



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften

Fachgebiet Pflanzenernährung und Bodenkunde

Prof. Dr. sc. agr. Bernhard Seggewiß

Dipl.-Ing. agr. Bernd Schulze

Bachelorarbeit

„Winterzwischenfrucht Roggen im Mais in Mecklenburg-Vorpommern“ (Feldversuch)

urn:nbn:de:gbv:519-thesis2012-0339-8

von

Maria Leifels

Dezember 2012

Abstract

Is rye suited as intertillage between maize crops? A field test was set up for the duration of one year. The monitoring focused on ground water, nitrogen content in the soil and growth of both crops. What advantage comes from rye as intertillage? The dry matter yields of 350 kilograms rye per hectare are quite low. Even nitrogen can be increased only slightly. The water balance must be controlled by the date of the rye harvesting. The corn stalks grow larger in diameter after an intertillage of rye.

Zusammenfassung

Eignet sich Roggen als Winterzwischenfrucht im Maisanbau? In einem Feldversuch wird ein Jahr lang beobachtet, wie sich das Bodenwasser, der Stickstoffgehalt im Boden sowie der Aufwuchs der Zwischenfrucht und des Maises entwickeln. Welche Vorteile bietet die Erstfrucht für die Hauptfrucht, in kurzer Vegetationszeit? Die Trockenmasseerträge des Roggens sind mit 3,5 Dezitonnen je Hektar sind sehr gering. Auch der Bodenstickstoff kann nur wenig erhöht werden. Der Wasserhaushalt muss über den Umbruchtermin des Roggens gesteuert werden, um der Nachfrucht gerecht zu werden. Der Mais allerdings weist größere Stängeldurchmesser auf, wo vorher die Winterzwischenfrucht stand.

Inhaltsverzeichnis

Seite

Verzeichnis der Abbildungen	4
Verzeichnis der Tabelle	5
Verzeichnis der Abkürzungen	6
1. Einleitung	7
2. Stand des Wissens	8
2.1 Maisanbau in Mecklenburg-Vorpommern	8
2.2 Energiepflanze Mais	9
2.3 Winterzwischenfrucht Roggen	11
2.3.1 Erosionsminderung durch Winterzwischenfrüchte	13
2.3.2 Wasserhaushalt im Winterzwischenfruchtanbau	14
2.3.3 Humushaushalt im Winterzwischenfruchtanbau	15
2.3.4 Fruchtfolge im Winterzwischenfruchtanbau	16
2.3.5 Stickstoffhaushalt im Winterzwischenfruchtanbau	17
3. Material und Methoden	19
3.1 Versuchsbetrieb	19
3.2 Versuchsaufbau	20
3.3 Bodenverhältnisse	24
3.4 Versuchspflanzen	25
3.5 Messungen	26
3.5.1 Niederschlag und Temperaturen	26
3.5.2 Auflaufergebnis	26
3.5.3 Bodenwasser	26
3.5.4 Mineralischer Bodenstickstoff	27
3.5.5 Pflanzenmasse Zwischenfrucht	27
3.5.6 Stängelhalsdurchmesser Hauptfrucht	27
4. Darstellung und Diskussion der Ergebnisse	28
4.1 Niederschlag und Temperaturen	28
4.2 Auflaufergebnisse	29
4.3 Bodenwasserhaushalt	31
4.4 Mineralischer Stickstoff im Boden	34
4.5 Pflanzenmasse	39
4.6 Stängeldurchmesser Mais	40
5. Schlussfolgerung	41
6. Literaturverzeichnis	43
7. Anhang	46

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Luftbild des Betriebes (Quelle: Google Maps)	19
Abbildung 2: Genordnete Versuchsübersicht (Quelle: Reichschätzungskarte, eigene Darstellung).....	21
Abbildung 3: Versuchsaufbau der beiden Blockanlagen (Quelle: Reichschätzungskarte, eigene Darstellung).....	22
Abbildung 4: Gliederung einer Blockanlage (eigene Darstellung).....	23
Abbildung 5: Auszug aus der Schätzungskarte	
(Quelle: Reichschätzungskarte; eigene Darstellung).....	24
Abbildung 6: Niederschlagsverteilung in Liepen von Januar 2011 bis Oktober 2012 (Werte: Betrieb J. Leifels, ProPlant GmbH; eigene Darstellung)	28
Abbildung 7: Temperaturverlauf, Standort Liepen von Januar 2011 bis Oktober 2012 (Werte: Betrieb J. Leifels, ProPlant GmbH; eigene Darstellung)	29
Abbildung 8: Auflaufergebnis Roggen in Pflanzen/m ² , Standort Liepen im November 2011 (Quelle: eigene Ermittlungen).....	30
Abbildung 9: Auflaufergebnis Mais im Bereich von 23 bis 27 Pflanzen/m ² , Standort Liepen am 14.06.2012 (Quelle: eigene Ermittlungen).....	31
Abbildung 10: Bodenwassergehalte mit Abweichungen am 03.11.2011 (Quelle: eigene Ermittlung)	32
Abbildung 11: Bodenwassergehalte mit Abweichungen 22.03.2012 (Quelle: eigene Ermittlung)	33
Abbildung 12: Ammoniumgehalt in kg/ha am 22.03.2012 (Quelle: VDL LUFA)	35
Abbildung 13: Nitratgehalt in kg/ha am 22.03.2012 (Quelle: VDL LUFA).....	36
Abbildung 14: Mineralischer Stickstoff einzelner Bodentiefen in kg/ha am 22.03.2012, (Quelle: VDL LUFA).....	37
Abbildung 15: Mineralischer Stickstoff in kg/ha am 22.03.2012, (Quelle: VDL LUFA) .	38
Abbildung 16: Trockenmasse Roggen in dt/ha, am 28.03.2012 (Quelle: eigene Ermittlung)	39
Abbildung 17: Stängeldurchmesser Mais, am 27.08.2012 (Quelle: eigene Ermittlungen)	40

Verzeichnis der Tabelle

Tabelle 1: Frischmasse Roggen und Stickstoffgehalt des Roggenaufwuchses
am 28.03.2012 (Quelle: eigene Darstellung)

38

Verzeichnis der Abkürzungen

AHL	Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung
BVVG	Bodenverwertungs- und -verwaltungs GmbH
C	Kohlenstoff
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
dt	Dezitonne
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EVA	„Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands“ - Förderprojekt der Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe
FM	Frischmasse
FAL	Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft
GPS	Ganzpflanzensilage oder Global Positioning System
ha	Hektar
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
kW	Kilowatt
LFA	Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei MV
LfL	Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft
LMS	Landwirtschaftsberatung Mecklenburg-Vorpommern
LTZ	Landwirtschaftlichen Technologiezentrum Augustenberg
VDLUFA	Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
MJNEL	Megajoule Nettoenergielaktation
MV	Mecklenburg-Vorpommern
MW	Megawatt
N	Stickstoff
N _{min}	mineralischer Stickstoff
NH ₄	Ammonium
NO ₃	Nitrat
SL	stark lehmiger Sand
SI	anlehmiger Sand
TM	Trockenmasse
TS	Trockensubstanz
ZALF	Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V.

