zur Energie- (gemessen in Megajoule Netto-Energie-Laktation (MJ NEL)) und Stärke- Gehaltsbestimmung der Silage benö-

¹⁸ BERGMANN et.al. (1993); S.117

¹⁹ BERGMANN et.al. (1993), s.a. SCHLEGEL et.al (1992), S.118

tigt. Bei der Trocknung ist leider ein Fehler bei der Temperaturwahl unterlaufen, sodass die genannten Nachweise nicht getätigt werden konnten.

Die Untersuchung der Proben fand ebenfalls, wie die der Blattproben, bei der YARA GmbH statt. Zum Nachweis der Nährstoffe wurden die von der VDLUFA angewandten Methoden benutzt.



Abb. 12: P-Mangel am 10.07.2011; Eigene Aufnahme



Abb. 13: P-Mangel am 22.08.2011; Eigene Aufnahme

2.9 Wachstumsverlauf

Aufgrund der widrigen Witterung war der Wachstumsverlauf des Maises im Jahr 2011 auf dem gewählten Niedermoorstandort nicht optimal. Dazu haben das Wetter, der Saatzeitpunkt und die reduzierenden Prozesse im Boden maßgeblich beigetragen.

In der folgenden Tabelle (Tab.12) sind die einzelnen Termine des Erreichens eines Entwicklungsstadiums (BBCH-Stadium) dargestellt.

Tab. 12: BBCH-Stadien; Eigene Darstellung

BBCH-Stadium	Datum
Saat	02.05.2011
Auflaufen	12.05.2011
EC 12	16.05.2011
EC13	21.05.2011
EC 14	25.05.2011
EC 18	14.06.2011
EC 20-22	01.07.2011
EC 34	10.07.2011
EC 63	01.08.2011
EC 71	22.08.2011
EC 86	20.09.2011

Um Informationen über die einzelnen Stadien zu bekommen, ist Tab.14 im Folgenden hinterlegt.

Die Aussaat des Maises erfolgte am 02.05.2011. Bereits am 12.05.2011 ist der Bestand aufgelaufen. Zu dieser Zeit waren die Bedingungen für den Mais noch optimal. Bei der Auszählung der aufgelaufenen Pflanzen wurde ein Wert von 8,1 Pfl./m² am 18.05.2011 ermittelt. Eine weitere Auflaufkontrolle am 25.05.2011 erbrachte einen Wert von 8,4 Pfl./m², bei einer Aussaatstärke von 8,61 Kö./m². Aus den beiden Auszählungen ergab sich ein Feldaufgang von 96 %²⁰.

Im Verlaufe der Entwicklung kam es immer wieder zu starken Niederschlagsereignissen. Dadurch ist es zu den schon oben genannten reduzierenden Bedingungen gekommen, die das Wachstum des Maises maßgeblich behinderten. Die Wahl einer frohwüchsigen Sorte mit dem Ayrro [4], konnte diesen Bedingungen kein Paroli bieten. Der Bestand entwickelte sich nur langsam. So erreichte der Mais am 10.07.2011 erst BBCH Stadium 34.

Die restliche Entwicklung machte der Bestand in einem schnellen Tempo. Dieses Verhalten ist dem Reifetyp geschuldet. Bei der Sorte Ayrro [4] ist die Abreife früh

²⁰ Berechnung nach KWS

determiniert. Demzufolge setzte die Seneszenz ein, bevor der Bestand einen guten Ertrag aufbauen konnte. Ein guter Ertrag liegt auf diesem Standort etwa in der Größenordnung von 200-250 dt/ha TM.

Ein anderer Grund für die Einleitung der Seneszenz, war die Tatsache das der Mais ab Ende Juli im Wasser regelrecht „schwamm“. Aufgrund dessen bekam das von vornherein mangelnde Wurzelsystem Nässestress und stellte die Nährstoffaufnahme ein. Folge war eine unterschiedliche Abreife, da P-Mangel die Reife verzögert²¹. Durch diesen Sachverhalt sind auch die unterschiedlichen TM-Gehalte in der Silage erklärbar.

Durch die anhaltenden Nässeperioden verbesserte sich zwar die Mikronährstoffverfügbarkeit, insbesondere an Mn und Fe. Doch diese konnten vom Maisbestand nicht aufgenommen werden²². Ebenso wurde die Verfügbarkeit an Cu und Zn besser. Diese bilden oft Komplexverbindungen mit Mn und Fe, die aber durch reduzierende Bodenprozesse zerfallen.

Stickstoff konnte wegen der besagten N-Sperre und des mangelhaften Wurzelsystems nicht genügend aufgenommen. Bei einer N-Sperre wird NH_4^+ (Ammonium) weniger NO_3^- (Nitrat) von Mikroorganismen zum Körpereweißaufbau genutzt. Eine andere Möglichkeit ist der Einbau des Stickstoffs in Huminstoffe. Die Fixierungen dauern zwischen einigen Monaten und im Fall des Einbaus in Huminstoffe sogar einige Jahre an²³. Beide Mechanismen kommen auf diesem Standort zum Tragen. Des Weiteren spielt der Vorgang der Denitrifikation eine untergeordnete Rolle. Hier wird hauptsächlich Lachgas (N_2O) freigesetzt, dass aus NO_3^- -N entsteht. Geschätzt wird aufgrund der Witterungsverläufe, dass etwa 40-60 kg N/ha entgast sind. Bei der Schwefeldynamik gibt es solch einen Vorgang ebenfalls. Hier wird vorwiegend SO_4 (Sulfat) zu H_2S (Schwefelwasserstoff) reduziert (Desulfurikation). Diesem Vorgang wird aber in der Literatur keine große Beachtung erteilt. Beide Prozesse Denitrifikation und Desulfurikation laufen unter anaeroben Bedingungen ab, sodass davon ausgegangen werden kann, dass sie stattgefunden haben.

Die entgasten Moleküle gelten als relevante Treibhausgase^{24u.25}.

In den Abb.15-23 sind klare Blattaufhellungen zu erkennen, die auf einen Schwefelmangel hinweisen. Dieser kann nicht von der Desulfurikation herrühren, sondern eher vom spärlichen Wurzelsystem. Da Schwefel meistens in Gips (CaSO_4)

²¹ BERGMANN et.al. (1993); S.115

²² BAD (2007); S.16

²³ LÜTKE-ENTRUP u. OEHMICHEN et.al. (2006); Band 1; S.458

²⁴ BAD: Stickstoff et.al. (n.b.); S.13

²⁵ LÜTKE-ENTRUP u. OEHMICHEN et.al. (2006); Band 1; S.474

gebunden ist und dieser leichtlöslich im Boden zirkuliert, ist die Annahme wahrscheinlicher. Eher eine untergeordnete Rolle spielt auf diesem Standort, die Bindung von Schwefel in Sulfiden mit Eisen, Kupfer usw.²⁶.

Das Wurzelsystem erreichte kaum Tiefgang (bis 30 cm) und bildete kaum Haarwurzeln, die für die Nährstoffaufnahme am wichtigsten sind. Normal beginnt der Mais mit einem Wurzelsystem in der Jugendphase, welches dem entspricht, dass gerade für den erntereifen Bestand erläutert wurde. Jedoch im Hauptwachstum bildet er ein verzweigtes und tiefer gehendes System an Wurzeln aus (Abb.14).

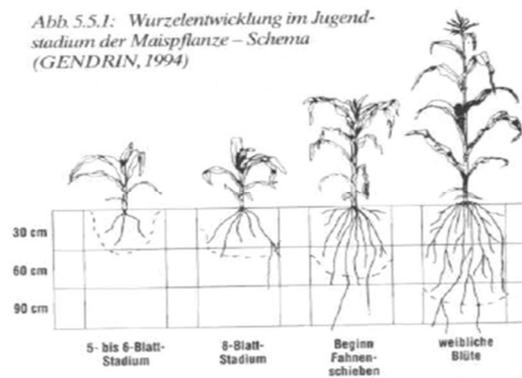


Abb. 14: Wurzelentwicklung des Maises; LÜTKE-ENTRUP u. OEHMICHEN et.al. (2006); Band 2; S.413

Tab. 13: Beschreibung der Maisstadien; S. Leivermann/ LWK NRW; PSD Münster [6]

Code	EC Stadium	Beschreibung
0 Keimung	0-9	Keimung bis Auflaufen
1 Blattentwicklung	10	1. Laubblatt aus Kolooptile ausgetreten
	11	1. Laubblatt entfaltet
	12	2. Laubblatt entfaltet
	13- 19	3. Laubblatt entfaltet und mehr bis 19
3 Schossen (Haupttrieb)	30	Beginn des Längenwachstums
	31	1-Knoten-Stadium / 1. Stängelknoten wahrnehmbar
	32	2-Knoten-Stadium / 2. Stängelknoten wahrnehmbar
	39	9 und mehr Stängelknoten wahrnehmbar
5 Rispschieben	51	Beginn des Rispschiebens; Rispe in Tüte gut fühlbar
	53	Spitze der Rispe fühlbar
	60	Ende Rispschieben
6 Blüte	61	Beginn der Blüte; Spitze der Kolbenanlage erscheint
	63	Pollenschüttung beginnt; Narbenfäden werden sichtbar
	65	Vollblüte; Narbenfäden vollständig geschoben
	69	Ende der Blüte
7 Fruchtbildung	71	Beginn Kornbildung; Inhalt wässrig; ca. 16 % T im Korn
	75	Milchreife; Inhalt milchig; ca. 40 % T im Korn
	79	Maximale Korngröße erreicht
8 Reife	83	frühe Teigreife; Körner teigartig; ca. 45 % T im Korn
	85 – 87	Teigreife (=Siloreife); ca. 55 - 60 % T ; schwarzer Punkt am Korn
	89	Vollreife; Körner durchgehärtet und glänzend; ca. 65 % T im Korn
9 Absterben	97	Pflanzen abgestorben
	99	Erntegut

S. Leivermann/ LWK NRW, PSD Münster

Um die Entwicklung des Maises auch optisch nachvollziehen zu können, folgen nun einige Abbildungen. Diese zeigen die Entwicklungsstadien und Wetterextreme, die schon ein paar Mal Anklang in der Arbeit gefunden haben. Außerdem werden mit ihrer Hilfe die reduzierenden Prozesse verdeutlicht.

²⁶ WILLMS et.al. (2005); S. 16 [5]



Abb. 15: Versuch am 05.05.2011; Eigene Aufnahme



Abb. 16: Auflaufkontrolle des Maises am 18.05.2011; Eigene Aufnahme



Abb. 17: EC 14 am 26.05.2011; Eigene Aufnahme



Abb. 18: Versuch nach Starkregen-/Hagelereignis am 08.06.2011; Eigene Aufnahme



Abb. 19: EC 18/P-Mangel am 14.06.2011; Eigene Aufnahme



Abb. 20: EC 20-22/P-Mangel am 01.07.2011; Eigene Aufnahme



Abb. 21: EC 34 am 10.07.2011; Eigene Aufnahme



Abb. 22: EC 63 nach starken Regenfällen am 01.08.2011; Eigene Aufnahme



Abb. 23: EC 71 am 22.08.2011; Eigene Aufnahme

Zur graphischen Darstellung des Entwicklungsverlaufes, wurden die Wuchshöhen des Maises gemessen (Abb.24/25).

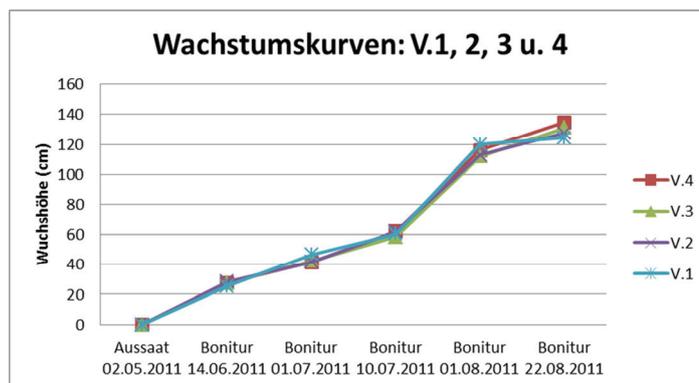


Abb. 24: Wachstumskurven der V.1, 2, 3 und 4; Eigene Darstellung

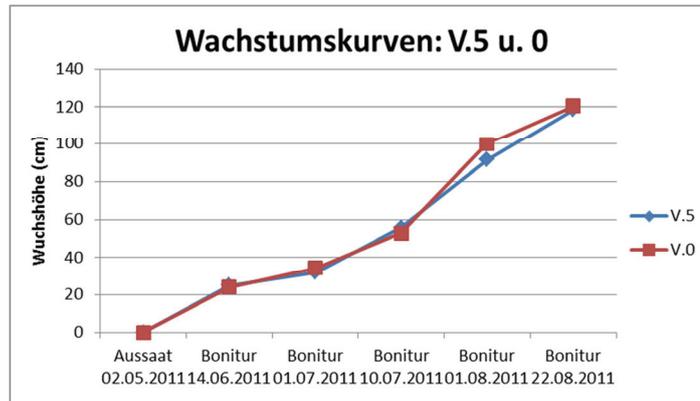


Abb. 25: Wuchskurven der V.5 und 0; Eigene Darstellung

Es ist ersichtlich, dass es keine großen Unterschiede in der Wuchshöhenentwicklung gab. Selbst wenn die Varianten 5 und 0 mit den unter Fuß gedüngten Varianten verglichen werden, kann nur ein marginaler Unterschied festgestellt werden.

Da jetzt der Wachstumsverlauf des Maisbestandes ausführlich beschrieben wurde, werden in Kap. 2.10 die Beerntung und die statistische Auswertung dargestellt.

2.10 Beerntung und statistische Auswertung

2.10.1 Ernte

Die Beerntung erfolgte am 20.09.2011. Zu diesem Zeitpunkt hatte der Mais das BBCH-Stadium 86 (Teigreife) erreicht. Um repräsentative Silageproben zu bekommen, wurden aus jedem Plotkern 80 Pfl. geerntet. Diese Erntemenge entsprach 10 m². Bei Division von 80 Pfl. durch 10 ist das Ergebnis 8 Pfl./m². Folglich ist die Beprobung auf einen Hektarbestand von 80000 Pfl. ausgelegt worden. Die einzelnen Maispflanzen wurden etwa 10 cm über dem Boden abgeschnitten. Mit einer Zugwaage, die max. 50 kg wiegen konnte, erfolgten die Wägungen der einzelnen Ploternteprodukte.

Zur späteren TS-Ertragsbestimmung und dem Nährstoffnachweis sind jeweils 16 Pfl./Plot mitgenommen worden ins Labor.

Die Präparierung der Silageproben, erfolgte wie schon unter Kap.2.8 erläutert. Zur Wägung des Trockenmasseertrages ist aber noch zu sagen, dass die Proben einmal gewogen wurden bevor sie in den Trockenschrank kamen, um später die Differenz zur Frischmasse berechnen zu können.

Des Weiteren fand nicht nur eine Ermittlung der Erträge statt, sondern auch die Stängeldurchmesser der einzelnen Varianten sind gemessen worden (Kap. 2.10.2).

2.10.2 Stängeldurchmesser

Um weitere Ergebnisse neben den FM-Erträgen und dem TS-Ertrag zu erhalten, wurde der Stängeldurchmesser an 10 Pflanzen pro Plot mit einer Schiebelehre gemessen. Der Messpunkt war etwa 5 cm über dem bei der Ernte entstandenen Schnittpunkt.