1 Einleitung

Der Anbau nachwachsender Rohstoffe zur Erzeugung von Strom, Biokraftstoffen und Wärme nimmt innerhalb Mecklenburg-Vorpommerns stetig zu. Mais bleibt weiterhin der wichtigste Rohstoff zur Methanproduktion, sein Anbauumfang konnte in MV seit dem Jahre 2000 mehr als verdoppelt werden. In den ehemaligen Landkreisen Güstrow, Ludwigslust und Uecker-Randow liegt der Silomaisanteil am Ackerland bereits über 15 %.¹ Da Mais als C4-Pflanze auch auf sandigen Standorten hohe Trockenmassen bilden kann, im Anbau selbstverträglich ist und mit wenigen Pflanzenschutzmaßnahmen auskommt, kommt es immer häufiger zum Anbau von Mais in der Selbstfolge. Der Abnehmermarkt ist landesweit erschlossen, im Umkreis von über 15 km fahren auch größere Anlagenbetreiber von Biogasanlagen ihre Rohstoffe zusammen, kleinere Anlagenbetreiber und Milchviehbetriebe bauen ihren Mais silonah an. Diese zunehmende Einengung der Fruchtfolge gilt es zu begrenzen, zumal Mais stark humuszehrend ist. Es stellt sich die Aufgabe nach der Optimierung des Maisanbaues, zur Schonung der Bodenfruchtbarkeit und zur effizienteren Biomasseproduktion. Winterzwischenfrüchte böten die Bodenbedeckung über Winter, schützen somit vor Erosionen, halten Nährstoffe in obere Bodenschichten, nutzen die Niederschläge der kalten Jahreszeit und erzielen bei nicht Abfuhr eine positive Humusbilanz.

In welcher Weise kann dazu die Winterzwischenfrucht Roggen dienen, gerade bei enger Maisfruchtfolge bis hin zur Maismonokultur? Diese Frage versucht diese Untersuchung zu beleuchten. Schafft es der Roggen bei den Klimaverhältnissen von MV in der Zeit nach der Maisernte bis zur erneuten Maisaussaat einen Bestand zu etablieren, den es sich auch ohne politische Unterstützung lohnt anzubauen? Welche Erträge sind von dem Roggen theoretisch zu erwarten? Wie gestalten sich die produktionsbegrenzenden Faktoren das Wasser und die Temperaturen? Vor diesem Hintergrund wurde ein einjähriger Versuch auf einer Fläche des Landwirtschaftsbetriebes Johannes Leifels angelegt, hier wurde nach der Silomaisernte im Oktober 2011 Roggen gesät, um diesen im folgenden Frühjahr umzubrechen. Ende April erfolgte das Maislegen in Mulchsaat, dessen Aufwuchs es ebenfalls zu dokumentieren gilt.

¹ (Gurgel, Dr. A.; LFA, 2007, S. 14)

2 Stand des Wissens

2.1 Maisanbau in Mecklenburg-Vorpommern

Mit dem deutschen Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (EEG) vom März 2000² beginnt die politische Förderung von Strom aus erneuerbaren Quellen. Die aktuelle Zielsetzung sieht die Erhöhung des Anteiles erneuerbarer Energien an der Stromversorgung auf 35 % im Jahr 2020 und 80 % in 2050 vor, es garantiert deren Erzeugern feste Einspeisevergütungen. Eine Folge ist die Umnutzung vieler Ackerflächen in Deutschland, die zuvor überwiegend der Nahrungsmittel- und der Futtermittelproduktion dienten. Die Novellen des EEG beschleunigen die Zunahme der Biogasanlagen in Mecklenburg-Vorpommern, so gab es im Jahr 2001 noch 10 Biogasanlagen mit einer Produktion von 3,8 MW elektrischer Leistung, im Jahre 2006 waren es 115 Anlagen die 64,8 MW produzierten und 2010 gibt es bereits 270 Anlagen die 157 MW elektrische Leistung aufweisen.³ Somit lässt sich auch die Ausweitung des Silomaisanbaus in MV von 72.130 Hektar im Mittel der Jahre 1997-2002 auf 155.200 Hektar im Jahr 2011 erklären.⁴ Der Flächenanteil des Silomaises, welcher für die Milchproduktion angebaut wird, ist in MV seit 1999 gleichbleibend und liegt bei etwa 63.000 bis 74.000 ha.⁵ Der Anteil, der für die Methanproduktion angebaut wird, ist seit 2001 von 432 ha auf geschätzte 39.600 ha in 2010 gestiegen. Der rasante Anstieg, der sich in den letzten Jahren vollzog, erklärt sich auch durch die Novellen des EEG 2004, 2009, 2011. Mit jeder Novelle werden die auf 20 Jahre gesicherten Preisgarantien neu geregelt, was dazu führt, dass Anlagen in das alte EEG versucht hineingebaut zu werden, so erklärt sich der Anlagenbauboom 2010. Um die höhere Vergütung des EEG Stand 2009 zu erzielen, muss die Anlage bis zum 31.12.2010 in Betrieb genommen sein, ansonsten gelten die neuen Vergütungssätze des Jahres 2011. Mit den Neuerungen werden zunehmend die Vergütungen in Form von Boni gezahlt, welche an gewisse umweltschonende Auflagen gebunden sind. Neben der Nutzung der anfallenden Wärme wird über die Boni auch der Maisanteil reduziert, etwa über den Gülle-Bonus, oder

² (Bundes Gesetz Blatt I, 2000, S. 305)

³ (Rüdiger Buck, 2012, S. 1)

⁴ (Statistisches Landesamt MV, 2003, 2009)

⁵ (Gurgel, Dr. A.; LFA, 2007, S. 11)

seit 2012 über die Begrenzung des Maiseinsatzes auf 60 %.⁶ In Zukunft nimmt der Boom der Ausweitung der Anlagen auch auf Grund der gesetzlichen Anforderungen ab. Neue Anlagen lohnen sich nur noch, wenn alle Voraussetzungen erfüllt sind, was mit der Wärmenutzung und der Verwendung von Gülle, den Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen und den technologischen Ansprüchen nur noch von zunehmend weniger neuen Anlagen erfüllt werden kann. Somit liegt der Anteil der Anbauflächen von Mais in MV im Jahr 2011 bei 14,37 % Silomais und bei 0,55 % Körnermais.⁷ Zu bedenken ist die unterschiedliche Intensität des Anbauumfanges in den einzelnen Regionen, so erreichen die ehemaligen Landkreise Ludwigslust, Güstrow und Uecker-Randow die höchsten Silomaisanteile in Bezug zum Ackerland mit 15 bis zu 25 %.⁸ Es kommt immer häufiger zum Maismonokulturanbau: um Transportkosten gering zu halten, wird der Mais möglichst nahe am Silo gelegt, was die Fruchtfolge auf solchen Flächen einengt. Zunehmend werden aus der Produktion genommene Flächen bewirtschaftet, da Mais sich für den Anbau auf sandigen Böden eignet. Die Erscheinung der zeitlich begrenzten Pacht ausgeschriebener Flächen der BVVG nimmt zu, der Meistbietende erhält hier Pachtverträge über fünf Jahre. Genutzt werden diese Flächen häufig für den Maismonokulturanbau, welcher wenige Pflegemaßnahmen benötigt. In dieser Form lassen sich auch weit entfernte Flächen nutzen. Nach dieser Zeit haben die Flächen allerdings an Fruchtbarkeit verloren, da der Silomais dem Boden die Humusvorräte mit 560 bis 800 kg C/ha und Jahr entzieht.⁹ Laut Ullrich ist durch den starken Ausbau der Biogasanlagen seit dem Jahr 2000, der Marktwert von Silomais zunehmend attraktiv.¹⁰ Mais ist demnach in der Fruchtfolge in Mecklenburg-Vorpommern angekommen, was als Fruchtfolgeerweiterung und somit positiv für die Diversität der angebauten Kulturen der reinen Marktfruchtbetriebe angesehen werden kann.

2.2 Energiepflanze Mais

Mais ist der wichtigste Rohstoff zur Erzeugung von Methan. Als C4-Pflanze ist er in der Lage, bei hohen Temperaturen viel Trockenmasse von 16,8 t/ha zu bilden, bei einem

⁶ (Bundesgesetzblatt I, 2012)

⁷ (Statistisches Landesamt MV, 2011)

⁸ (Gurgel, Dr. A.; LFA, 2007, S. 14)

⁹ (Fachagentur nachwachsende Rohstoffe, nach VDLUFA, 2009, S. 150)

¹⁰ (Ullrich, J.; LMS, 2011, SS. 7, f., 13)

geringen Transpirationskoeffizienten von 205 bis 215 l/kg TM, in Abhängigkeit vom Wasserregime.¹¹ Demnach ist Mais aber nicht wasserstressunempfindlich, der Wasserverbrauch liegt in dem Versuch der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe bei 340 bis 455 mm/a,¹² aber C4-Pflanzen sind den C3-Pflanzen bei Trockenstress überlegen. Der C4-Stoffwechsel ermöglicht dem Mais die Speicherung von CO₂ als Malat und somit eine höhere Photosyntheseleistung, wenn die Stomata geschlossen sind, was bei hohen Temperaturen der Fall ist. Ohne die Gabe von organischen Düngern sind die Humussalden von Energiepflanzen nicht nachhaltig, da Maisstroh mit geerntet wird, verbraucht der Silomais viel Humus. Der Bedarf von Silomais an Kohlenstoff liegt bei 566–969 kg C/ha oder 1,35 Humuseinheiten.¹³ Der Mais gilt als effizienter Gülle- verwerter, der die Rückführung von Gärresten gut verträgt.¹⁴ Zudem nutzt er Stickstoff besonders effizient, er verbraucht mit 20 kg Stickstoff je 10.000 Megajoule Nettoenergie- laktation (MJ NEL) 20 bis 30 % weniger als andere Kulturpflanzen.¹⁵ Der Anbau von Mais ist über mehrere Jahre auf dem gleichen Feld möglich, da er selbstverträglich ist,¹⁶ allerdings entstehen langfristig Probleme mit herbizidresistenten Ungräsern und Schädlingen, die im nicht europäischen Ausland mit gentechnisch veränderten Maissorten behoben werden. Die negativen Auswirkungen auf den Boden nehmen beim Monokulturanbau von Silomais zu. Die Wind- und Wassererosionsgefahr ist bei Mais besonders in der langen Jugendphase hoch, aber auch die Winterbrache ist erosionsgefährdet und zudem drohen die Nährstoffe auszuwaschen. Hier sind Zwischenfrüchte sinnvoll, welche außerdem die biologische Aktivität erhöhen.¹⁷ Der Pflanzenschutz macht laut Ullrich mit 12 €/ha nur 2,1 % der Direktkosten aus und ist beim Mais somit nicht aufwendig.¹⁸ Aber Fusariosen können durch Maisstroh auf nachfolgende Früchte wie Mais oder Getreide übertragen werden und Schädlinge bedrohen den Mais auch zunehmend in Deutschland.¹⁹ Da der Maisanbau von Mitte April bis Ende Oktober erfolgt, ist es schwer, ihn in die Fruchtfolge einzugliedern, was wiederum die Maiselbst-

¹¹ (Gülzower Fachgespräche Band 34, 2009, S. 110)

¹² (Schittenhelm & JKI, 2009, S. 8)

¹³ (Leithold & Hülsbergen, 1997, SS. 43-54)

¹⁴ (Ullrich, J.; LMS, 2011, SS. 2, 7)

¹⁵ (Maiskomitee, 2011, S. 1)

¹⁶ (Eckel, H.; KTBL, 2006, S. 95)

¹⁷ (Thome, Prof. Dr. U.; Hochschule Neubrandenburg, 2011, S. 71)

¹⁸ (Ullrich, J.; LMS, 2011, SS. 17, f.)

¹⁹ (Mastel, K.; LTZ, 2007, S. 4)

folge begünstigt. Die Wintergetreide sollen möglichst vor Oktober gedrillt werden, um genügend Aufwuchs vor dem Winter zu erlangen, sie sind in Mecklenburg-Vorpommern die häufigste Frucht nach dem Mais.

2.3 Winterzwischenfrucht Roggen

Ziel des Winterzwischenfruchtanbaus ist es, die Flächenproduktivität zu steigern, den Boden und die Gewässer vor Stoffeinträgen zu schützen, Humus zu liefern, die Biodiversität zu steigern und Futter- bzw. Biomasse zu erzeugen.²⁰ In Deutschland betrug der Zwischenfruchtanbau im Jahr 2003 eine Fläche von 933.697 ha, 100.980 davon dienten der Futtergewinnung. Winterroggen ist das leistungsfähigste und ertragsicherste Getreide für Anbaugelände leichter Böden, sein kräftiges Wurzelsystem ermöglicht es ihm, die Nährstoffe aus dem Boden gut anzueignen und die Winterniederschläge gut auszunutzen.²¹ Grünschnittroggen erreicht bis Mitte Mai ausreichend Pflanzenmasse aus Halm und Blättern, in Mecklenburg bringt diese Winterzwischenfrucht einen Ertrag von ca. 52 dt TM/ha²² und kann somit als Vorfrucht vor dem Mais angebaut werden. Roggen hat einen geringeren Transpirationskoeffizienten mit 400 l/kg TS als Winterweizen und Wintergerste.²³ Auch die Versuche in Gülzow zwischen 2005 und 2007 beweisen die Anbauwürdigkeit des Zweikulturnutzungssystems mit Mais als Hauptfrucht. Winterzwischenfrüchte sollten winterhart sein, um sie ernten und Ganzpflanzensilage aus ihnen machen zu können. Bei Nichtnutzung der Winterzwischenfrucht ist eine abfrierende Frucht möglich, allerdings lässt sich dann die Frühjahresmineralisation nicht nutzen. Winterroggen ist das Getreide mit der höchsten Kältefestigkeit mit bis zu -25 °C und beginnt im Frühjahr als erstes ab +3 °C mit dem Wachstum.²⁴ Winterroggen ist ertragsstärker und –sicherer als Welsches Weidelgras und als Winterrübsen,²⁵ zudem ist Roggen auch spätsaatverträglicher, bis Ende Oktober ist die Saat möglich. Um die 4,62 t TM/ha ist bei speziell für die frühe Futtergewinnung gezüchteten Roggensorten möglich zu ernten, Grünschnittroggen nennt man diesen Roggenan-

²⁰ (Lütke Entrup, Prof. Dr. N.; Hötte, S.; Fachhochschule Südwestfalen, 2008, S. 3)

²¹ (Dörre, 1979, SS. 6, 12)

²² (Dietze, M.; LFA, 2010, S. 27)

²³ (KWS Lochnow, 2011, SS. 9, f.)

²⁴ (Dörre, 1979, S. 9)

²⁵ (Eder, B.; Sticksel, Dr. E.; Eder, Dr. J.; LfL, 2008, S. 1)

bau.²⁶ Problematisch ist, dass die Trockensubstanzgehalte nicht für die Silierung aus dem Stand ausreichen, für die verlustfreie Konservierung ist das Anwelken nötig. Für die Kombination des Anbaus von einer Winterzwischenfrucht und Biogasmais ist eine ausreichend lange Vegetationsphase wichtig, ein langer Winter käme dem nicht entgegen. Die Massenwüchsigkeit der Zwischenfrüchte ist im zeitigem Frühjahr hoch, dies spräche für einen späten Erntetermin, der Trockensubstanzgehalt des Roggens wäre Mitte Mai bei 16,2 % höher, als Mitte April bei 12,5 %, der erforderliche TS-Gehalt für die Silierung aus dem Stand mit 30–35 %, hier spricht man von der Milchreife, wäre erst Mitte Juni erreicht.²⁷ Für die Ertragsbildung des Maises wäre eine frühe Maissaat günstiger, als eine späte. Mitte Mai ist der gefundene Kompromiss. Durch die Vorfrucht wird mit einem Ertragsrückgang des Maises von 22 % ausgegangen,²⁸ zudem verringern sich die TS-Gehalte.²⁹ Die Mischung von Substraten in der Biogasanlage ist sinnvoll, da somit höhere Methanausbeuten und Biogasausbeuten erzielt werden können als in reinen Maissilagegaben. Die Mischung erfolgt im Verhältnis 70-90 % Maissilage und 10-30 % Roggen-GPS, das optimale Mischungsverhältnis liegt bei 75:25.³⁰ Der Methanertrag der Getreideganzpflanzensilage liegt bei 89 m³/(t FM), bei Maissilage liegt er bei 105 m³/(t FM).³¹ Der Biogasprozess kann durch den Einsatz von geschrotetem Roggenschrot stabilisiert werden, er puffert den pH-Wert ab, enthält eine höhere Energiedichte und wird von den Bakterien schneller umgesetzt.³²