Abbildung 26 zeigt eindrucksvoll den Unterschied zwischen dem Stängeldurchmesser der Variante 1 und der mit YaraVita™ Getreide gedüngten Variante 2. Für die restlichen Varianten mit Unterfußdüngung und Blattdüngung zeigt sich dasselbe Bild.

Bei der statistischen Auswertung (Kap.2.10.3), kamen für diesen Parameter interessante Ergebnisse zustande.



Abb. 26: Vergleich der Stängeldurchmesser von Variante 1 und 2; Eigene Darstellung

2.10.3 Statistische Auswertung

Bei der statistischen Betrachtung des Versuches wurde schnell klar, dass viele Parameter keine statistischen Signifikanzen aufweisen würden. Da wären zum einen die Erträge zu nennen und auch die Inhaltsstoffe der Pflanzenproben. Dies ist den schon beschriebenen Bedingungen im Jahr 2011 auf dem Standort zuzuschreiben.

Zur Auswertung selbst wurde das Computerprogramm EXCEL genutzt. Berechnet wurden bei allen Ergebnissen die Mittelwerte und Standardabweichungen. Die letztgenannten waren bei den Erträgen sehr hoch, sodass man nicht von absicherbaren Ergebnissen sprechen kann, wie die Diagramme unter Kap.3 bestätigen werden. Jedoch hatte die Variante 2 eine Standardabweichung die nach oben und unten nur um ca. 15 dt/ha Ertrag schwankte. Hier ist zu sagen, dass dieses Ergebnis höchstwahrscheinlich signifikant ist, aber aufgrund des kleinen Versuchsumfanges auch rein zufällig zustande gekommen sein kann.

Jedoch konnten die Ergebnisse der Stängeldurchmesser anhand einer Varianzanalyse signifikant abgesichert werden. Der P-Wert lag bei der Analyse unter 1%.

3 Ergebnisse

Bei den Darstellungen werden immer die Mittelwerte der Varianten präsentiert und deren Standardabweichung (Kap.2.10.3).

3.1 Biomasseerträge

Die Ganzpflanzensilageerträge (GPS) sind im Versuch sehr gering ausgefallen. In den folgenden Abbildungen werden die Frischmasseerträge, sowie auch die Trockenmasseerträge dargestellt.

Aufgrund der Witterung sind große Unterschiede bei den Frischmasseerträgen (Abb.27) heraus gekommen. Sie liegen zwischen 193,75 dt/ha (V.4) und 141,25 dt/ha (V.1). So kam es zu Ertragsschwankungen von bis zu 52,5 dt/ha. Bei Betrachtung von V.1 und V.0 fällt auf, dass die ungedüngte V.0 den höheren Ertrag erbracht hat. Der Differenzertrag liegt bei 45,75 dt/ha. Damit ist die Variante 0 nur knappe 6 dt/ha schlechter als V.4, die alle Düngungsapplikationen bekommen hat.

Erklärt werden kann das Phänomen nur mit der besseren Lage der Plots von Variante 0 innerhalb des Versuches. Eine weitere Erklärung liefern die reduzierenden Bedingungen im Boden. Dadurch sind die Düngemittel nicht zur vollen Wirkung gekommen. Insbesondere Phosphor in Form von DAP kam nicht zur Wirkung. Bei Stickstoff ist die Sache noch etwas anders zu betrachten, da es sich um einen Niedermoorstandort handelt, wird viel N nachmineralisiert, der aber aufgrund der N-Sperre zu großen Teilen nicht verfügbar wird. Dadurch hatten alle Varianten einschließlich V.0 die gleichen Bedingungen, da der zusätzlich gedüngte Stickstoff nicht zur Wirkung kam.

Des Weiteren lag der Ertragsunterschied zwischen V.2 und V.4 nur bei 12,5 dt/ha. Daraus kann entnommen werden, dass die Nährstoffkombination im YaraVita™ Getreide besser zu den Bedürfnissen des Maises gepasst hat. Variante 3, die nur mit YaraVita™ Mais behandelt wurde, liegt im Ertrag mit 164,25 dt/ha 17 dt/ha niedriger als V.2 und 29,5 dt/ha niedriger als V.4.

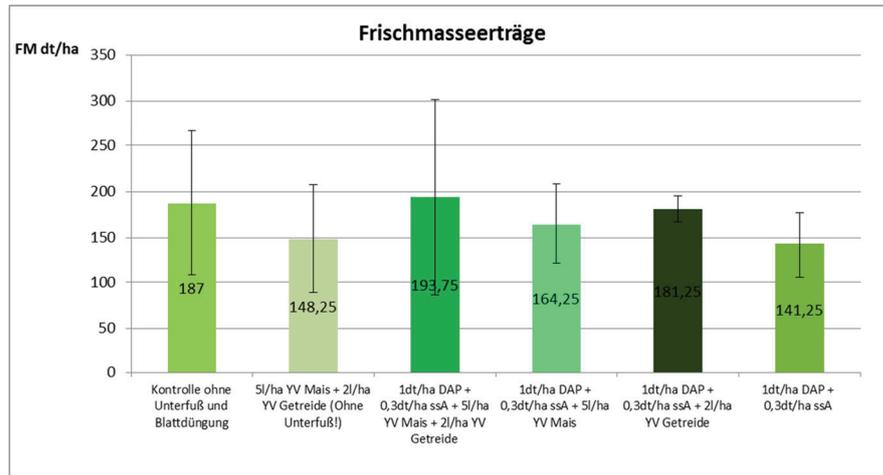


Abb. 27: FM-Erträge; Eigene Darstellung

Bei den Trockenmasseerträgen (Abb.28) zeigt sich dasselbe Bild wie bei den Frischmasseerträgen. Die Standardabweichungen sind insgesamt kleiner geworden, aber sind immer noch nicht statistisch absicherbar. V.2 zeichnet sich durch die geringste Standardabweichung aller Varianten aus. Hier kann von einer Signifikanz ausgegangen werden.

Die Trockensubstanzgehalte lagen zwischen 34% und 47% (Tab.14). Es gab nicht nur große Schwankungen zwischen den Varianten, sondern auch starke Unterschiede zwischen den einzelnen Plots einer Variante. So ist z.B. V.5 von TS-Gehalten zwischen 37% - 46% und V.2 mit einem Spektrum von 34% - 47% TS gekennzeichnet.

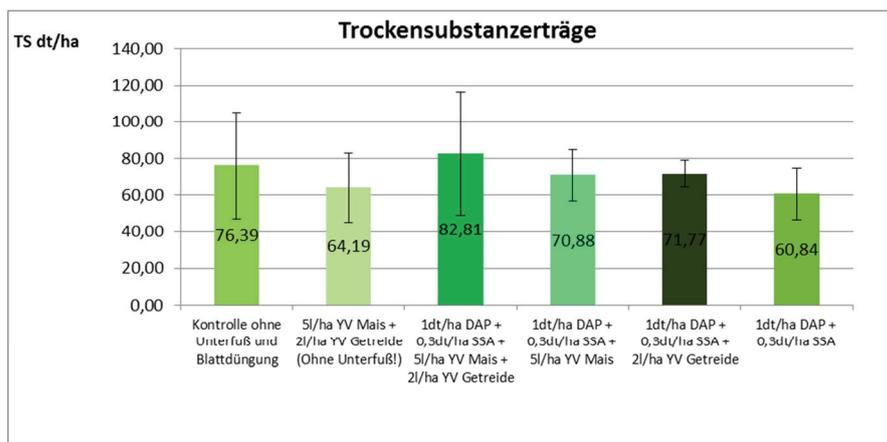


Abb. 28: TS-Erträge; Eigene Darstellung

Auf die TS-Gehalte in % wird an dieser Stelle nicht weiter eingegangen, da dies im oberen Abschnitt schon getan wurde. Zu ergänzen ist der Trend zwischen den Varianten mit Blattdüngung und den ohne Blattdüngung. Die mit Blattdüngung

haben im Schnitt (Tab.14) höhere Trockenmassegehalte. Warum dies so ist, wurde im Versuch nicht weiter untersucht.

Tab. 14: TS-Gehalte in % der einzelnen Plots u. Varianten; Eigene Darstellung

Varianten:	0	5	4	3	2	1
TM-Gehalt in %	39	41	47	46	35	44
	38	37	49	40	34	40
	38	42	37	39	46	44
	41	46	38	47	36	43

In Abb.29 sind die Frischmasseerträge und die Trockenmasseerträge gegenübergestellt. Standardabweichungen und Ertragsabnahmen der TM-Erträge bleiben im Vergleich zu den FM-Erträgen beinahe gleich.

Kap.3.2 wird die Makronährstoffaufnahmeverläufe der einzelnen Varianten nahelegen.

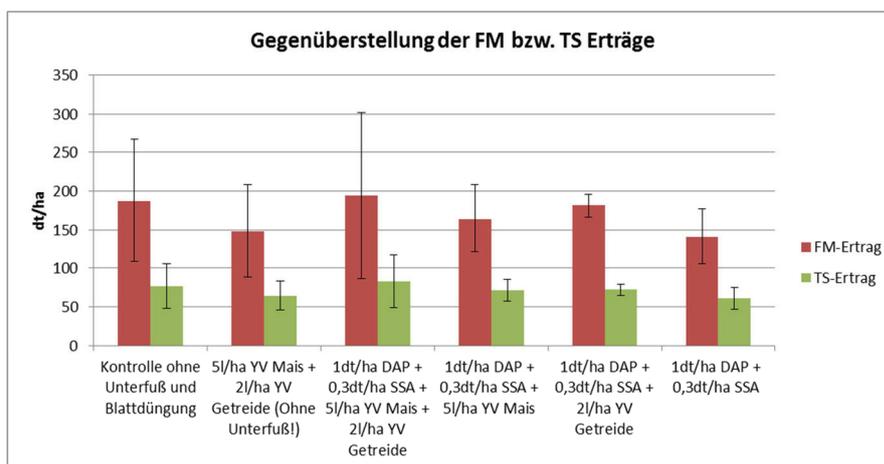


Abb. 29: Gegenüberstellung der FM bzw. TS Erträge; Eigene Darstellung

3.2 Makronährstoffgehalte der Blattproben

An den 4 Boniturterminen (Abb. 30/31) wurden Blattproben gezogen. Das Vorgehen bei der Blattprobennahme ist unter Kap.2.8 schon erläutert.

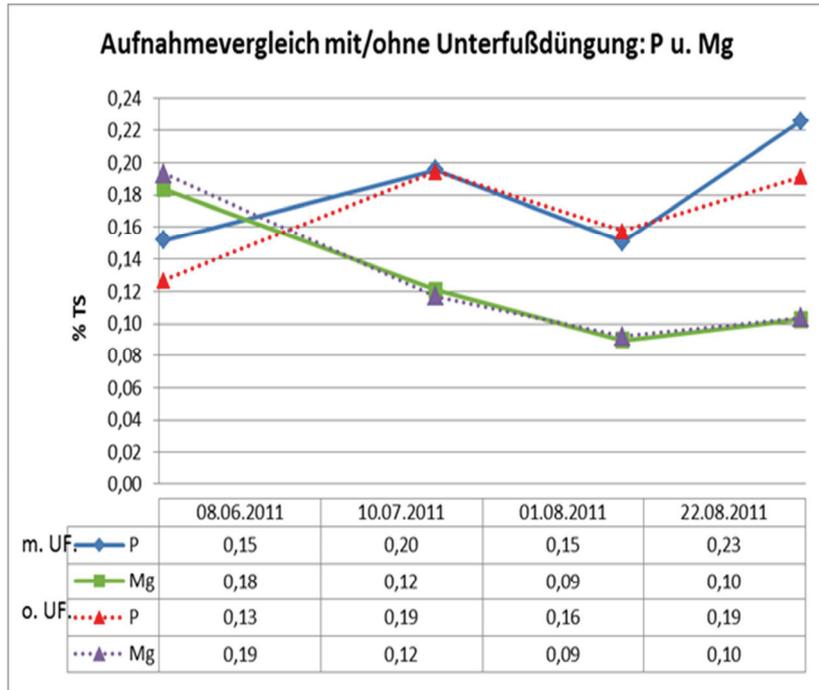
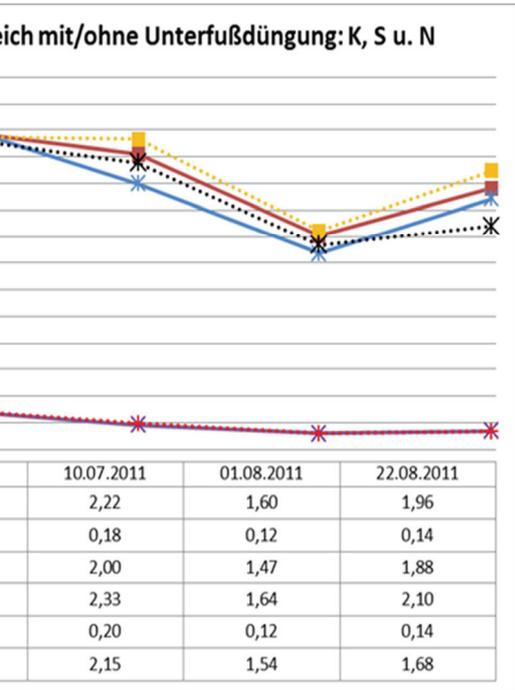
Die hier vorliegenden Verlaufskurven spiegeln das Nährstoffaufnahmeverhalten des Maises mit und ohne Unterfußdüngung wider. Große Unterschiede zwischen den Verlaufskurven der einzelnen Nährstoffe sind nicht festzustellen. Wie zu erwarten war, erreichten K und N die höchsten Anteile an der Trockensubstanz.

Hier lagen die Gehalte für die Variante ohne Unterfußdüngung bei 2,35 %K i.d.TS bzw. mit Unterfußdüngung bei 2,47 %K i.d.TS am 08.06.2011. Für N lagen sie bei 2,42 %N i.d.TS bzw. bei 2,62 %N i.d.TS. Am 22.08.2011 wurden geringere Werte festgestellt, die für K bei 2,1 %K i.d.TS ohne Unterfußdüngung bzw. bei 1,96 %K i.d.TS mit Unterfußdüngung lagen. Für Stickstoff ergab sich ohne Unterfußdüngung ein Gehalt von 1,68 %N i.d.TS und mit Unterfußdüngung wurde ein Gehalt von 1,88 %N i.d.TS nachgewiesen. Die anderen Makronährstoffe P, S und Mg lagen auf einem sehr niedrigen Niveau, das sich zwischen 0,3 % i.d.TS und 0,1 % i.d.TS am 08.06.2011 einpendelte. Am 22.08.2011 rückten diese Nährstoffe in ihren Anteilen noch enger zusammen (Abb. 30/31). Phosphor wies Gehalte am 08.06.2011 von 0,13 %P i.d.TS ohne Unterfußdüngung und 0,15 %P i.d.TS mit Unterfußdüngung auf. Normal sollten die Gehalte in diesem Entwicklungsstadium zwischen 0,3 - 0,5 %P i.d.TS liegen²⁷. Damit sind Mangelerscheinungen einhergegangen, die schon an anderer Stelle dokumentiert wurden. Im späteren Entwicklungsstadium am 22.08.2011 konnten Gehalte von 0,19 %P i.d.TS ohne Unterfußdüngung und 0,23 %P i.d.TS mit Unterfußdüngung nachgewiesen werden. Hier liegt der Richtwert im Stadium EC 71 zwischen 0,16 - 0,35 %P i.d.TS²².