Für die Nutzung des Roggens vor dem Mais ist die ausreichende Wasserversorgung von mindestens 700 mm/a nötig.³³ Wird der Roggen nicht geerntet, so erfolgt der Umbruch im Frühjahr, bevor die Transpiration des Blattapparates die Evapotranspiration brachliegender Felder übersteigt, vor dem Erreichen des Schossens vom Roggen bzw. vor Erreichen von wüchsigem Wetter bei einer Durchschnittstemperatur von 10 °C und mehr. Der Mais wird nun zu seinem optimalen Zeitpunkt gesät, was in Mecklenburg-Vorpommern je nach Lage zwischen Mitte April und Anfang Mai liegt, Grundvoraussetzung sind Temperaturen, die über dem Gefrierpunkt liegen, da der Mais Frost nicht

²⁶ (Lütke Entrup, Prof. Dr. N.; Hötte, S.; Fachhochschule Südwestfalen, 2008, S. 15)

²⁷ (Roggenforum e. V., 2007, S. 108)

²⁸ (Klostermann, I.; LFA, 2011, SS. 2, f.)

²⁹ (Eder, B.; Stickel, Dr. E.; Eder, Dr. J.; LfL, 2008, S. 2)

³⁰ (KWS Lochnow, 2011, SS. 9, f.)

³¹ (Eckel, H.; KTBL, 2006, SS. 47, 101)

³² (Roggenforum e. V., 2007, SS. 108, f.)

³³ (Roggenforum e. V., 2007, S. 107)

verträgt. In Niedermoorlagen können Frostereignisse eher eintreten als auf höher gelegenen mineralischen Boden. Somit ist der Saatzeitpunkt standortabhängig.

2.3.1 Erosionsminderung durch Winterzwischenfrüchte

Mit dem Abtrag von Boden durch Wind und Wasser kann die Bodenfruchtbarkeit, der hohe Gehalt an organisch gebundenem Stickstoff, welcher im Oberboden enthalten ist, zerstört werden.³⁴ Besonders anfällig für die Flächenerosion sind laut Scheffer und Schachtschabel feinsandreiche Böden.³⁵ Die Erosivität nimmt ab, bei dem Anbau von Winterzwischenfrüchten und Untersaaten, sie bieten Bodendeckung und somit Schutz vor den mechanischen Witterungseinflüssen. Nicht wendende Bodenbearbeitung (Mulchsaat) zum Mais, und Quersaat zum Hang verringert Erosionen ebenfalls. Lässt man im Winter die Fläche nach wendender Bodenbearbeitung brach liegen (Schwarzbrache), so ist die Oberfläche stark von Wassererosionen betroffen. Senkrecht zu den Höhenlinien entstehen dann Wasserläufe, welche den Oberboden abtragen und in der Lage sind, tiefe Furchen in den Boden zu schwemmen. Bedarf der Anbau von Winterzwischenfrüchten den Umbruch der Vorfrucht, verstärkt sich somit anfangs das Erosionsrisiko.³⁶ Sowohl Wasser als auch Wind tragen Boden ab und verlagern diesen, wenn der Boden unbedeckt ist. Mais ist die erosionsgefährdetste Frucht. In der Jugendphase von Mai bis Juni wachsen die Pflanzen bis zum Achtblattstadium heran, hat sich der Mais noch nicht weit genug entwickelt, um eine 50 prozentige Bodenbedeckung zu erzielen.³⁷ Der weite Reihenabstand und der späte Saatzeitpunkt gefährden den Boden vor Abtragungen. Wird der Mais vor Mitte Mai gelegt, so liegt die erosionsgefährdete Jugendphase nicht in der Zeit der erosiven Niederschläge, welche oft im Sommer als Gewitterereignisse eintreten und verstärkt zu Wassererosionen führen. Winterzwischenfrüchte ermöglichen auch die Etablierung der Zweitfrucht ohne wendende Bodenbearbeitung und schützen somit auch während des Aufwuchses der Hauptfrucht vor Erosionen.

³⁴ (Finck, 1992, S. 207)

³⁵ (Scheffer & Schachtschabel, 2002, S. 419)

³⁶ (FNR, Gülzower Fachgespräche Band 32, 2009, S. 159)

³⁷ (Scheffer & Schachtschabel, 2002, S. 423)

2.3.2 Wasserhaushalt im Winterzwischenfruchtanbau

Wasser wird zunehmend zum begrenzenden Faktor der Biomasseproduktion, was auch Klimaprognosen vorhersagen. Die Wassernutzungseffizienz dient als Maß für die Fähigkeit der Pflanze das Wasser in Biomasse umzusetzen.³⁸ Der Wasserbedarf von 1 t Silomais bei einem TS-Gehalt von 30 % liegt bei 8 l/m².³⁹ Dies entsprechen 320 l/m² bei einem Ertrag von 400 dt/ha, welche großenteils in der Hauptvegetationsphase Juni bis September benötigt werden. Als Entwicklungsstadium, in welchem der Mais am meisten Wasser benötigt, wird Ende Schossen bis zur Blüte gesehen.⁴⁰ Die Frühjahrestrockenheit der Region Mecklenburg-Vorpommern ist in dieser Zeit überstanden. Der hohe Wasserbedarf ist bedingt durch die hohe Masseproduktion, bis zu 550 dt/ha Frischmasse sind vom Mais erreichbar. Liegt der jährliche Niederschlag unter 650 mm, so ist der Anbau des Zweikulturnutzungssystems riskant. Auch die Verteilung der Niederschläge spielt eine Rolle, wobei größere Trockenzeiten, wie sie in Mecklenburg Vorpommern häufig zwischen April bis Juni auftreten, Einfluss auf den Anbau von Winterzwischenfrüchten nehmen.⁴¹ In Gülzow konnte in den Jahren 2005 bis 2007 nachgewiesen werden, dass die Wasserversorgung dort ausreicht, um ein Zweikulturnutzungssystem anzubauen, der Gesamttrockenmasseertrag war um 30 % höher, als der bei dem Anbau ohne die Erstkultur Roggen.⁴² Die Winterzwischenfrucht nutzt die Niederschläge der kalten Jahreszeit, welche ansonsten vom unbepflanzten Boden nicht gehalten werden. Bei zu geringem Wasserangebot droht die Winterzwischenfrucht allerdings, den Boden zusätzlich auszutrocknen, hier erzielt die Zweitkultur Mindererträge, somit ist der Umbruch der Erstkultur vor dem Beginn des Massenwachstums im Frühjahr sinnvoll.⁴³ Neben der Pflanzenmasseproduktion beeinflusst das Bodenwasser auch die Verfügbarkeit von Nährstoffen.⁴⁴ Bei Wassermangel, wenn die nutzbare Feldkapazität unter 40 % liegt, tritt gleichzeitig auch Nährstoffmangel ein. Um die Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens zu erhöhen, ist eine Lockerung des Bodens wichtig. Die Auswahl der Winterzwischenfrucht ist so zu treffen, dass regelmäßig auftretende

³⁸ (Schittenhelm, Dr. S.; Julius Kühn- Institut, 2009, S. 3)

³⁹ (Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung, 2008, S. 5)

⁴⁰ (Loiskandl, W.; Universität für Bodenkultur Wien, 2008, S. 16)

⁴¹ (Eder, B.; Stickel, Dr. E.; Eder, Dr. J.; LfL, 2008, S. 3)

⁴² (Klostermann, I.; LFA, 2011, SS. 2, f.)