Die nächsten Abbildungen werden die Makronährstoffaufnahmekurven für die Variante 5, Variante 3 und Variante 2 darstellen

²⁷ MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT, FORSTEN UND FISCHEREI MECKLENBURG-VORPOMMERN et.al. (2004); S 46 [2]

Düngungsversuch im Silomais: Hauptaugenmerk Blattdüngung



g der Nährstoffaufnahmekurven mit/ohne Unterfuß-
ne Darstellung

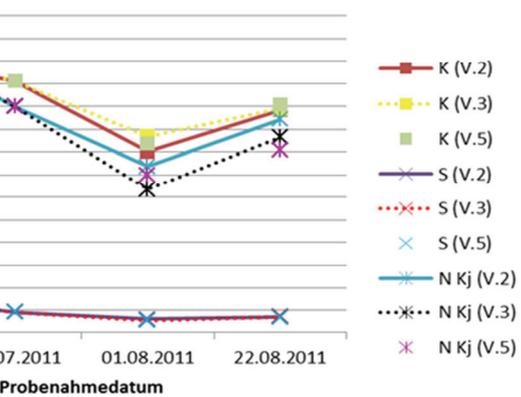
Abb. 31: Übereinanderlegung der Nährstoffaufnahmekurven mit/ohne Unterfußdüngung für P und Mg; Eigene Darstellung

Wie zu sehen ist, ähneln die Nährstoffaufnahmekurven (Abb.32/33), der einzelnen Varianten 2, 3 und 5 stark denen in den Abbildungen 30/31.

Schwefel weist konstant Gehalte von 0,34% - 0,11 %S i.d.TS auf. Zu den ersten Boniturdaten lagen sie höher als an den späteren Terminen. Nur bei N tun sich leichte Unterschiede zwischen den Varianten auf. So weist V.2 mit 2,62 % - 1,88 %N i.d.TS die höchsten Gehalte und V.5 mit einem Gehaltsverlauf von 2,62% - 1,39 %N i.d.TS die geringsten Anteile auf. Leichte Unterschiedlichkeiten gibt es noch bei den P-Gehalten. Hier liegt V.2 mit Gehalten von 0,20% - 0,23%P i.d.TS vor allen anderen.

Für K und Mg sind keine gravierenden Unterschiede festgestellt worden. Die Gehalte liegen bei allen drei Varianten zwischen 2,47% - 2,02%K i.d.TS und 0,18% - 0,11%Mg i.d.TS.

Nährstoffaufnahmeverläufe: K, S u. N für V. 2, 3, 5



Kurven V.2, 3 und 5: K, S und N; Eigene Darstellung

Nährstoffaufnahmeverläufe: P u. Mg der V. 2, 3, 5

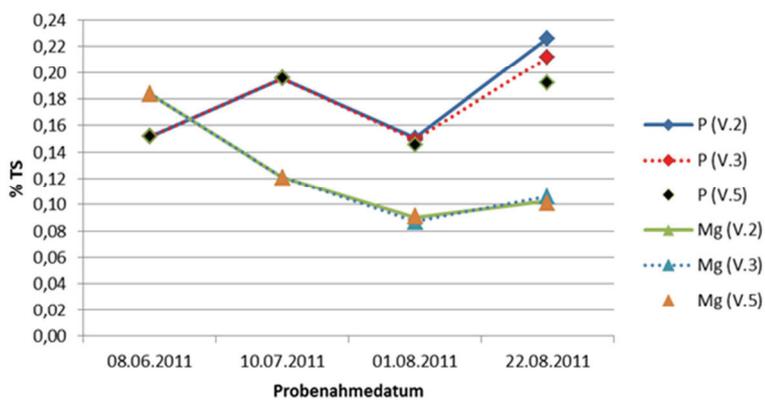


Abb. 33: Nährstoffaufnahmekurven V.2, 3 und 5: P und Mg; Eigene Darstellung

3.3 Mikronährstoffgehalte der Blattproben

Bei der Betrachtung der Mikronährstoffaufnahmeverläufe in Abbildung 34 fällt zuerst die zunehmende Zink-Aufnahme auf. Am 08.06.2011 lag der Gehalt noch bei 14,97 mg Zn/kg TS mit Unterfußdüngung, wies aber am 22.08.2011 einen Gehalt von 25,48 mg Zn/kg TS auf. Das heißt der Mais benötigt für das Hauptwachstum vergleichsweise mehr Zn, als in der Jugendphase²⁸. Alle anderen Nährstoffaufnahmekurven sind mit höherem BBCH-Stadium des Maises rückläufig.

In die Betrachtung genommen wurden unter anderem Fe, Cu, Zn und Mn.

Wenn die Gehalte aus Abbildung 34 mit den Richtwerten des MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LAND-WIRTSCHAFT, FORSTEN UND FISCHEREI MECKLENBURG-VORPOMMERN (2004; S 46)[2] verglichen werden fällt auf, dass die Cu-Gehalte immer an der unteren Grenze rangieren. Sie liegen bei 6,92 mg Cu/kg TS am 08.06.2011 und am 22.08.2011 bei 5,36 mg Cu/kg TS bei der Variante mit Unterfußdüngung. Nach den erwähnten Richtwerten sollten diese etwa 5,5 - 17 mg Cu/kg TS für den Termin am 08.06.2011, sowie 5 - 16 mg Cu/kg TS am 22.08.2011 aufweisen.

Des Weiteren fällt bei der Betrachtung der Eisenaufnahmeverläufe auf, dass der Gehalt ohne Unterfußdüngung bei 534,15 mg Fe/kg TS liegt. Dies kann nur mit einem Messfehler oder einem Ausreißer erklärt werden.

Die Manganverlaufskurven der beiden Varianten verlaufen gegensätzlich. So weist die Variante mit Unterfußdüngung einen Gehalt am 08.06.2011 von 43,90 mg Mn/kg TS und am 22.08.2011 einen Gehalt von 28,15 mg Mn/kg TS auf. Ohne Unterfußdüngung wurden Gehalte von 33,50 mg Mn/kg TS bzw. 28,15 mg Mn/kg TS ermittelt.

²⁸ HABERLAND et.al. (2011); S.125

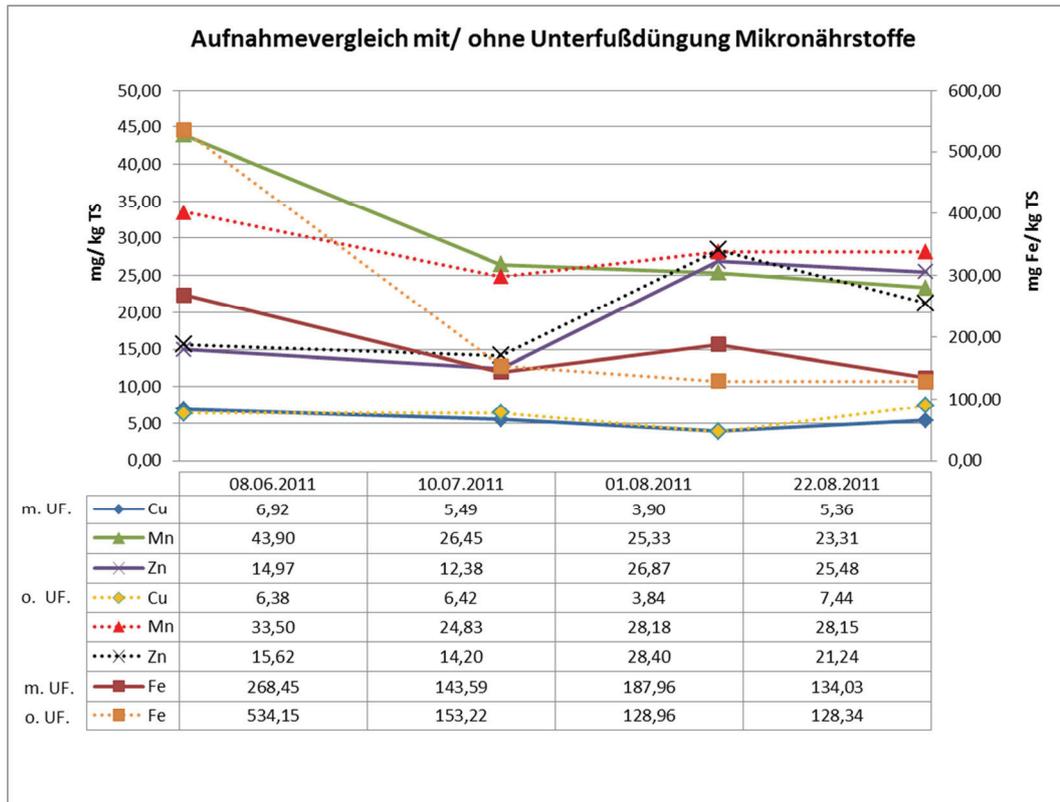


Abb. 34: Übereinanderlegung der Mikronährstoffaufnahmekurven mit/ohne Unterfußdüngung; Eigene Darstellung

Die einzelnen Aufnahmekurven für die Mikronährstoffe in den Abbildungen 35/36 ähneln denen in der Abbildung 34 sehr stark. Markant ist hier aber die sehr steile Aufnahmekurve für Zink in V.5. So lag der Gehalt an Zink am 22.08.2011 bei 44,38 mg Zn/kg TS (Abb. 37). Zum selben Termin wies die V.2 nur 25,48 mg Zn/kg TS auf. Der Unterschied wird der Blattdüngung zugeschrieben, da beide Düngeprodukte Zn enthielten.

Ähnliches ergibt sich für V.3. Auch sie hatte einen höheren Zn-Gehalt als V.2. Damit erreichen alle drei Varianten den Richtwert des MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LAND-WIRTSCHAFT, FORSTEN UND FISCHEREI MECKLENBURG-VORPOMMERN (2004; S 46)[2] von 22 - 60 mg Zn/kg TS. Festzuhalten ist, dass der Zinkgehalt in der Hauptwachstumsphase des Maises ausreichend gewesen ist. Nur in der Jugendphase gab es eine leichte Mangelsituation, die am 10.07.2011 ihren Tiefpunkt erreichte und danach durch die Blattdüngung behoben werden konnte.

Bei allen Varianten verlaufen die Gehalte an Fe und Mn parallel. Es ist anzunehmen, dass eine Interaktion zwischen den beiden Nährstoffe existiert. Anhand V.3 (Abb. 33) ist der Sachverhalt am besten zu erkennen.

Die Gehalte an Fe lagen bei allen Varianten am 08.06.2011 bei ca. 268 mg Fe/kg TS und am 22.08.2011 wurden Gehalte in einer Spanne von 122,25 – 135,85 mg Fe/kg TS nachgewiesen.

In allen drei Varianten sind sehr niedrige fast gleiche Cu- Gehalte ermittelt worden. So lag der Gehalte am 08.06.2011 bei 6,92 mg Cu/kg TS und am 22.08.2011 konnten Gehalte in einer Spanne von 5,42 -3,90 mg Cu/kg TS nachgewiesen werden, wobei V.3 den höchsten Wert erreichte.

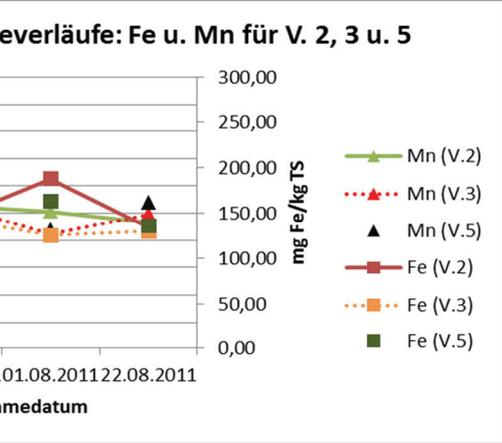


Abbildung: Fe und Mn für V.2, 3 und 5; Eigene Darstellung

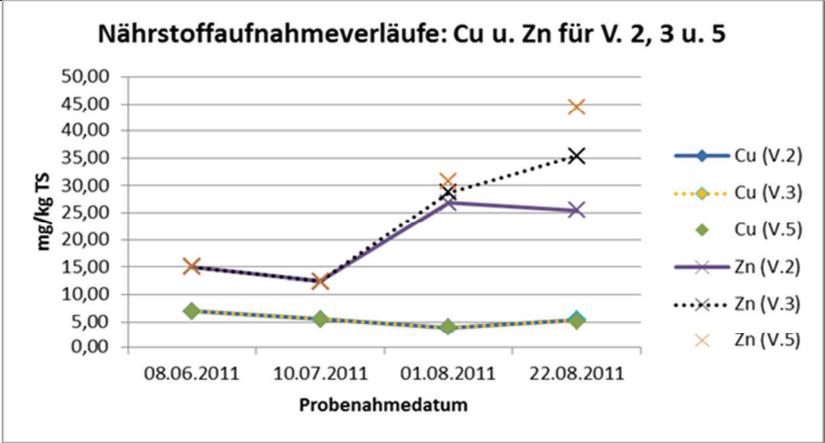


Abb. 36: Nährstoffaufnahmeverläufe: Cu und Zn für V.2, 3 und 5; Eigene Darstellung

3.4 Makronährstoffgehalte der Ganzpflanzensilage (GPS)

Beim Nährstoffnachweis in der GPS wurde bei allen Varianten ein Mangel an N, P, Mg, K und S festgestellt. In der Tabelle 15 sind Richtwerte für Nährstoffgehalte in der Maissilage dargestellt. Sie dienen als Orientierungswerte für die einzelnen Versuchsvarianten.

Tab. 15: Makronährstoffgehaltsrichtwerte Maissilage; Werte Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern 2004 und Landesanstalt für Pflanzenbau [2], Pflanzenschutz Mainz [7]; Eigene Darstellung

Nährstoffe	N (% i.d.TS)	P (% i.d.TS)	S (% i.d.TS)	K (% i.d.TS)	Mg (% i.d.TS)
Richtwertspanne	2,8-3,5	0,16-0,35	0,2-0,3	2-4	0,16-0,5

Zunächst werden die N- Gehalte dargestellt (Abb.39). Auffällig ist die große Standardabweichung bei allen Varianten. Am geringsten fiel sie bei V.1 aus. Bei ihr lagen die Gehalte der einzelnen Plots zwischen 0,61 – 0,69 %N i.d.TS. Zum Vergleich dient V.4. Sie wies Werte von 0,56 – 0,82 %N i.d.TS auf. Bei genauer Betrachtung liegen die Mittelwerte sehr nah beieinander. So reicht die Spanne von 0,62 %N i.d.TS (V.2) bis 0,72 %N i.d.TS (V.5).

Damit liegen die Gehalte weit unter dem Richtwert von 2,8 -3,5 %N i.d.TS. Zurückgeführt werden kann dies auf das nicht optimale C/N- Verhältnis und die daraus folgende N-Sperre.

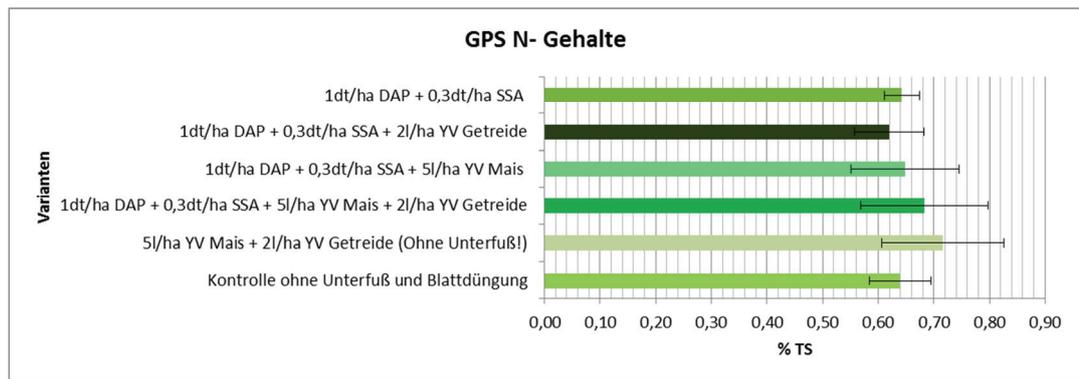


Abb. 37: GPS N-Gehalte; Eigene Darstellung

Abbildung 40 gibt die Gehalte an Phosphor der einzelnen Varianten wider. Das Bild sieht ähnlich aus, wie bei den N-Gehalten. Hier gibt es eine Gehaltsspanne, die von 0,09 – 0,10 %P i.d.TS schwankt. Bei einzelnen Plots sind auch höhere Konzentrationen nachgewiesen worden.

Markant ist dafür die Standardabweichung von V.5. Sie wies Gehalte von 0,07 – 0,15 %P i.d.TS auf. Variante 3 erreichte mit Konzentrationen von 0,08 – 0,09 %P i.d.TS nur einen Mittelwert von knappen 0,09 %P i.d.TS und schnitt damit von allen Varianten am schlechtesten, dicht gefolgt von V.4, ab.

Auch hier wird der Richtwert von 0,16 – 0,35 % i.d.TS (Tab.15) der Silage nicht erreicht und erklärt damit auch den im Wachstumsverlauf optischen P- Mangel.

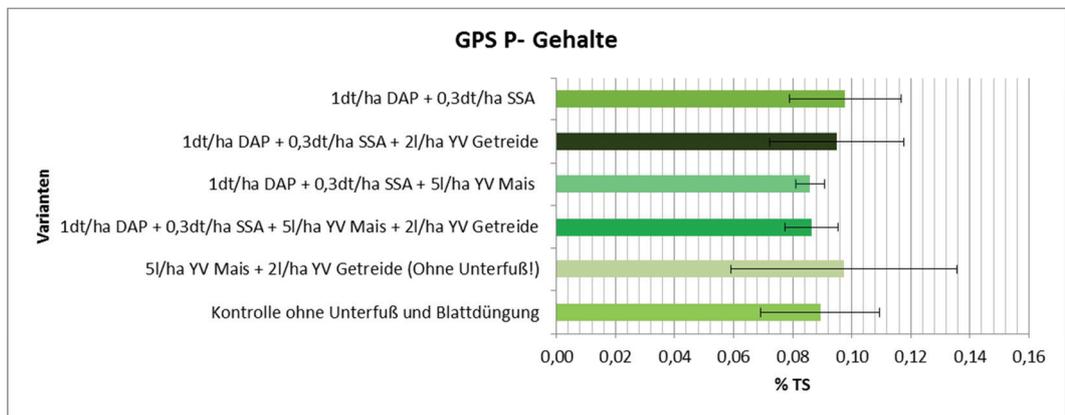


Abb. 38: GPS P-Gehalte; Eigene Darstellung

Die K- Gehalte präsentierten sich ebenfalls auf einem sehr niedrigen Niveau (Abb.41). Geogen bedingt stand dem Mais kaum Kalium zur Verfügung. So hatte er nur das Kalium der Düngungsmaßnahmen zur Verfügung.

Deshalb wurden nur Gehalte von 1,11 (V.1) - 1,39 (V.3) %K i.d.TS erreicht. Die Varianz innerhalb V.3 reichte von 1,23 – 1,52 %K i.d.TS.

V.1 und V.4 wiesen Gehalte von 1,06 – 1,16 %K i.d.TS bzw. 1,13 -1,21 % i.d.TS auf und hatten aufgrund dessen die kleinsten Standardabweichungen, bei denen man von einer vorsichtigen Signifikanz reden kann. Der niedrigste Wert von allen Ermittelten, wurde von V.5 erreicht mit 1,00 %K i.d.TS.

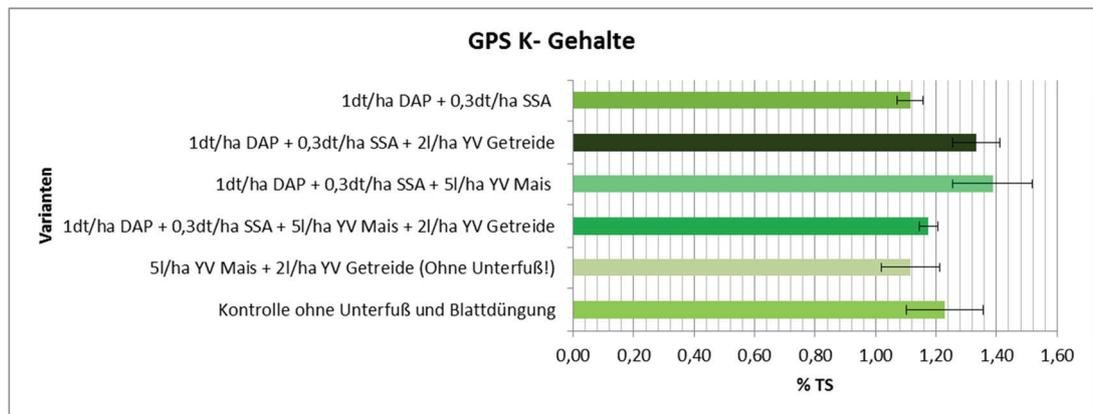


Abb. 39: GPS K-Gehalte; Eigene Darstellung

Bei der Ermittlung der Mg- Gehalte wurden Gehalte von 0,09 – 0,10 %Mg i.d.TS nachgewiesen (Abb.42). Damit konnte der Richtwert von 0,16 - 0,5%Mg i.d.TS bei weitem nicht erreicht werden. Die höchsten Gehalte wiesen noch V.2 mit 0,11 %Mg i.d.TS und V.3 mit 0,12 %Mg i.d.TS auf.

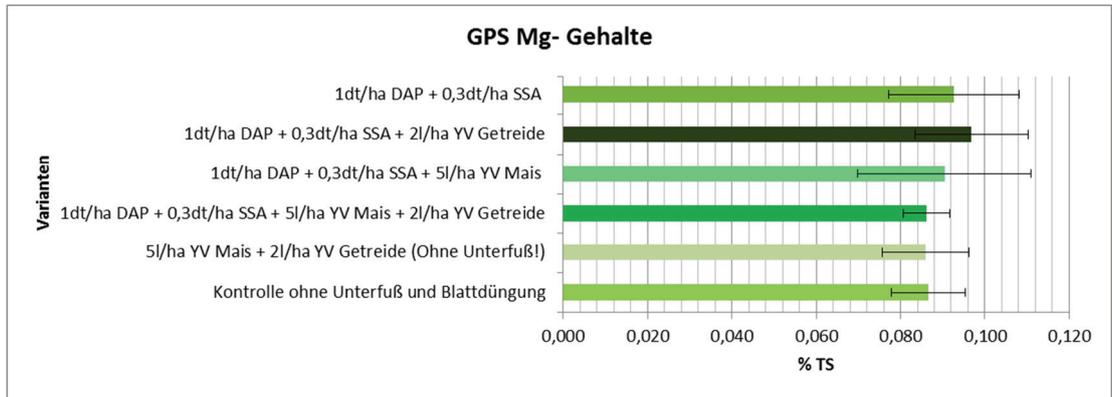


Abb. 40: GPS Mg-Gehalte; Eigene Darstellung

Die S- Gehalte schwankten alle um 0,07 %S i.d.TS (Abb.43) Auch wiesen die Varianten sehr gleichmäßige Standardabweichungen auf.

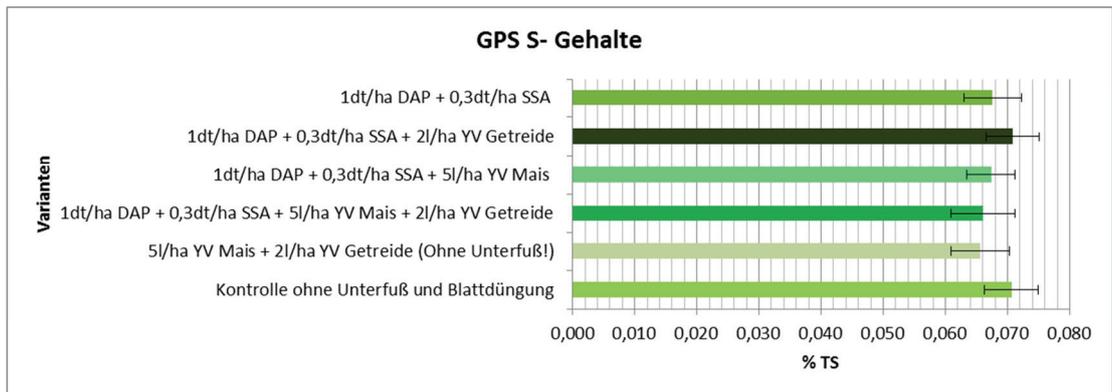


Abb. 41: GPS S-Gehalte; Eigene Darstellung

3.5 Mikronährstoffgehalte der Ganzpflanzensilage

Die Gehalte an Mikronährstoffen präsentierten sich innerhalb der Varianten deutlich unhomogener, als bei den Makronährstoffgehalten. Es ist jetzt schon zu sagen, dass in allen Varianten ein Cu- und Zn-Mangel ermittelt wurde. Um diesen Mangel zeigen zu können, werden wie bei den Makronährstoffen Richtwerte angegeben die in Tabelle 16 dargestellt sind. Sie dienen als Anhaltspunkt für den Vergleich mit den Gehalten der Varianten.

Tab. 16: Mikronährstoffgehaltsrichtwerte Maissilage; Werte Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern 2004 und Landesanstalt für Pflanzenbau [2], Pflanzenschutz Mainz [7] und LUFA Nord-West [8] ; Eigene Darstellung

Nährstoffe	Cu (mg/kg TS)	Mn (mg/kg TS)	Zn (mg/kg TS)	Fe (mg/kg TS)
Richtwertspanne	5-16	20-150	22-60	50

Zu den Fe- Gehalten ist nicht viel zu sagen (Abb.44). Alle Varianten übertrafen den Richtwert von mind. 50 mg Fe/kg TS bei weitem. Der höchste Gehalt wurde in V.2 mit 334,47 mg Fe/kg TS ermittelt. Dieser hohe Wert kann nur mit der Lage des Plots im Versuch erklärt werden oder es liegt ein Messfehler vor. Den geringsten Gehalt wies ein Plot aus V.0 mit 81,73 mg Fe/kg TS auf. Insgesamt erreichte V.3 den geringsten Mittelwert mit 104,93 mg Fe/kg TS.

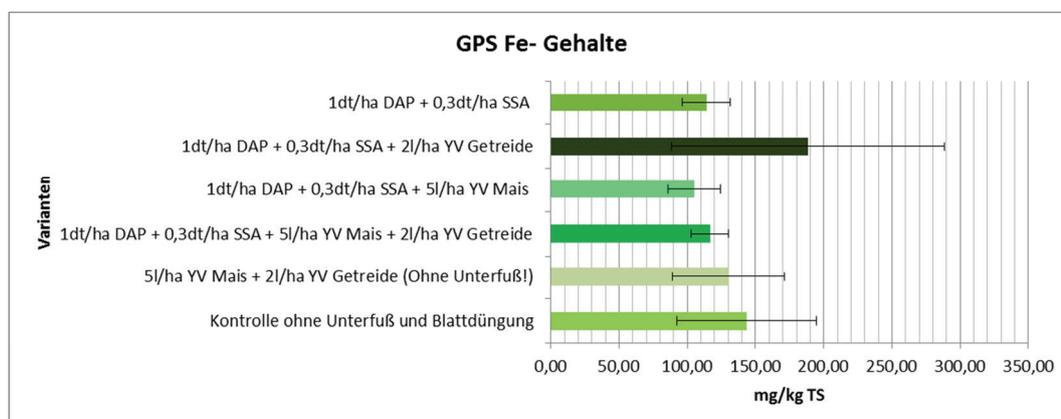


Abb. 42: GPS Fe-Gehalte; Eigene Darstellung

Mangan wurde in jeder Variante genügend nachgewiesen (Abb.45). Hier schwankten die Gehalte zwischen 39,31 - 50,40 mg Mn/kg TS und erreichten so den Richtwert von 20 – 150 mg Mn/kg TS.

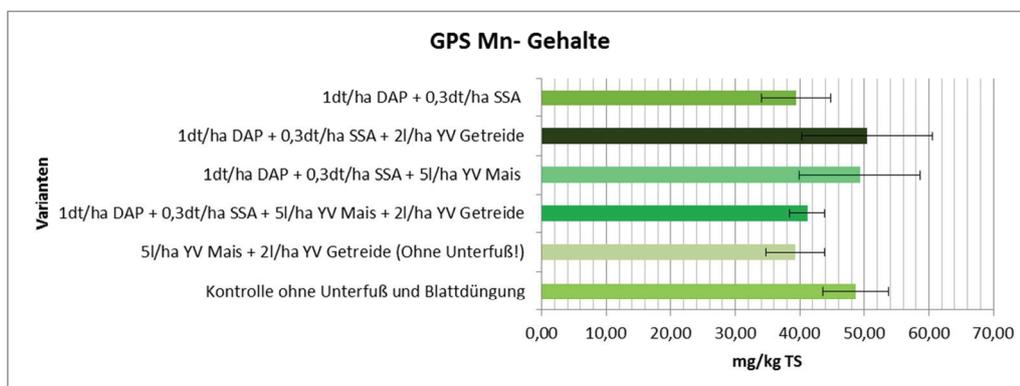


Abb. 43: GPS Mn-Gehalte; Eigene Darstellung

Abbildung 46 präsentiert die Zn- Gehalte. Das große Kuriosum ist hier, dass nicht die Varianten mit Blattdüngung den höchsten Mittelwert erreichten, sondern V.0. Diese hatte keine Unterfuß- und Blattdüngung bekommen. Die Gehalte innerhalb von V.0 erreichten Werte von 12,16 – 19,70 mg Zn/kg TS. Aufgrund dessen ist die Standardabweichung sehr groß. Variante 2, die nach V.4 den höchsten Ertrag erbrachte, kam nur auf Gehalte zwischen 8,85 -13,11 mg Zn/kg TS. Die kleinste Standardabweichung erreichte V.3. Ihre Gehalte schwankten zwischen 11,60 – 13,04 mg Zn/kg TS.

Der Richtwert von 22 – 60 mg Zn/kg TS (Tab.16) konnte von keiner Variante erreicht werden.