⁴³ (Eckel, H.; KTBL, 2006, S. 96)

⁴⁴ (Albert & Knittel, 2003, S. 24)

Stresssituationen umgangen werden. Die Bodenbearbeitung sollte reduziert erfolgen, um möglichst wenig Verdunstung zu bewirken. Der Pflanzenbestand lässt sich den Standortbedingungen über die Aussaatstärke und die Stickstoffdüngung anpassen.⁴⁵ Entscheidend für die Wasseraufnahme sind die Wurzeldichten und Wurzeltiefen der Pflanzen. Auf dem Versuchsstandort Hollabrunn hat man 2004 und 2005 festgestellt, dass die Evaporation der Brache mit der Evapotranspiration der Begrünung mithält.⁴⁶

2.3.3 Humushaushalt im Winterzwischenfruchtanbau

Die Gesamtheit der organischen Substanz des Bodens wird als Humus bezeichnet. Der Humusgehalt des Bodens ist ein wesentlicher Faktor für die Fruchtbarkeit am Standort. Er beeinflusst die Speicherung und Umsetzung der Nährstoffe, die Wasserspeicherkapazität, die Bodenerwärmung, trägt zur Bildung und Erhaltung eines stabilen Aggregatgefüges bei und kann als CO₂-Senke oder -Quelle wirken.⁴⁷ Der Silomais hat einen hohen Bedarf an Humus von 560 bis 800 kg C/(ha*a)⁴⁸ und eine geringe Humusersatzleistung, da die gesamte Pflanze geerntet wird. Diesen Entzug gilt es zu decken, dabei können Winterzwischenfrüchte helfen, aber auch die organische Düngung wie die mit Gärreststoffen. Winterzwischenfrüchte, die auf dem Feld verbleiben haben eine positive Humusbilanz, sie liegt zwischen 120 und 160 kg C/(ha*a).⁴⁹ Eine mögliche Biogasfruchtfolge neben dem Zweikulturnutzungssystem wäre der Anbau von Hybridroggen mit darauffolgender auf dem Feld verbleibender Winterzwischenfrucht und anschließendem Maisanbau.⁵⁰ Diese Methode bringt eine durchgehende Bodenbedeckung und wäre für den Humusaufbau positiv, die Zwischenfrucht bringt um die 120 kg C/ha,⁵¹ es streckt sich diese Folge über zwei Jahre und kann innerhalb kurzer Zeit nicht die Erträge der Zweikulturnutzung erzielen. Langfristig gesehen ist sie für die Bodenfruchtbarkeit nachhaltiger als das Zweikulturnutzungssystem, welches für den Humushaushalt nicht positiv zu sehen ist, da hier neben dem Entzug des Maises der der Zwischenfrucht den Boden belastet.

⁴⁵ (Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung, 2008, S. 8)

⁴⁶ (Loiskandl, W.; Universität für Bodenkultur Wien, 2008, S. 22)

⁴⁷ (Scheffer & Schachtschabel, 2002, SS. 51, 73, f.)

⁴⁸ (Ebertseder, Dr. T.; Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, 2004, S. 8)

⁴⁹ (Körschens, M.; Rogasik, J.; Schulz, E.; FAL, 2005, S. 4)

⁵⁰ (KWS Lochnow, 2011, S. 14)

⁵¹ (Bull, I.; Ministerium für Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 2011, S. 3)

Allgemein diskutiert man die starke Humuszehrung als Problem der Energiefruchtfolgen. Die erstellten Humusbilanzen des ZALF Müncheberg lassen andere Rückschlüsse zu, demnach sind in dem bundesländerübergreifendem Projekt „EVA“ der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe die Humusbilanzen im positivem Bereich bei Gärrestausbringung.⁵² Ohne organische Düngung in Form von z.B. Gärresten sind die Humussalden von Fruchtfolgen mit Energiepflanzen in der Regel nicht nachhaltig, somit muss man den Entzügen an Kohlenstoff entgegen wirken.⁵³

2.3.4 Fruchtfolge im Winterzwischenfruchtanbau

Zwischenfrüchte dienen zum Schließen von Anbaulücken oder Teilbrachen, sie sollen die bessere Ausnutzung der Vegetationszeit ermöglichen, dienen auch dem Bodenschutz, durch die Bodenbedeckung, die Nährstoffanreicherung und die Strukturverbesserung.⁵⁴ Die Biodiversität und die Bodenfruchtbarkeit werden durch sie erhöht.

Für den Anbau von Zwischenfrüchten ergeben sich unter den typischen Voraussetzungen Mecklenburg-Vorpommerns ganz bestimmte Fallbeispiele zu den Anbauverfahren nach Stellung in der Fruchtfolge:

1. nach der Ernte von Getreide-Ganzpflanzen oder früher Gerste vor einer Raps- oder Getreideaussaat
2. nach der Getreideernte vor einer frühen Sommerung (Sommergetreide, Leguminosen, Kartoffeln, Zuckerrüben)
3. nach der Getreideernte vor der Maisaussaat
4. nach der Maisernte vor der Maisaussaat im Folgejahr.⁵⁵

Das Zweikulturnutzungssystem mit der Winterzwischenfrucht Roggen und der Hauptfrucht Mais oder Hirse erfolgt nach einer Frucht, welche den Boden im Sommer freigibt und geht somit über 2 Jahre. Alle Kulturen werden geerntet, somit ist diese Folge sehr nährstoffzehrend und bedarf einer hohen organischen Düngung, bringt aber auch viel Biomasse zur energetischen Verwertung und somit einen hohen Methanertrag auf die Fläche gesehen.⁵⁶ Optimaler Weise erfolgt die organische Düngung zu Mais, da dieser den hohen Ammonium- und Kohlenstoffgehalt effizient nutzt. Ist der Maisertrag hoch,

⁵² (Willms; FNR., 2008, S. 50)

⁵³ (FNR, Gülzower Fachgespräche Band 32, 2009, S.153)

⁵⁴ (Diepenbrock, Ellmer & Leon, 2005, SS. 36, ff.)

⁵⁵ (Bull, I.; Ministerium für Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 2011, S. 1)

⁵⁶ (Eckel, H.; KTBL, 2006, S. 343)

so ist davon auszugehen, dass die Nährstoffe aufgebraucht sind, eine Düngung zur Zwischenfrucht kann hier sinnvoll sein, wenn sie genügend vegetative Masse vor Winteranbruch bilden kann.