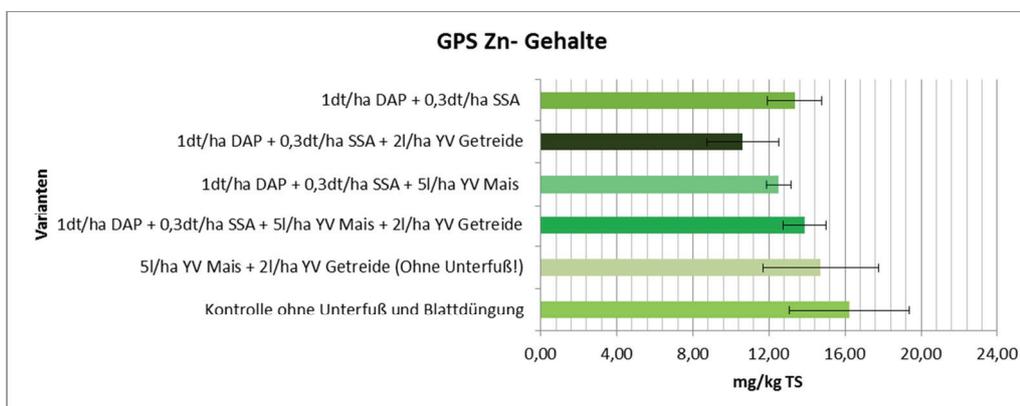


Abb. 44: GPS Zn-Gehalte; Eigene Darstellung

Auch bei der Kupfergehaltsermittlung erreichte V.0, wie schon bei den Zn- Gehalten den höchsten Mittelwert (Abb.47). Die Standardabweichung ist aber beträchtlich groß. Es wurden Gehalte von 2,14 – 4,16 mg Cu/kg TS festgestellt. Zum Vergleich wies V.4 nur Gehalte von 1,67 – 2,03 mg Cu/kg TS auf, jawohl sie aus dem YaraVita™ Getreide 0,1 kg Cu/ha appliziert bekommen hat. Ihre Standardabweichung ist aber aufgrund der Konzentrationen von allen Varianten am geringsten.

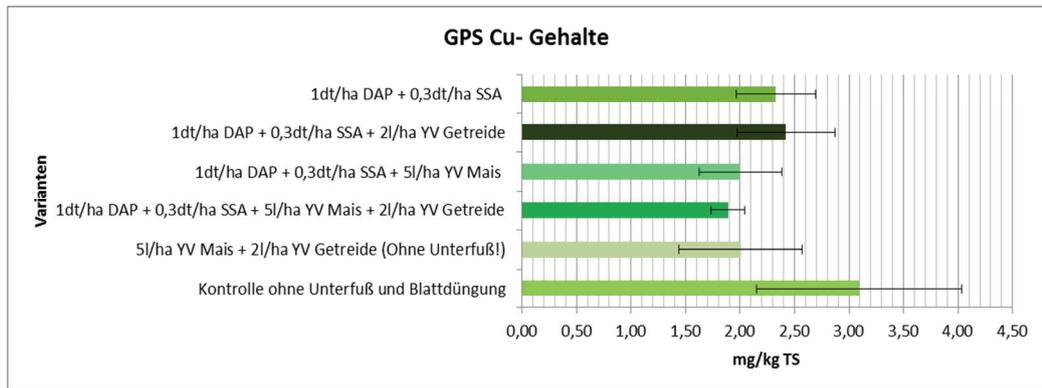


Abb. 45: GPS Cu-Gehalte; Eigene Darstellung

3.6 Nährstoffbilanzierung

Um einen Überblick über die Nährstoffbilanzen der einzelnen Varianten zu bekommen, wird an dieser Stelle auf Tab.17 eingegangen. Die Düngungsintensitäten und daraus folgende Nährstoffverfügbarkeiten sind im Kap.2.5 schon präsentiert worden. Zur Bilanzierung werden aber auch N- und S- min Gehalte (0-30cm), die Nachlieferung besonders an N und S aus Boden/Luft, sowie die Nährstoffabfuhr mit dem Ernteprodukt benötigt.

Diese Parameter sind bei der hiesigen Berechnung berücksichtigt worden.

Die Düngung ist von den N- min (275 kg N/ha) und S- min (>999 kg S/ha) Gehalten subtrahiert worden, da die Nachweise erst nach Wachstumsbeginn veranlasst wurden. So ergaben sich N- min Gehalte von 86,68 (V.2) – 112,20 kg N/ha (V.0). Die Nachlieferung wurde für alle Varianten mit 150 kg N/ha kalkuliert. Dies ist eher eine verhaltene Prognose, sie kann auch höher ausgefallen sein. So ergaben sich stark positive N- Bilanzen von 368,44 (V.4) – 423,06 (V.3) kg N/ha. Für S wurden noch weit höhere Gehalte ermittelt, da an S- min über 999 kg S/ha analysiert worden sind. Hier schwankten die Gehalte zwischen 1155,61 (V.0) – 1163,43 (V.3) kg S/ha und lagen damit um ein Vielfaches höher, als auf einem Mineralboden.

Bei den P- Gehalten lag eine Varianz von 29,39 (V.0) – 82,91 (V.3) kg P/ha vor. V.0 und V.5 wiesen die geringsten Bilanzwerte an P auf, da sie nicht mit einer Unterfußdüngung versehen wurden.

Ebenfalls wie die schon genannten Nährstoffe, wies Kalium hohe positive Bilanzwert auf. Variante 2 erreichte noch den geringsten Bilanzierungswert von 115,65 kg K/ha und V.1 den höchsten mit 143,62 kg K/ha.

Die MgO- Bilanzen wiesen auch positive Werte auf in einer Spanne von 19,59 (V.2) – 23,31 (V.3) kg MgO/ha.

Bei der Bilanzierung der Mikronährstoff wurden in allen Varianten negative Bilanzen errechnet. Kupfer erreichte nur Bilanzen von -1,19 (V.5) – -1,64 (V.2) kg Cu/ha. Für Zink wurden sogar nur Werte von -7,47 (V.2) - -12,39 (V.0) ermittelt. Die Varianten erreichten Mn- Bilanzierungen von -23,99 (V.1) - -37,17 (V.0) kg Mn/ha. Aufgrund des hohen Bedarfs des Maises an Eisen sind hohe negative Bilanzen ermittelt worden, die von -69,30 (V.1) - -135,59 (V.2) kg Fe/ha reichten.

Tab. 17: Nährstoffbilanzierung der Varianten; Eigene Darstellung

	N kg/ha	P kg/ha	K kg/ha	S kg/ha	CaO kg/ha	MgO kg/ha	Cu kg/ha	Zn kg/ha	Mn kg/ha	Fe kg/ha
V.0										
Düngung	162,80	36,21	211,40	12,00	-106,80	30,60	0,00	0,00	0,00	0
N- bzw. S-min 0-30 cm	112,20			999,00						
Nachlieferung (aus Boden/Luft)	150,00			150,00						
Verfügbarkeit	425,00	36,21	211,40	1161,00	-106,80	30,60	0,00	0,00	0,00	0,00
Abfuhr	-48,81	-6,82	-93,82	-5,39	-27,06	-10,98	-2,36	-12,39	-37,17	-92,04
Bilanz	376,19	29,39	117,58	1155,61	-133,86	19,62	-2,36	-12,39	-37,17	-92,04
V.5										
Düngung	162,80	36,21	211,40	12,00	-106,80	30,60	0,10	0,16	0,26	0,00
N- bzw. S-min 0-30 cm	112,20			999,00						
Nachlieferung (aus Boden/Luft)	150,00			150,00						
Verfügbarkeit	425,00	36,21	211,40	1161,00	-106,80	30,60	0,10	0,16	0,26	0,00
Abfuhr	-45,95	-6,25	-71,61	-4,21	-20,00	-9,16	-1,29	-9,45	-25,23	-83,62
Bilanz	379,05	29,96	139,79	1156,79	-126,80	21,44	-1,19	-9,29	-24,97	-83,62
V.4										
Düngung	188,32	83,17	214,51	19,20	-163,70	34,47	0,10	0,39	0,26	0,00
N- bzw. S-min 0-30 cm	86,68			999,00						
Nachlieferung (aus Boden/Luft)	150,00			150,00						
Verfügbarkeit	425,00	83,17	214,51	1168,20	-163,70	34,47	0,10	0,39	0,26	0,00
Abfuhr	-56,56	-7,16	-97,24	-5,47	-29,48	-11,84	-1,57	-11,48	-34,06	-96,68
Bilanz	368,44	76,01	117,27	1162,73	-193,18	22,63	-1,47	-11,09	-33,80	-96,68
V.3										
Düngung	187,10	83,17	214,51	19,20	-163,70	33,95	0,00	0,23	0,00	0,00
N- bzw. S-min 0-30 cm	87,90			999,00						
Nachlieferung (aus Boden/Luft)	150,00			150,00						
Verfügbarkeit	425,00	83,17	214,51	1168,20	-163,70	33,95	0,00	0,23	0,00	0,00
Abfuhr	-1,94	-0,26	-98,29	-4,77	-26,36	-10,64	-1,42	-8,86	-34,93	-74,37
Bilanz	423,06	82,91	116,22	1163,43	-190,06	23,31	-1,42	-8,63	-34,93	-74,37
V.2										
Düngung	188,32	82,21	211,40	19,20	-163,70	31,12	0,10	0,16	0,26	0,00
N- bzw. S-min 0-30 cm	86,68			999,00						
Nachlieferung (aus Boden/Luft)	150,00			150,00						
Verfügbarkeit	425,00	82,21	211,40	1168,20	-163,70	31,12	0,10	0,16	0,26	0,00
Abfuhr	-44,49	-6,82	-95,74	-5,09	-29,09	-11,53	-1,74	-7,63	-36,17	-135,09
Bilanz	380,51	75,39	115,65	1163,11	-192,79	19,59	-1,64	-7,47	-35,91	-135,09
V.1										
Düngung	187,10	82,21	211,40	19,20	-163,70	30,60	0,00	0,00	0,00	0,00
N- bzw. S-min 0-30 cm	87,90			999,00						
Nachlieferung (aus Boden/Luft)	150,00			150,00						
Verfügbarkeit	425,00	82,21	211,40	1168,20	-163,70	30,60	0,00	0,00	0,00	0,00
Abfuhr	-39,08	-5,95	-67,78	-4,11	-20,92	-9,36	-1,42	-8,12	-23,99	-69,30
Bilanz	385,92	76,26	143,62	1164,09	-184,62	21,24	-1,42	-8,12	-23,99	-69,30

3.7 Stängeldurchmesser

Wie schon unter dem Kapitel 2.10.3 geschrieben wurde, konnten die Ergebnisse der Stängeldurchmesser Messungen zueinander statistisch abgesichert werden, wie der Abbildung 48 auch entnommen werden kann. Der p-Wert lag unter 0,01, so kann von einer sehr hohen Signifikanz gesprochen werden. Die Standardabweichung schwankte zwischen den Varianten um 2 mm nach oben und nach unten.

V.5 wies den geringsten Stängeldurchmesser auf. Er lag bei nur 13,85 mm, der als Mittelwert aller gemessenen Stängel der Variante dient. Ebenso sind auch die Stängeldurchmesser der anderen Varianten Mittelwerte. Die größten Werte erreichten V.3 und 2 mit jeweils 14,78 mm. Die restlichen Varianten pendelten zwischen 14,08 mm (V.1) und 14,15 mm (V.0).

V.4, die alle Düngungsmaßnahmen bekommen hat, erreichte mit 14,23 mm auch nur das Mittelfeld.

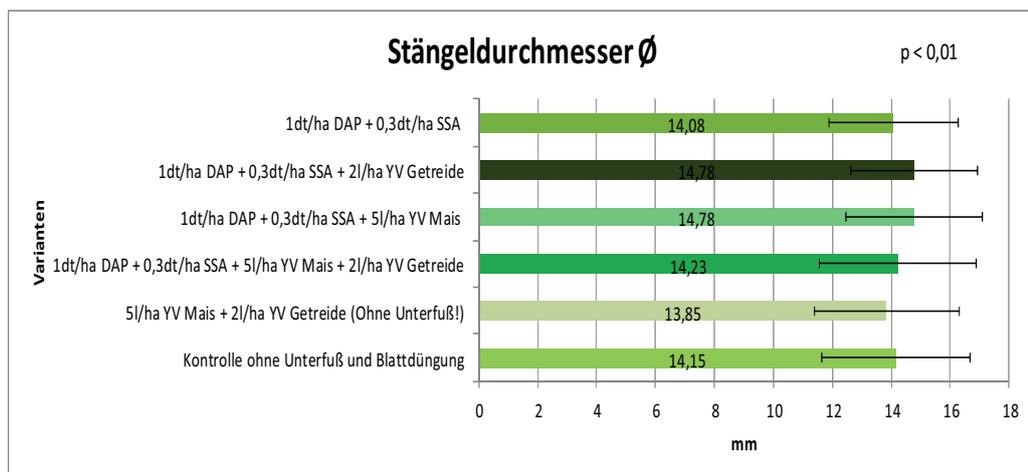


Abb. 46: Stängeldurchmesser der Varianten; Eigene Darstellung

4 Diskussion

Der Versuch war von vielen nicht vorhersehbaren Wetterkapriolen negativ beeinflusst worden. Nichts desto trotz soll in den nächsten Sätzen auf die Auswertung und die Durchführung des Versuches eingegangen werden, sowie eine kritische Beurteilung durchgeführt werden.

Der Standort erwies sich aufgrund seiner geogenen Begebenheiten als außerordentlich schwierig für eine Versuchsdurchführung.

So gab es nicht nur eine N-Sperre, die den N-min Gehalt von 857 kg N/ha (0-90 cm) egalisierte und zu den niedrigen Gehalten zwischen 0,62 %N i.d.TS (V.2) bis 0,72 %N i.d.TS (V.5) in der Silage führte. Zusätzlich kamen durch Staunässe die Prozesse der Denitrifikation und Desulfurifikation hinzu. Ihre Bedeutungen sind aber für die Gehalte eher imaginär.

Eine hervorstechende Rolle nahm das mangelhafte Wurzelsystem des Maises ein, aufgrund dessen nur S-Gehalte um 0,07 %S i.d.TS von den Varianten erzielt wurden, jawohl S genügend in Form von Gips in der Bodenlösung vorlag (Kap. 2.6).

Auf eine Unterfußdüngung kann gänzlich verzichtet werden, da alle Varianten mit Unterfußdüngung nicht auf diese angesprochen haben. So sind nicht nur mangelhafte N-Gehalte, sondern auch dementsprechende P-Gehalte von 0,90 – 0,10 %P i.d.TS im Mittel erreicht worden. Aus diesem Grund sollte eine Blattdüngung durchgeführt werden, die eine Verbesserung der Nährstoffgehalte in der Silage eher erbringen könnte, als die Unterfußdüngung.

Die Nachlieferung an N könnte in einzelnen Jahren noch höher ausfallen, als in Kap.3.6 angenommen wurde. KUNTZE; ROESCHMANN und SCHWERDTFEGGER (1988; S.476) berichten sogar von einer jährlichen N-Nachlieferung von bis zu 1600 kg N/ha. Eine solch hohe N-Nachlieferung hätte massive ökologische Schäden zur Folge.

Des Weiteren präsentierten sich die K- und Mg-Gehalte ebenfalls auf einem sehr niedrigen Niveau. Der Mangel an Mg in allen Varianten kann mit dem Ionenantagonismus zwischen NH_4^+ und Mg^{2+} erklärt werden. Bei diesem Mechanismus korreliert die Mg-Aufnahme negativ mit der Zunahme an Ammonium-N im Boden. In der Literatur wird die Düngung von NH_4^+ genannt, doch auf diesem

Standort werden große Mengen an N nachmineralisiert und liegen dem entsprechend als NH_4^+ vor²⁹. Würde der Stickstoff vorwiegend als NO_3^- vorliegen, würde dieser die Mg- Aufnahme nicht blockieren. Der Mg- Mangel konnte während des Wachstums des Maises nicht optisch festgestellt werden, da der S- Mangel diesen überlagert hat.

Zusätzlich erschwerend für die Nährstoffaufnahme ist die Tatsache, dass das Niedermoor calcitroph veranlagt scheint, folglich sind hohe pH-Werte um 7,2 erklärlich. Aufgrund dieser Annahme (Kap. 2.3.1) werden Nährstoffe von vornherein festgelegt und sind somit für Pflanzenwurzeln nur schwer erschließbar³⁰.

Der Mangel an Mikronährstoffen, insbesondere an Cu und Zn, konnte durch Blattapplikationen von YaraVita™ Getreide und YaraVita™ Mais in keiner Variante behoben werden (Kap.3.5). Die Analyse der GPS ergab Gehalte an Cu von 2,14 – 4,16 mg Cu/kg TS. Damit wurde der Richtwert von 5 -16 mg Cu/kg TS (Tab.16) in keiner Variante erreicht. Da im Boden geogen bedingt kaum Cu vorliegt und die Düngung von YaraVita™ Getreide keine deutliche Verbesserung der Gehalte erbracht hatte, sollte auf einen Blattdünger mit noch höherer Konzentration an Kupfer gesetzt werden. Ausgebracht wurde der Dünger am 26.05.2011 im 5-6 Blatt-Stadium des Maises, wie von YARA empfohlen. Vielleicht erbringt auch eine zweite Düngung bei 80 cm Wuchshöhe eine Verbesserung des Gehaltes in der Silage, doch um diesen Schluss zuzulassen, müsste der Versuch mit einer solchen Variante wiederholt werden.

Eine ähnliche Lage ergab sich für den Nährstoff Zink. Hier erzielten die Varianten ohne Blattdüngung (V.0/1) Gehalte von 13,34 mg Zn/kg TS bzw.16,21 mg Zn/kg TS und V.2 mit Blattdüngung in Form von YaraVita™ Getreide 10,63 mg Zn/kg TS. Variante 3 mit der Applikation von YaraVita™ Mais erzielte eine Konzentration von 12,51 mg Zn/kg TS. Die restlichen Varianten 4 und 5 haben beide Blattdünger bekommen, konnten sich aber von den anderen mit 13,87 mg Zn/kg TS bzw. 14,72 mg Zn/kg TS nicht absetzen. Somit haben auch alle Varianten den Richtwert von 22 -60 mg Zn/kg TS nicht erreicht. Die Applikation des YaraVita™ Mais erfolgte im Nachhinein gesehen zu spät (11.07.2011). Der von YARA empfohlene Applikationstermin von 80 cm Wuchshöhe wurde eingehalten, doch wies

²⁹ LÜTKE-ENTRUP u. OEHMICHEN et.al. 2000; Band 1; S.479

³⁰ KUNTZE; ROESCHMANN und SCHWERDTFEGGER et.al. (1988); S.475

der Mais in diesem Zeitraum schon ein deutlich erhöhtes Entwicklungsstadium auf, indem er nicht mehr in der Lage war den Dünger optimal aufzunehmen. Um solch ein Handeln nicht zu wiederholen, muss bei nochmaliger Versuchsdurchführung noch akribischer auf die Entwicklungsstadien geachtet werden. Hilfreich wären dazu auch Angaben der Industrie zu den Applikationen anhand der BBCH-Skala und nicht anhand der Wuchshöhe.

In Zukunft sollten bei der Düngung auch Fe und Mn in die Düngebetrachtung gezogen werden. Der Boden hat derzeit noch genügend gespeichert, aber bei Betrachtung der negativen Bilanzen (Kap.3.6), die zwischen -69,30 (V.1) - -135,09 (V.2) mg Fe/kg TS lagen, könnte der Speicher schnell entleert sein. Für Mn mit Bilanzen zwischen -23,99 (V.1) - -37,17 (V.0)mg Mn/kg TS gilt das gleiche. Aufgrund dessen wird empfohlen eine Blattdüngung mit Fe- und Mn- haltigen Düngepräparaten durchzuführen.

Bei der Ertragsermittlung hat sich V.2 (Kap. 3.1) am besten präsentiert und lässt den Schluss zu, dass der Nährstoffmix aus dem YaraVita™ Getreide am sinnvollsten für die Blattdüngung auf diesem Standort erscheint. Es wurden nur knapp 12 dt/ha FM bzw. 6 dt/ha TS weniger geerntet, als in der Variante 4, die beide Blattdünger appliziert bekommen hat. Alle anderen Varianten mit Unterfußdüngung wiesen Erträge auf, die den genannten Varianten um bis zu 30 - 40 dt/ha FM bzw. 20 - 35 dt/ha T nachstanden.

Verwunderlich ist die Tatsache, dass die ungedüngte V.0 (Kap. 3.1), den Varianten 4 und 2 nur kaum bis gar nicht nachstand. Die Begründung dafür liegt wahrscheinlich in den besseren Lagen der Plots innerhalb des Versuches. Dies bestätigt aber auch die Aussage, dass eine Unterfußdüngung für diesen Standort unnötig ist.

Aus schon beschriebenen Grund, konnten leider keine Untersuchungen auf MJ NEL- und Stärke-Gehalte der einzelnen Varianten durchgeführt werden. Diese hätten die Aussagekraft der Ergebnisse (Kap.3) womöglich erhöhen können. Wenn der Versuch wiederholt werden sollte, müssen diese Parameter unbedingt erhoben werden. Weitere Kennwerte, wie die Wurzelentwicklung, sowie N-min, S-min Gehalte vor dem Maislegen, wären für die Auswertung eines möglichen Folgeversuchs von Vorteil. Außerdem sollten neue Bodenuntersuchungen zum Nachweis der Mikronährstoffgehalte veranlasst werden, da im jetzigen Versuch mit Gehalten von 2008 gearbeitet wurde.

Leider konnten in diesem einen Jahr nur geringe Ansätze für eine Düngestrategie gesammelt werden. Doch diese Erkenntnisse lassen einen Schluss zu, dass es sich bei dem Versuchsstandort um einen Dauergrünlandstandort handelt, der für die Ackernutzung eigentlich nicht genutzt werden sollte. Dies wird wie schon angesprochen von KUNTZE; ROESCHMANN und SCHWERDTFEGGER (1988; S.476) mit der starken N-Freisetzung, massiven Torfschwund von bis zu 2 cm/Jahr und der höheren Verunkrautungsgefahr gegenüber einem Mineralboden begründet.

So konnte in dieser Arbeit nur ein Teil der Zielsetzung erreicht werden, aber dies sollte ausreichen um eine geeignetere Düngungsstrategie zu fahren, als die jetzige.

5 Zusammenfassung

In der hier vorliegenden Arbeit werden 6 verschiedene Düngevarianten auf einem Niedermoor in der Kultur Silomais (*Zea mays* L.) dargestellt. Da bekanntlich die Versorgung der Pflanzen mit Mikronährstoffen auf einem Niedermoor oftmals mangelhaft ist, wurde bei der Düngung ein Hauptaugenmerk auf die Mikronährstoffe gelegt. So gibt es Insgesamt 4 Varianten, in denen Mikronährstoffblattdünger angewandt wurden.

Zu Beginn werden zunächst Parameter, wie der Standort, Wetterverlauf, die Bodenart und derlei Dinge, beschrieben. Interessant dabei ist, dass aus diesen Parametern schon auf die Ergebnisse unter Kap. 3 geschlossen werden kann.

So gab es nicht nur mehrere Starkregenereignisse, die zu einer Wassersättigung des Bodens führten, sondern auch viele nährstoffaufnahmebegrenzende Prozesse, die charakteristisch für diesen Niedermoorstandort sind. Folge der Überflutungen waren reduzierende Bedingungen im Boden, die die Nährstoffaufnahme des Maises zusätzlich begrenzten.

Daraus folgten interessante Ertrags- und Nährstoffgehaltsunterschiede bei den Blatt-, sowie bei den Silageproben. Leider basieren die Daten nur auf dem Jahr 2011 und der Versuchsumfang ist leider zu klein gewesen, aber trotzdem konnten Maßnahmen für ein besseres Düngeregime empfohlen werden.

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1:	Wetterdaten; Werte Betrieb Albrechtshof und ProPlant GmbH; Eigene Darstellung	8
Abb. 2:	Versuchsstandort; Google Earth 2011	9
Abb. 3:	Nahaufnahme Versuchsstandort; Google Earth 2011	9
Abb. 4:	Bodenprofil 0-90 cm; Eigene Aufnahme	11
Abb. 5:	Bodenprofil Nahansicht Schlickeinlagerungen; Eigene Aufnahme	11
Abb. 6:	Bodenprofil Grundwasserstand auf 90 cm; Eigene Aufnahme	12
Abb. 7:	Bohrstabprofil 90 cm; Eigene Aufnahme.....	13
Abb. 8:	Bohrstabprofil mit Übergang zur Tonschicht; Eigene Aufnahme	13
Abb. 9:	Versuchsplan; Eigene Darstellung	14
Abb. 10:	Probennahme; Eigene Darstellung	17
Abb. 11:	Nährstoffverfügbarkeit in Abhängigkeit vom pH-Wert für org. Böden; Ohio Agronomy Guide, 14th Edition, Bulletin 472-05 [3]	20
Abb. 12:	P-Mangel am 10.07.2011; Eigene Aufnahme	23
Abb. 13:	P-Mangel am 22.08.2011; Eigene Aufnahme	23
Abb. 14:	Wurzelentwicklung des Maises; LÜTKE-ENTRUP u. OEHMICHEN et.al. (2006); Band 2; S.413	26
Abb. 15:	Versuch am 05.05.2011; Eigene Aufnahme.....	27
Abb. 16:	Auflaufkontrolle des Maises am 18.05.2011; Eigene Aufnahme	27
Abb. 17:	EC 14 am 26.05.2011; Eigene Aufnahme.....	27
Abb. 18:	Versuch nach Starkregen-/Hagelereignis am 08.06.2011; Eigene Aufnahme	27
Abb. 19:	EC 18/P-Mangel am 14.06.2011; Eigene Aufnahme.....	27
Abb. 20:	EC 20-22/P-Mangel am 01.07.2011; Eigene Aufnahme.....	27
Abb. 21:	EC 34 am 10.07.2011; Eigene Aufnahme.....	28
Abb. 22:	EC 63 nach starken Regenfällen am 01.08.2011; Eigene Aufnahme	28
Abb. 23:	EC 71 am 22.08.2011; Eigene Aufnahme.....	28
Abb. 24:	Wuchskurven der V.1, 2, 3 und 4; Eigene Darstellung	28
Abb. 25:	Wuchskurven der V.5 und 0; Eigene Darstellung.....	29
Abb. 26:	Vergleich der Stängeldurchmesser von Variante 1 und 2; Eigene Darstellung	30
Abb. 27:	FM-Erträge; Eigene Darstellung	33
Abb. 28:	TS-Erträge; Eigene Darstellung.....	33
Abb. 29:	Gegenüberstellung der FM bzw. TS Erträge; Eigene Darstellung	34

Abb. 30:	Übereinanderlegung der Nährstoffaufnahmekurven mit/ohne Unterfußdüngung für K, S und N; Eigene Darstellung.....	36
Abb. 31:	Übereinanderlegung der Nährstoffaufnahmekurven mit/ohne Unterfußdüngung für P und Mg; Eigene Darstellung.....	36
Abb. 32:	Nährstoffaufnahmekurven V.2, 3 und 5: K, S und N; Eigene Darstellung	38
Abb. 33:	Nährstoffaufnahmekurven V.2, 3 und 5: P und Mg; Eigene Darstellung	38
Abb. 34:	Übereinanderlegung der Mikronährstoffaufnahmekurven mit/ohne Unterfußdüngung; Eigene Darstellung	40
Abb. 36:	Nährstoffaufnahmeverläufe: Fe und Mn für V.2, 3 und 5; Eigene Darstellung	42
Abb. 37:	Nährstoffaufnahmeverläufe: Cu und Zn für V.2, 3 und 5; Eigene Darstellung	42
Abb. 39:	GPS N-Gehalte; Eigene Darstellung.....	44
Abb. 40:	GPS P-Gehalte; Eigene Darstellung.....	45
Abb. 41:	GPS K-Gehalte; Eigene Darstellung.....	46
Abb. 42:	GPS Mg-Gehalte; Eigene Darstellung	47
Abb. 43:	GPS S-Gehalte; Eigene Darstellung.....	47
Abb. 44:	GPS Fe-Gehalte; Eigene Darstellung	48
Abb. 45:	GPS Mn-Gehalte; Eigene Darstellung	49
Abb. 46:	GPS Zn-Gehalte; Eigene Darstellung	49
Abb. 47:	GPS Cu-Gehalte; Eigene Darstellung.....	50
Abb. 48:	Stängeldurchmesser der Varianten; Eigene Darstellung.....	53

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1:	Personalausstattung Albrechtshof; Betrieb Albrecht	6
Tab. 2:	Landwirtschaftliche Nutzfläche Albrechtshof; Daten Betrieb Albrecht	6
Tab. 3:	Viehbestand Albrechtshof; Daten Betrieb Albrecht	7
Tab. 4:	Düngungsvarianten; Eigene Darstellung.....	15
Tab. 5:	Düngungsmaßnahmen vor der Versuchsetablierung; Eigene Darstellung	16
Tab. 6:	Düngemittelaufwand; Eigene Darstellung	16
Tab. 7:	N-min Untersuchung nach VDLUFA; LUFA Rostock	19
Tab. 8:	S-min Untersuchung nach VDLUFA; LUFA Rostock.....	19

Tab. 9:	Nährstoffempfehlungen nach Gehaltsklasse C nach VDLUFA [2]; Eigene Darstellung	20
Tab. 10:	Blattdüngerbedarf; Eigene Darstellung	21
Tab. 11:	Spritzwasserbedarf; Eigene Darstellung	21
Tab. 12:	BBCH-Stadien; Eigene Darstellung	24
Tab. 13:	Beschreibung der Maisstadien; S. Leivermann/ LWK NRW; PSD Münster [6]	26
Tab. 14:	TS-Gehalte in % der einzelnen Plots u. Varianten;	
	Eigene Darstellung	34
Tab. 15:	Makronährstoffgehaltsrichtwerte Maissilage; Werte Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg- Vorpommern 2004 und Landesanstalt für Pflanzenbau [2], Pflanzenschutz Mainz [7]; Eigene Darstellung	43
Tab. 16:	Mikronährstoffgehaltsrichtwerte Maissilage; Werte Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg- Vorpommern 2004 und Landesanstalt für Pflanzenbau [2], Pflanzenschutz Mainz [7] und LUFA Nord-West [8] ; Eigene Darstellung	48
Tab. 17:	Nährstoffbilanzierung der Varianten; Eigene Darstellung.....	52