Die Winterzwischenfrucht kann bei Verbleib auf dem Feld in den Maismonokulturanbau integriert werden, sie bietet hier die Bodendeckung über Winter und bindet die Nährstoffe, welche ansonsten drohen ausgewaschen zu werden, auch anfallende Niederschläge werden genutzt, die Durchwurzelung bewirkt eine gute Kapillarität des Bodens. Als Fruchtfolgeproblem enger Maisfolgen sind der Schädlingsbefall und der Fusariumbefall hervorzuheben. Nach Prof. Dr. U. Thome spielt in der heutigen Zeit die Wirtschaftlichkeit der Kulturen die größte Bedeutung bei der Auswahl und Zusammenstellung der Fruchtfolgeglieder, Fruchtfolgeprobleme wie Schädlinge und Krankheiten lassen sich weitestgehend über den Pflanzenschutz regeln. Für die Absicherung der Rohstoffbereitstellung für Biogasanlagen sind Fruchtfolgen mit hohen Methanerträgen zu realisieren, was die Reduzierung der Flächenbindung für den Energiepflanzenbau zur Folge hat. Gleichzeitig ist der Marktfruchtanteil maximiert, womit sich die Ökonomie der Landwirte verbessert.⁵⁷

2.3.5 Stickstoffhaushalt im Winterzwischenfruchtanbau

Durch Mineralisation steigt der N_{\min} -Wert, der mineralische Stickstoff im Boden, welcher pflanzenverfügbar ist, in Abhängigkeit des Humusgehaltes des Bodens. Warme Witterung, ausreichend Wasser und Sauerstoff begünstigen einen Anstieg der Mineralisation auch auf unbepflanzten Flächen. Sinkende N_{\min} -Werte deuten auf die Aufnahme des Stickstoffes durch die angebaute Kultur oder aber auf die Nitratverlagerung über Sickerwasserbildung hin.⁵⁸ Je sandiger der Boden ist, umso größer ist die Gefahr der Auswaschung des Nitratstickstoffes, je schwerer der Boden ist, umso höher liegen die N_{\min} -Gehalte, welche der Boden speichert. Der Nährstoffvorrat ist höher bei hohem Anteil von Ton im Boden, da Tonminerale Nährstoffe binden und diese bei warmer und feuchter Witterung wieder abgeben können. Stickstoff verlagert sich von Herbst bis Frühjahr durch Sickerwasser weiter nach unten im Boden.⁵⁹ Zwischenfrüchte eignen sich gut, Nährstofffrachten nach der Ernte von Intensivkulturen aufzunehmen, in der

⁵⁷ (Gurgel, Dr. A.; Peters, J.; LFA, 2009, S. 10)

⁵⁸ (FNR, Gülzower Fachgespräche Band 32, 2009, S.157)

⁵⁹ (Seggewiß, Prof. Dr. B., 2011)

Biomasse zu speichern und sie einer Nachfrucht in obere Bodenschichten zu erhalten.⁶⁰

Zur Winterzwischenfrucht im Mais nach Mais lässt sich bemerken, dass die verfügbare Vegetationszeit Ende September/ Mitte Oktober bis Mitte/ Ende April unter den Bedingungen in MV es der Zwischenfrucht schwer macht, vor dem Winter einen Bestand zu entwickeln, der relevante Nährstoffmengen im Herbst aufnimmt. Bei dieser Zwischenfrucht kann hauptsächlich im Frühjahr der Massenaufwuchs eine Nährstoffumsetzung bewirken. Der Stickstoffgehalt der Futterzwischenfrüchte wird bei einem TS-Gehalt um 15 % bei 0,35 kg N/dt FM angegeben.⁶¹ Eine Stickstoffdüngung ist auch über Gärreste möglich und kann zu einer frühen Zwischenfrucht bereits im Herbst erfolgen. Wird die Zwischenfrucht spät gesät, erfolgt die Düngung ab Mitte Januar, eine schnellere Wirkung im Frühjahr erzielt mineralischer Dünger.⁶² Bei der Ausbringung von Gärresten ist der optimale Ausbringungszeitpunkt und somit die ausreichende Lagerkapazität und die verlustmindernde Ausbringtechnik von Bedeutung, um die Nährstoffe optimal nutzen zu können. Der N-Bedarf eines Maisbestandes liegt zwischen 250 und 300 kg/ha, wobei Mais hohe Mengen aus der Nachlieferung, die zwischen 60 bis 120 kg N/ha liegen kann, verwertet.⁶³ Dies liegt zum einen an der langen Vegetationsdauer während der warmen Jahreszeit und zum anderen an dem hohen Massenwachstum der Kultur. Gülle bzw. Gärreste eignen sich besonders, da ihre Stickstoffmengen zum Teil erst später pflanzenverfügbar werden und sie einen hohen Ammoniumgehalt haben, welcher vom Mais im Dunkeln genutzt werden kann, wenn das im Malat gespeicherte CO₂ umgesetzt wird.⁶⁴ Die Düngung ist der verzögerten Anfangsentwicklung und des hohen Bedarfs in der Hauptwachstumsphase des Mais anzupassen.⁶⁵ Die gesamte N-Gabe wird aufgeteilt in einem Verhältnis von 70 % zur Saat und 30 % in einem ca. 40 cm hohen Bestand. Die Anfangsgabe soll die schwache Jugendentwicklung unterstützen, sie ist aber von Nitratauswaschung gefährdet und ist deshalb besonders auf leichten Standorten niedriger zu wählen.

⁶⁰ (Bull, I.; Ministerium für Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 2011, S. 1)

⁶¹ (Bundes Gesetzblatt §3 Abs. 2 Satz 1 Nr. 1, 2007, Tabelle 1)

⁶² (Eckel, H.; KTBL, 2006, S. 40)

⁶³ (Albert & Knittel, 2003, SS. 132, f.)

⁶⁴ (Seggewiß, Prof. Dr. B., 2011)

⁶⁵ (Diepenbrock, Ellmer, & Leon, 2005, S. 241)

3 Material und Methoden

3.1 Versuchsbetrieb

Durch die Inbetriebnahme der Biogasanlage in Liepen im Jahr 2010 und der Erweiterung dieser um 265 kW auf 665 kW elektrische Leistung in 2011, werden auf dem Landwirtschaftsbetrieb Johannes Leifels, dessen Übersicht in der Abbildung 1 dargestellt ist, um die 150 ha Mais angebaut, was drei Viertel des gesamten Bedarfes dieser Anlage an Mais entspricht. Die Zunahme des Maisanbaues in der Region Eichhorst, gegenwärtig befinden sich drei Biogasanlagen und zwei Milchviehbetriebe in einem Umkreis von 8 km und der damit verbundenen Fruchtfolgeeinengung silonaher Flächen, nimmt eine immer größer werdende Rolle ein.

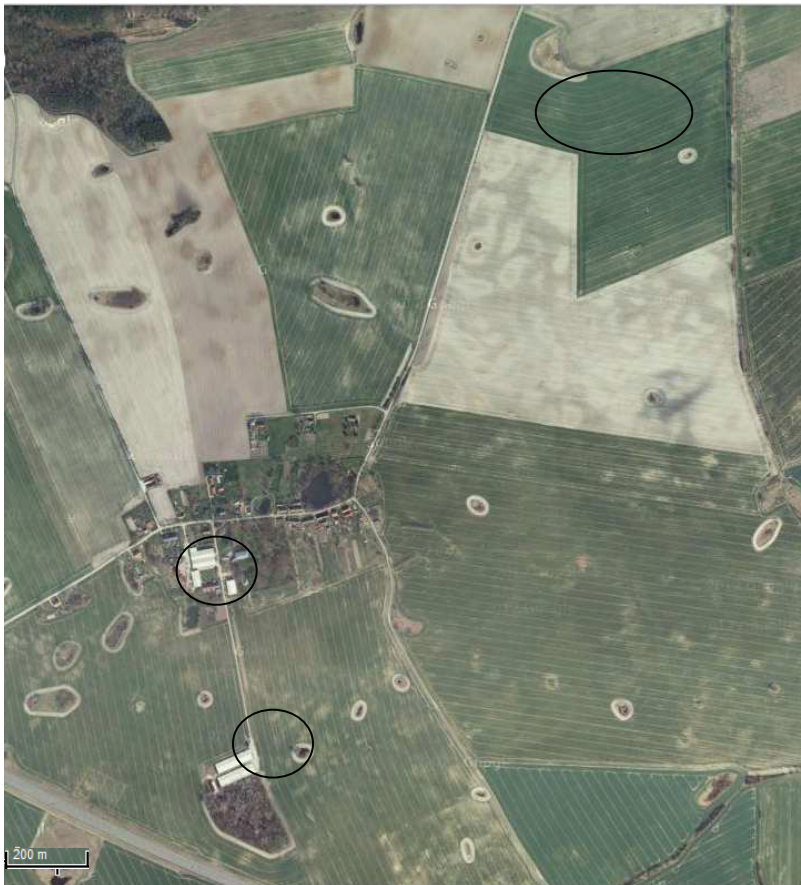


Abbildung 1: Luftbild des Betriebes, mit von links: Betriebshof, Hühnerställe/ Standort der Biogasanlage und Versuchsfeld (Quelle: Google Maps - © 2012 Google, erstellt 2009)

Der Landwirtschaftsbetrieb Johannes Leifels befindet sich in 17099 Liepen, Gemeinde Eichhorst, ca. 16 km östlich von Neubrandenburg. Liepen liegt 62 Meter über Normal-

null und der mittlere jährliche Niederschlag beträgt etwa 600 mm. Der Ackerbaubetrieb besteht seit 1990. Im Jahr 2001 beginnt der Landwirt die Hühnermast mit heute 150.000 Mastplätzen verteilt auf zwei Standorten. Seit Dezember 2010 produziert eine Biogasanlage Strom aus Maissilage, Hühnertrockenkot und Rindergülle. Die anfallende Wärme wird in den Hühnerställen in Liepen, zur Getreidetrocknung, zur Versorgung der Betriebsstätte inklusive zwei Hausanschlüssen und seit Winter 2012/13 in sieben weiteren Hausanschlüssen des Dorfes genutzt. Zur Versorgung der Biogasanlage mit einer elektrischen Leistung von 665 kW erfolgt der Anbau von Mais auf ungefähr 150 ha Betriebsfläche, Mais von weiteren 50 ha werden dazugekauft, des weiteren werden 200 ha Weizen, 150 ha Raps, 100 ha Roggen und 50 ha Triticale angebaut. Die landwirtschaftliche Nutzfläche des Betriebes liegt zurzeit bei 650 ha. Die Triticale und Teile des Weizens verbleiben durch die Veredelung im Betrieb, die restliche Ernte wird vermarktet, was sich durch die Möglichkeit der Lagerung von 7.000 t Erntegut mit Trocknung flexibel gestalten lässt. Drei Familienarbeitskräfte und 2 Festangestellte werden in der Saison, die sich durch den hohen Eigenleistungsanteil bei dem Bau der Anlagen, wie auch bei dem Erhalten und Ausbau der Hofstelle von Frühjahr bis Weihnachten erstreckt; von 2-4 Arbeitskräften unterstützt. Die Ackerflächen sind glazial geprägt, hauptsächlich bestehen sie aus lehmigen Sanden, die zum Teil differieren. Starke Unterschiede ergeben sich zwischen den Lehmkuppen und den Sandflächen, so liegt die mittlere Ackerzahl bei 43 Bodenpunkten. Während einzelne Schläge um 30 Bodenpunkte differieren, werden bevorzugt die sandigen zum Maisanbau genutzt.

3.2 Versuchsaufbau

Der Versuch befindet sich auf dem 27 ha großem Schlag, 2 km vom Silo der Biogasanlage Liepen entfernt in Richtung Eichhorst, hier wird im April 2012 im dritten Jahr in Folge Mais gesät. Die Kreisstraße MST47, welche von Genzkow über Eichhorst nach Liepen führt, erschließt das Stück.

Die Maisernte erfolgt hier zwischen dem 11.10.2011 und dem 12.10.2011. Der Schlag wird am 22.10.2011 mit der Scheibenegge 15 cm tief umgebrochen, am 23.10.2011 folgt ein 15 cm tiefer Grubberarbeitsgang, am darauffolgendem Tag die Saat der Winterzwischenfrucht Roggen und somit der Aufbau der Versuchsanlage. Anfang November ist der Roggen aufgelaufen.

Der Versuch ist nach den technischen Möglichkeiten des Landwirtschaftsbetriebes Johannes Leifels angelegt, so ergibt eine Drillbreite von 4,5 m die Parzellenbreite, die

Länge eines Versuches ist auf 150 m festgelegt. Über GPS ist das Drillen der unterschiedlichen Roggensorten leichter, da man in einzelne Drillspuren geleitet wird, auch ohne jede befahren zu haben. Die komplette Schlaglänge wurde in der dargestellten Anordnung gedrillt, abgesteckt sind zwei Versuchsanlagen, wie der folgenden Abbildung zu entnehmen ist.



Abbildung 2: Genordnete Versuchsübersicht auf dem Schlag der Gemeinde Eichhorst Flur 4 Nr.1, 8-11, 13-14 (Quelle: Reichsschätzungskarte, eigene Darstellung)

Um eine statistisch auswertbare Versuchsanlage zu erhalten, bilden drei verschiedene Nutzungen mit je vier Wiederholungen eine Blockanlage,⁶⁶ wovon eine auf stark lehmigen Sand (SL) und die andere auf anlehmigen Sand (SI) errichtet worden ist. Der Versuch ist auf zwei Standorten unterschiedlicher Bodenart nach der Bodenschätzungs-

⁶⁶ (Köhler, Schachtel, Voleske)

karte (entstanden 1948) aufgeteilt. Der Standort stark lehmiger Sand ist mit einer Bodenzahl von 49 ausgestattet, der anlehmige Sand mit 30 (siehe folgende Abbildung).

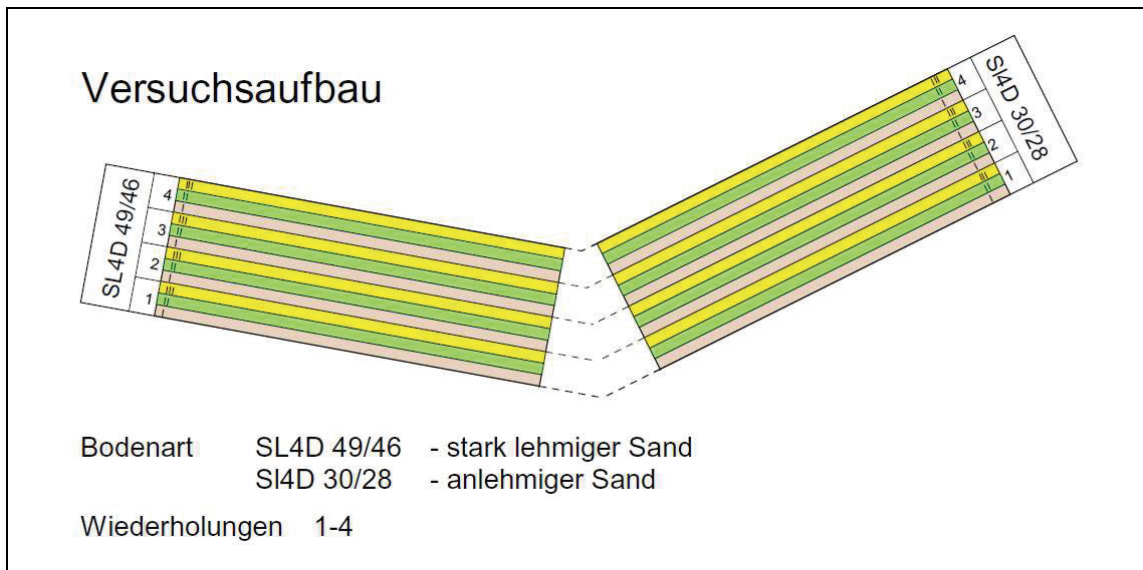


Abbildung 3: Versuchsaufbau der beiden Blockanlagen
 (Quelle: Reichschätzungskarte, eigene Darstellung)

Beide Blockanlagen sind 300 m voneinander entfernt und weisen mit 4 D eine eher schlechte Wasserversorgung auf.