Literaturverzeichnis

- BERGMANN, Werner (1993); Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen; Gustav Fischer Verlag Jena; 3. Auflage
- BUNDESARBEITSKREIS DÜNGUNG (BAD) (2007); Mikronährstoffe; Industrieverband Agrar
- BUNDESARBEITSKREIS DÜNGUNG (BAD) (n.b); Stickstoff; Industrieverband Agrar
- DIEPENBROCK; ELLMER u. LÉON (2004); Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung; Eugen Ulmer KG; 2. Auflage
- HABERLAND, Rudolf (2011); Mais Magazin: Mikronährstoffe sind auch für den Mais essentiell; Th. Mann Verlag
- KATALYMOW, M.W.; Übersetzt von Bergmann, Werner (1969); Mikronährstoffe, Mikronährstoffdüngung; VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag
- KUNDLER, Peter und Mitarbeiter (1970); Mineraldüngung; VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag
- KUNTZE, Herbert; ROESCHMANN, Günther und SCHWERDTFEGER, Georg (1988); Bodenkunde; Eugen Ulmer Verlag; 4. Auflage
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER-NIEDERSACHSEN (2007); Empfehlungen: Pflanzenbau und Pflanzenschutz; Albrecht Druck GmbH & Co. KG, Hannover
- LÜTKE-ENTRUP, Norbert; OEHMICHEN, Jobst (2006); Lehrbuch des Pflanzenbaues Band 1: Grundlagen; Th. Mann Verlag
- LÜTKE-ENTRUP, Norbert; OEHMICHEN, Jobst (2000); Lehrbuch des Pflanzenbaues Band 2: Kulturpflanzen; Th. Mann Verlag
- SCHEFFER, Fritz; SCHACHTSCHABEL, Paul (2002); Lehrbuch der Bodenkunde; Spektrum Akademischer Verlag; 15. Auflage
- SCHRIMPF, C. (1960); Mais: Anbau und Düngung; Ruhr – Stickstoff Aktiengesellschaft Bochum
- ZSCHEISCHLER, Johannes (1990); Handbuch Mais; DLG-Verlag Frankfurt Main; 4. Auflage

Quellenverzeichnis

- [1] <http://www.liz-online.de/gi/dueng/orgDueng.htm> (letzter Zugriff 31.01.2012)
- [2] http://www.lms-lufa.de/upload/39/1254233880_20539_15327.pdf; Düngung: Hinweise und Richtwerte für die landwirtschaftliche Praxis Leitfaden zur Umsetzung der Düngeverordnung (letzter Zugriff 15.02.2012); S.46
- [3] <http://ohioline.osu.edu/b472/0004.html>; Ohio Agronomy Guide, 14th Edition, Bulletin 472-05 (letzter Zugriff 15.11.2011)
- [4] <http://www.saaten-union.de/index.cfm/product/19,372,html.html>; Sorte: Ayrro (letzter Zugriff 08.02.2012)
- [5] http://www.zalf.de/de/forschung/institute/lse/nachwuchs/Documents/dissertation_willms.pdf;
Dissertation: WILLMS, Matthias: Landwirtschaftliche Ursachen hoher Sulfatgehalte in gefördertem Trinkwasser (2005); Fakultät für Agrarwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen (letzter Zugriff 07.03.2012)
- [6] <http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/mais/ec-mais-pdf.pdf>; Entwicklungsstadien im Mais (letzter Zugriff 08.02.2012)
- [7] [http://www.dlr.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/93b643dd0a6453a7c12570140030d7b7/f38188be5a7c8d61c1256f9d0043d352/\\$FILE/Schwefel%20Merkblatt.pdf](http://www.dlr.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/93b643dd0a6453a7c12570140030d7b7/f38188be5a7c8d61c1256f9d0043d352/$FILE/Schwefel%20Merkblatt.pdf);
Schwefel ein Hauptnährstoff (letzter Zugriff 15.02.2012)
- [8] http://www.lufa-nord-west.de/data/documents/Downloads/IFF/Maissilageartikel_Endfassung.pdf; Maissilagequalitäten 2011 (letzter Zugriff 15.02.2012)

Verzeichnis der Anhänge

Anhang 1:	Sonnenstunden; ProPlant GmbH 2011 (Kap.2.2).....	65
Anhang 2:	Niederschläge; ProPlant GmbH 2011; Betrieb Albrecht (Kap.2.2).....	65
Anhang 3:	Bodenprofil 50 -90 cm; Eigene Aufnahme (2.3.2).....	66
Anhang 4:	Tonschicht 90 cm; Eigene Aufnahme (Kap.2.3.2)	66
Anhang 5:	Ganzes Bodenprofil; Eigene Aufnahme (Kap.2.3.2)	66
Anhang 6:	P-Mangel am 08.06.2011; Eigene Aufnahme (Kap.2.8)	67
Anhang 7:	P-Mangel am 14.06.2011; Eigene Aufnahme (Kap.2.8)	67
Anhang 8:	Auflaufkontrollen: Berechnung nach KWS; Eigene Darstellung (Kap.2.9).....	68
Anhang 9:	Stängeldurchmesservergleich Variante 1 vs. Variante 3; Eigene Aufnahme (Kap.2.10.2).....	69
Anhang 10:	Stängeldurchmesservergleich Variante 1 vs. Variante 4; Eigene Aufnahme (Kap.2.10.2).....	69
Anhang 11:	FM-Erträge der Varianten und deren Standardabweichung; Eigene Darstellung (Kap.3.1)	70
Anhang 12:	TM-Erträge der Varianten und deren Standardabweichung; Eigene Darstellung (Kap.3.1)	70
Anhang 13:	Nährstoffgehalte der Blattproben: mit Unterfußdüngung und ohne Unterfußdüngung; Eigene Darstellung (Kap.3.2/3.3).....	71
Anhang 14:	Nährstoffgehalte der Blattproben: Varianten 2 - 5; Eigene Darstellung (Kap.3.2/3.3)	71
Anhang 15:	Nährstoffgehalte der einzelnen Varianten und Plots in der GPS; Eigene Darstellung (Kap.3.4/3.5)	72
Anhang 16:	Stängeldurchmesser; Eigene Darstellung (Kap.3.7)	73
Anhang 17:	Stängeldurchmesser und ihre Standardabweichungen; Eigene Darstellung (Kap.3.7).....	73
Anhang 18:	Anova: Einfaktorielle Varianzanalyse der Stängeldurchmesser (Kap.3.7)	73

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig 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.

Ich bin damit einverstanden, dass meine Bachelorarbeit in der Hochschulbibliothek eingestellt wird.

Daniel Husmann, Schladen, den 20.03.2012

(Unterschrift)

6 Anhang

Anhang 1: Sonnenstunden; ProPlant GmbH 2011 (Kap.2.2)

Sonnenstunden 2011										
Januar	Feb	Mrz	Apr	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November
0,5	0	9,3	0	13,1	5	5,2	2,2	6,5	4,9	0
4,9	0	6	0	8,3	10,9	0	12,4	11,2	0,6	0,1
0,6	0,1	8,1	7,4	11,5	13,5	1,8	10,4	9,7	0	0
0	0	6,4	3,1	8,9	12,9	0,5	5,9	5,4	4,8	0
4,8	0	4,8	4,9	13	12,4	11,8	3,1	0,1	0	0
0	0	8,7	0	13,6	10	13,2	6,5	7,2	0,7	0,3
0,7	0,3	8,8	7	13,5	4,7	5,4	3,4	1,6	1,1	5,6
1,1	5,6	9,1	4,5	13,3	5,1	6,3	4,4	1,2	0,4	1
0,4	1	4,9	11,7	13,3	5,1	7,4	1,6	2,6	0,5	0,5
0,5	0,5	1,9	11,8	11,7	12	5,2	2	0,4	0	1,3
0	1,3	6,8	2,3	6	10,2	3,5	0,3	8,7	0,6	6,9
0,6	6,9	4,1	2,5	1,8	8,8	8,6	0,1	1,7	0	1
0	1	1,7	0	9,2	8,1	0,8	9,3	3,1	0	0,9
0	0,9	0	1,4	3	4,1	4,2	1,8	0,1	0,6	1,1
0,6	1,1	4,8	12,2	6,8	3	1,8	5	1,5	0,4	2,2
0,4	2,2	0,5	9	0,8	3,4	12,1	6,9	7,5	1,3	0,5
1,3	0,5	0	11,9	0,6	6	1	5,7	1,6	0,8	0
0,8	0	0	12,6	6,2	4,9	7,9	5,7	0,8	0,4	0
0,4	0	9,3	12,7	7,6	5	10,7	3,3	9,1	0,6	1,3
0,6	1,3	4,6	12,9	5,1	4,4	1,5	11,5	10,4	0,6	5,8
0,6	5,8	6,7	13	14,2	7,4	0	6,2	4,4	0	8,8
0	8,8	9,9	12,5	9,2	6,9	0	10	3,1	0	8,8
0	8,8	6,6	12,6	9,8	11,3	1,9	2,5	3,2	0	8,5
0	8,5	10,9	12	9	6,4	3,6	7,4	10,1	0	4,7
0	4,7	1	12,2	13,8	8,2	0,3	5,5	10	0	9,4
0	9,4	10,2	6,6	5	1,1	3,3	12	8,6	3,8	7,8
3,8	7,8	9,4	4,9	7	13,2	4,6	0,1	6,7	7,4	5,8
7,4	5,8	5,4	12,1	8,9	13,8	0	4,5	8,5	7,6	11
7,6		11	13,2	2,3	13,8	0	3,1	8,5	3,8	2,8
3,8		2,8		14,1	0,1	0	1	10,5	0	2,6
0		2,6		10		1,4	0		Summe	41,4
										82,3
										176,3
										227
										270,6
										231,7
										124
										153,8
										164

Anhang 2: Niederschläge; ProPlant GmbH 2011; Betrieb Albrecht (Kap.2.2)

	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oktober	Summe
Jahresniederschläge langj. Mittel Nbg.	38	26	41	34	49	82	57	56	40	43	466
Niederschlag 2011 mm Wetterst.Nbg.	25	24	29	32	59	101	230	75	50	24,6	649,6
Niederschlag 2011 mm (Betrieb)	25	24	37	28	106	140	269	78	31		1115,6
Durchschnittstemperatur langfristiges Mittel °C	-1,1	-0,7	3,1	6,7	12,2	15	16,5	16,7	13,1	9,3	9,1
Durchschnittstemperatur 2011 °C		-2	3,6	11,2	13,5	16,5	16,7	17,2	14,5	10	11,2

Die Werte für Luftfeuchte und langjährige Temperaturverläufe werden an dieser Stelle nicht dargestellt, können aber auf Wunsch angefordert werden.

Anhang 3: Bodenprofil 50 -90 cm; Eigene Aufnahme (2.3.2)



Anhang 4: Tonschicht 90 cm; Eigene Aufnahme (Kap.2.3.2)



Anhang 5: Ganzes Bodenprofil; Eigene Aufnahme (Kap.2.3.2)



Anhang 6:P-Mangel am 08.06.2011; Eigene Aufnahme (Kap.2.8)



Anhang 7:P-Mangel am 14.06.2011; Eigene Aufnahme (Kap.2.8)



Anhang 8:Auflaufkontrollen: Berechnung nach KWS; Eigene Darstellung (Kap.2.9)

Auflaufkontrollen

Datum	18.05.2011	25.05.2011
Zählungen	Pfl./5m	
1	30	30
2	29	31
3	30	30
4	30	30
5	29	30
6	30	33
7	32	34
8	34	35
9	28	30
10	30	32
Summe	302	315
Mittelwert	30,2	31,5
dividiert durch 0,75cm	40	42
dividiert durch 5 =		
Pfl./m²	8	8
Pfl./ha	80533	84000
Saatstärke Pfl./ha	86100	86100
Auflauf in %	94	98
Mittelwert %	96	

Anhang 9: Stängeldurchmesservergleich Variante 1 vs. Variante 3; Eigene Aufnahme (Kap.2.10.2)



Anhang 10: Stängeldurchmesservergleich Variante 1 vs. Variante 4; Eigene Aufnahme (Kap.2.10.2)



Anhang 11: FM-Erträge der Varianten und deren Standardabweichung; Eigene Darstellung (Kap.3.1)

FM Erträge dt/ha						
Varianten	0	5	4	3	2	1
	164	112	144	113	178	116
	118	110	110	172	202	148
	304	235	207	204	205	140
	202	176	354	208	180	201
Standardab.	79,17	59,65	107,93	43,90	14,22	35,85

Anhang 12: TM-Erträge der Varianten und deren Standardabweichung; Eigene Darstellung (Kap.3.1)

TS Erträge dt/ha						
Varianten	0	5	4	3	2	1
	67,24	47,04	67,68	51,98	81,88	51,04
	46,02	50,60	53,90	68,80	70,70	50,32
	115,52	86,95	78,66	81,60	69,70	61,60
	76,76	72,16	130,98	81,12	64,80	80,40
Standardab.	29,08	18,80	33,68	13,92	7,22	14,02

Anhang 13: Nährstoffgehalte der Blattproben: mit Unterfußdüngung und ohne Unterfußdüngung; Eigene Darstellung (Kap. 3.2/3.3)

Mit Unterfußdüngung		P	K	Mg	S	Ca	Na	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	N Kj
		% TS	mg/kg TS	% TS										
	08.06.11 - MU.1	0,15	2,70	0,16	0,29	0,83	0,03	10,34	6,03	268,45	22,97	0,14	11,97	2,62
	08.06.11 - MU.2	0,15	2,24	0,21	0,39	1,31	0,07	14,58	7,81	2.533,29	64,84	0,68	17,96	
Mittelwert	08.06.2011	0,15	2,47	0,18	0,34	1,07	0,05	12,46	6,92	268,45	43,90	0,41	14,97	2,62
	10.07.11 - MU.1	0,19	2,10	0,11	0,18	0,43	0,00	9,35	5,85	129,45	24,47	0,62	13,22	2,06
	10.07.11 - MU.2	0,20	2,34	0,13	0,18	0,51	0,00	10,27	5,13	157,73	28,42	0,00	11,54	1,94
Mittelwert	10.07.2011	0,20	2,22	0,12	0,18	0,47	0,00	9,81	5,49	143,59	26,45	0,31	12,38	2,00
	01.08.11 - 2.1 + MU	0,16	1,62	0,09	0,12	0,58	0,01	14,44	4,03	202,45	26,67	0,25	25,35	1,55
	01.08.11 - 2.2 + MU	0,14	1,59	0,09	0,11	0,52	0,01	14,03	3,76	173,47	23,98	0,00	28,39	1,39
Mittelwert	01.08.2011	0,15	1,60	0,09	0,12	0,55	0,01	14,24	3,90	187,96	25,33	0,13	26,87	1,47
	22.08.11 - 2.1 + MU	0,25	1,95	0,12	0,17	0,49	0,01	7,70	6,49	148,62	26,12	0,00	30,04	2,24
	22.08.11 - 2.2 + MU	0,20	1,98	0,09	0,11	0,35	0,01	4,83	4,23	119,44	20,51	0,38	20,92	1,52
Mittelwert	22.08.2011	0,23	1,96	0,10	0,14	0,42	0,01	6,27	5,36	134,03	23,31	0,19	25,48	1,88
Ohne Unterfußdüngung		P	K	Mg	S	Ca	Na	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	N Kj
	111412-1000003	0,13	2,26	0,20	0,29	1,08	0,06	13,09	6,64	1.283,13	41,68	0,08	13,70	2,42
	111412-1000004	0,13	2,44	0,19	0,39	1,19	0,07	14,16	6,13	534,15	25,33	1,05	17,54	
Mittelwert	08.06.2011	0,13	2,35	0,19	0,34	1,13	0,06	13,63	6,38	534,15	33,50	0,57	15,62	2,42
	111412-1000007	0,18	2,31	0,11	0,18	0,48	0,00	8,79	5,35	162,08	22,29	0,19	14,15	1,78
	111412-1000008	0,21	2,35	0,12	0,21	0,43	0,00	11,75	7,49	144,36	27,38	0,05	14,24	2,53
Mittelwert	10.07.2011	0,19	2,33	0,12	0,20	0,46	0,00	10,27	6,42	153,22	24,83	0,12	14,20	2,15
	111412-1000009	0,19	1,68	0,10	0,13	0,49	0,01	11,69	4,74	152,01	35,65	0,66	34,85	1,65
	111412-1000010	0,13	1,61	0,09	0,11	0,45	0,01	10,16	2,94	105,91	20,71	1,11	21,95	1,42
Mittelwert	01.08.2011	0,16	1,64	0,09	0,12	0,47	0,01	10,93	3,84	128,96	28,18	0,88	28,40	1,54
	111412-1000017	0,21	2,11	0,11	0,13	0,42	0,01	5,78	5,56	126,18	28,39	0,20	21,96	1,68
	111412-1000018	0,18	2,08	0,09	0,14	0,42	0,01	6,96	9,31	130,51	27,91	0,00	20,53	1,68
Mittelwert	22.08.2011	0,19	2,10	0,10	0,14	0,42	0,01	6,37	7,44	128,34	28,15	0,10	21,24	1,68

Anhang 14: Nährstoffgehalte der Blattproben: Varianten 2 - 5; Eigene Darstellung (Kap. 3.2/3.3)

Variante 2		P	K	Mg	S	Ca	Na	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	N Kj
		% TS	% TS	% TS	% TS	% TS	% TS	mg/kg TS	% TS					
	111412-1000011	0,16	1,62	0,09	0,12	0,58	0,01	14,44	4,03	202,45	26,67	0,25	25,35	1,55
	111412-1000012	0,14	1,59	0,09	0,11	0,52	0,01	14,03	3,76	173,47	23,98	0,00	28,39	1,39
Mittelwert	01.08.11 - 2	0,15	1,60	0,09	0,12	0,55	0,01	14,24	3,90	187,96	25,33	0,13	26,87	1,47
	111412-1000019	0,25	1,95	0,12	0,17	0,49	0,01	7,70	6,49	148,62	26,12	0,00	30,04	2,24
	111412-1000020	0,20	1,98	0,09	0,11	0,35	0,01	4,83	4,23	119,44	20,51	0,38	20,92	1,52
Mittelwert	22.08.11 - 2	0,23	1,96	0,10	0,14	0,42	0,01	6,27	5,36	134,03	23,31	0,19	25,48	1,88
		0,35 - 0,60	2,8 - 5,0	0,25 - 0,40	0,2 - 0,3			7 - 15	7 - 15	50 - 150	40 - 100		30 - 70	3,5 - 5,0
Variante 3		P	K	Mg	S	Ca	Na	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	N Kj
	111412-1000013	0,13	1,73	0,08	0,10	0,46	0,01	11,93	4,23	112,21	18,94	0,17	23,86	1,37
	111412-1000014	0,16	1,75	0,09	0,12	0,52	0,01	13,24	3,72	138,22	23,37	1,55	33,66	1,17
Mittelwert	01.08.11 - 3	0,15	1,74	0,09	0,11	0,49	0,01	12,59	3,98	125,22	21,16	0,86	28,76	1,27
	111412-1000021	0,20	1,98	0,10	0,13	0,44	0,01	4,39	4,74	125,50	25,31	0,00	31,42	1,51
	111412-1000022	0,22	1,98	0,11	0,15	0,50	0,01	5,60	6,10	133,66	24,19	0,00	39,42	1,94
Mittelwert	22.08.11 - 3	0,21	1,98	0,11	0,14	0,47	0,01	5,00	5,42	129,58	24,75	0,00	35,42	1,73
		0,35 - 0,60	2,8 - 5,0	0,25 - 0,40	0,2 - 0,3			7 - 15	7 - 15	50 - 150	40 - 100		30 - 70	3,5 - 5,0
Variante 5		P	K	Mg	S	Ca	Na	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	N Kj
	111412-1000015	0,11	1,66	0,08	0,11	0,45	0,02	11,17	3,87	155,88	19,33	0,47	27,11	1,28
	111412-1000016	0,18	1,69	0,10	0,12	0,47	0,01	15,34	4,03	169,33	24,56	1,06	34,51	1,51
Mittelwert	01.08.11 - 5	0,15	1,67	0,09	0,11	0,46	0,01	13,26	3,95	162,61	21,95	0,77	30,81	1,39
	111412-1000023	0,19	1,96	0,10	0,13	0,45	0,01	5,97	4,94	130,83	23,29	0,00	42,65	1,62
	111412-1000024	0,20	2,07	0,10	0,13	0,45	0,01	7,90	5,30	140,87	30,60	0,00	46,12	1,62
Mittelwert	22.08.11 - 5	0,19	2,02	0,10	0,13	0,45	0,01	6,94	5,12	135,85	28,94	0,00	44,38	1,62

Anhang 15:Nährstoffgehalte der einzelnen Varianten und Plots in der GPS; Eigene Darstellung (Kap.3.4/3.5)

GPS Ergebnisse	Variante 0	P	K	Mg	S	Ca	Na	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	N Kj
		% TS	% TS	% TS	% TS	% TS	% TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	% TS
111412-1000025	0.1	0,07	1,20	0,08	0,07	0,31	0,01	7,33	2,73	207,02	48,96	0,00	19,70	0,66
111412-1000026	0.2	0,11	1,31	0,09	0,07	0,22	0,01	7,95	4,36	81,73	50,29	0,56	17,14	0,68
111412-1000027	0.3	0,07	1,06	0,08	0,06	0,24	0,01	6,83	2,14	139,36	41,67	0,00	12,16	0,65
111412-1000028	0.4	0,10	1,34	0,10	0,07	0,25	0,01	7,67	3,15	145,43	53,71	0,00	15,90	0,67
Mittelwert		0,09	1,23	0,09	0,07	0,25	0,01	7,45	3,09	143,39	48,66	0,14	16,23	0,64
Standardabweichung		0,02	0,13	0,01	0,00	0,04	0,00	0,48	0,94	51,22	5,07	0,28	3,14	0,06
		0,35 - 0,60	2,8 - 5,0	0,25 - 0,40	0,2 - 0,3			7 - 15	7 - 15	50 - 150	40 - 100		30 - 70	3,5 - 5,0
Variante 5		P	K	Mg	S	Ca	Na	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	N Kj
111412-1000045	5.1	0,07	1,10	0,07	0,06	0,24	0,01	6,54	1,41	139,21	37,55	0,55	10,86	0,64
111412-1000046	5.2	0,09	1,24	0,10	0,06	0,25	0,01	9,11	2,18	96,07	44,90	1,77	14,35	0,70
111412-1000047	5.3	0,07	1,12	0,08	0,07	0,26	0,01	5,34	1,73	184,75	40,63	0,42	15,49	0,65
111412-1000048	5.4	0,15	1,00	0,09	0,07	0,14	0,00	6,09	2,71	101,10	34,15	1,25	18,17	0,88
Mittelwert		0,10	1,12	0,09	0,07	0,22	0,00	6,77	2,01	130,28	39,31	1,00	14,72	0,72
Standardabweichung		0,04	0,10	0,01	0,00	0,06	0,00	1,64	0,56	41,10	4,57	0,63	3,03	0,11
		0,35 - 0,60	2,8 - 5,0	0,25 - 0,40	0,2 - 0,3			7 - 15	7 - 15	50 - 150	40 - 100		30 - 70	3,5 - 5,0
Variante 4		P	K	Mg	S	Ca	Na	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	N Kj
111412-1000041	4.1	0,08	1,21	0,09	0,06	0,27	0,01	6,36	1,90	125,14	43,53	1,18	12,53	0,62
111412-1000042	4.2	0,08	1,18	0,09	0,06	0,31	0,01	6,99	1,96	130,89	43,12	0,36	15,25	0,56
111412-1000043	4.3	0,10	1,13	0,09	0,06	0,22	0,00	8,09	2,03	101,25	37,65	0,00	13,66	0,82
111412-1000044	4.4	0,09	1,17	0,08	0,07	0,22	0,01	6,90	1,67	109,76	40,21	1,26	14,04	0,72
Mittelwert		0,09	1,17	0,09	0,07	0,25	0,00	7,08	1,89	116,76	41,13	0,70	13,87	0,68
Standardabweichung		0,01	0,03	0,01	0,01	0,05	0,00	0,72	0,15	13,66	2,75	0,62	1,12	0,11
		0,35 - 0,60	2,8 - 5,0	0,25 - 0,40	0,2 - 0,3			7 - 15	7 - 15	50 - 150	40 - 100		30 - 70	3,5 - 5,0
Variante 3		P	K	Mg	S	Ca	Na	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	N Kj
111412-1000037	3.1	0,09	1,46	0,08	0,06	0,27	0,01	6,94	2,43	97,07	52,10	0,83	12,60	0,60
111412-1000038	3.2	0,09	1,52	0,08	0,07	0,28	0,00	7,40	1,91	132,50	49,77	0,97	12,79	0,61
111412-1000039	3.3	0,08	1,34	0,12	0,07	0,32	0,01	5,10	2,15	101,59	58,79	1,83	13,04	0,60
111412-1000040	3.4	0,09	1,23	0,08	0,06	0,20	0,00	5,42	1,53	88,55	36,47	0,00	11,60	0,79
Mittelwert		0,09	1,39	0,09	0,07	0,27	0,01	6,21	2,00	104,93	49,28	0,91	12,51	0,65
Standardabweichung		0,00	0,13	0,02	0,00	0,05	0,00	1,13	0,38	19,16	9,36	0,75	0,63	0,10
		0,35 - 0,60	2,8 - 5,0	0,25 - 0,40	0,2 - 0,3			7 - 15	7 - 15	50 - 150	40 - 100		30 - 70	3,5 - 5,0
Variante 2		P	K	Mg	S	Ca	Na	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	N Kj
111412-1000033	2.1	0,10	1,43	0,10	0,07	0,32	0,01	6,07	2,73	116,91	54,25	0,00	10,99	0,62
111412-1000034	2.2	0,07	1,28	0,08	0,06	0,25	0,01	6,81	1,86	170,02	42,01	0,40	8,85	0,58
111412-1000035	2.3	0,13	1,26	0,11	0,07	0,22	0,00	6,57	2,83	131,49	42,34	1,86	13,11	0,71
111412-1000036	2.4	0,09	1,36	0,10	0,07	0,36	0,01	8,52	2,27	334,47	63,01	1,03	9,56	0,56
Mittelwert		0,09	1,33	0,10	0,07	0,29	0,01	6,99	2,42	188,22	50,40	0,82	10,63	0,62
Standardabweichung		0,02	0,08	0,01	0,00	0,06	0,00	1,06	0,45	100,04	10,15	0,81	1,88	0,06
		0,35 - 0,60	2,8 - 5,0	0,25 - 0,40	0,2 - 0,3			7 - 15	7 - 15	50 - 150	40 - 100		30 - 70	3,5 - 5,0
Variante 1		P	K	Mg	S	Ca	Na	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	N Kj
111412-1000029	1.1	0,12	1,16	0,11	0,07	0,27	0,01	9,16	2,83	131,84	42,27	0,00	15,31	0,64
111412-1000030	1.2	0,08	1,11	0,10	0,06	0,26	0,01	6,08	2,31	92,50	39,67	0,00	12,38	0,61
111412-1000031	1.3	0,09	1,13	0,09	0,06	0,27	0,01	7,16	2,20	124,90	43,95	0,00	12,21	0,64
111412-1000032	1.4	0,10	1,06	0,08	0,07	0,19	0,01	6,31	1,97	106,40	31,85	0,00	13,48	0,69
Mittelwert		0,10	1,11	0,09	0,07	0,25	0,01	7,17	2,33	113,91	39,44	0,00	13,34	0,64
Standardabweichung		0,019	0,042	0,015	0,005	0,038	0,001	1,401	0,366	17,863	5,355	0,000	1,428	0,032

Anhang 16: Stängeldurchmesser; Eigene Darstellung (Kap.3.7)

Varianten	5				2				
	13	14	10	17	15	10	14	18	
	15	16	14	14	13	12	14	17	
	13	15	10	14	17	14	20	14	
	17	18	12	10	14	15	17	14	
	11	17	12	13	15	13	14	13	
	13	22	12	13	15	13	17	16	
	15	16	12	14	14	16	16	17	
	15	15	10	15	12	15	14	18	
	14	16	12	14	10	16	14	13	
	15	13	11	12	17	12	16	17	
Mittelwert	13,85 mm				14,78 mm				
Varianten	4				1				
	15	15	15	19	11	14	12	15	
	12	16	10	18	14	13	16	10	
	16	18	16	18	14	14	12	11	
	12	15	12	14	17	15	18	14	
	10	12	14	17	18	16	14	13	
	11	12	14	17	18	13	14	13	
	12	13	12	18	15	16	17	12	
	12	14	11	14	15	17	11	9	
	11	15	12	20	16	15	15	12	
	11	13	17	16	12	14	14	14	
Mittelwert	14,23 mm				14,08 mm				
Varianten	3				0				
	16	14	17	13	15	10	11	17	
	11	17	14	13	13	14	13	18	
	11	15	16	14	14	14	15	18	
	14	14	18	15	15	13	15	18	
	14	14	11	12	12	14	14	15	
	13	15	15	13	13	10	14	15	
	15	15	17	14	14	10	15	13	
	19	16	18	15	14	13	15	21	
	15	18	16	12	14	11	15	13	
	10	21	16	15	16	8	17	17	
Mittelwert	14,78 mm				14,15 mm				

Anhang 17: Stängeldurchmesser und ihre Standardabweichungen; Eigene Darstellung (Kap.3.7)

Stängeldurchmesser Ø						
Varianten	0	5	4	3	2	1
	14,15	13,85	14,23	14,78	14,78	14,08
Standardab.	2,52728698	2,46566161	2,66494335	2,31480741	2,1541552	2,20008741

Anhang 18: Anova: Einfaktorielle Varianzanalyse der Stängeldurchmesser (Kap.3.7)

Anova: Einfaktorielle Varianzanalyse

ZUSAMMENFASSUNG						
Gruppen	Anzahl	Summe	Mittelwert	Varianz		
13	29	388	13,3793103	5,10098522		
14	29	450	15,5172414	5,40147783		
10	29	396	13,6551724	6,44827586		
17	29	426	14,6896552	5,50738916		
15	29	417	14,3793103	3,88669951		
10	29	390	13,4482759	4,54187192		
14	29	429	14,7931034	4,09852217		
18	29	427	14,7241379	7,63546798		

ANOVA						
Streuungsursache	Quadratsummen (SS)	Freiheitsgrade (df)	Quadratsumme/Prüfgröße (F)	P-Wert	kritischer F-Wert	
Unterschiede zwis	117,375	7	16,7678571	3,14736477	0,00342234	2,050622067
Innerhalb der Grup	1193,37931	224	5,32758621			
Gesamt	1310,75431	231				