Eine Blockanlage besteht aus 12 Parzellen, wobei die Reihenfolge starr ist (siehe Abbildung 4). Der Vorteil liegt eindeutig in der Übersicht, die man hat, sobald der Roggen der Varianten zwei und drei die Parzellen der Variante eins als Brache erscheinen lassen.

Versuchsaufbau

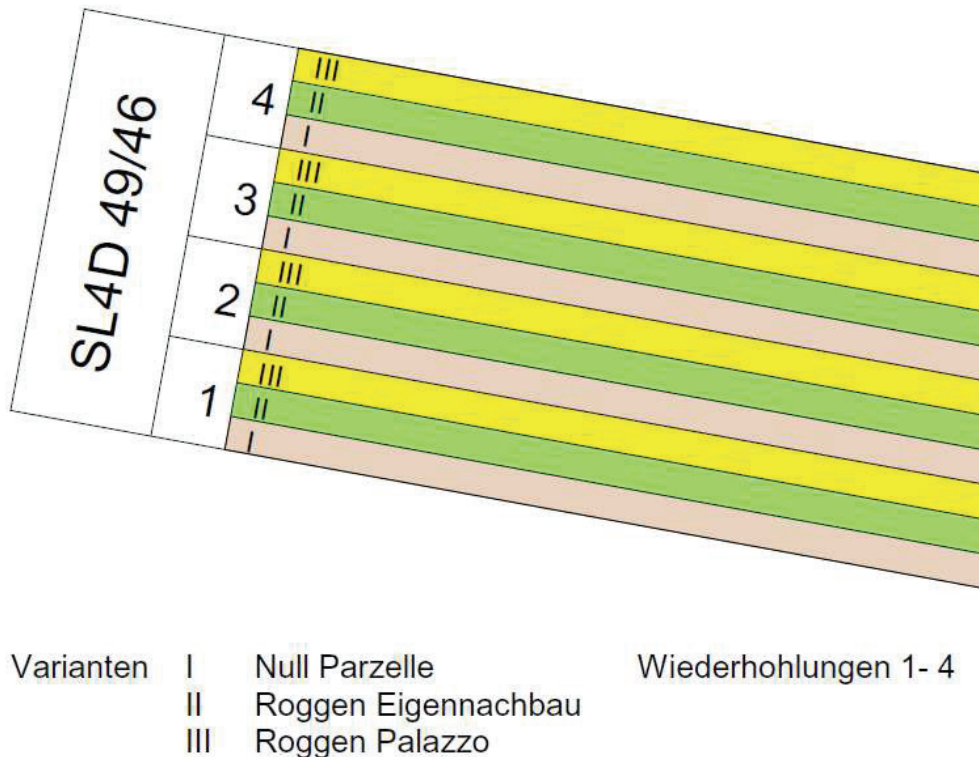


Abbildung 4: Gliederung einer Blockanlage (eigene Darstellung)

Die erste Nutzungsvariante im Block ist die Nullparzelle, sie bleibt nach dem Bodenbruch liegen. Die zweite Variante ist der Eigennachbau der Hybridroggen-sorte Visello, dieses Saatgut stammt aus der Ernte des Betriebes vom 10.08.2011 und die dritte Variante bildet der Anbau der Hybridroggensorte Palazzo, welche als GPS geeignet von der Landesforschungsanstalt MV empfohlen wird. Die Anordnung der Varianten ist in der Abbildung 4 erkennbar. Die Markierung auf dem Schlag erfolgt mit Hilfe von weißen Pflanzstöcken für die einzelnen Versuche und mit blauen Stöcken werden einzelne Parzellen eingegrenzt.

3.3 Bodenverhältnisse

Die Bodenzahlen des Schlages differieren laut Bodenschätzung von 1948 zwischen 19 und 49, wobei sich größere Zonen gleichen Bodenwertes abzeichnen (siehe Abb. 5), was die Anlage zweier Versuche auf verschiedenen Bodenarten SL (stark lehmiger Sand), im weiterem Verlauf lehmiger Boden und SI (anlehmiger Sand), im weiterem Verlauf sandiger Boden genannt, ermöglicht.

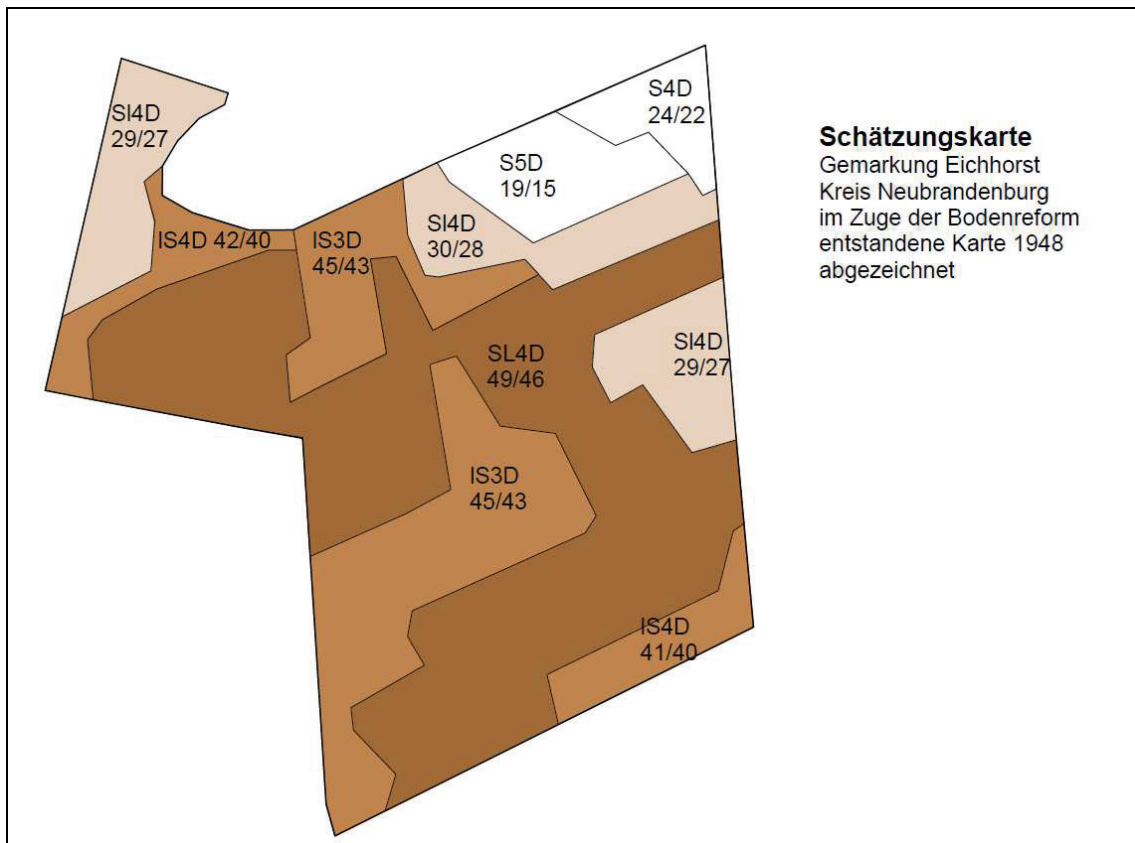


Abbildung 5: Auszug aus der Schätzungskarte Gemarkung Eichhorst, genordet (Quelle: Schätzungskarte nach Reichsbodenschätzung von 1948; eigene Darstellung)

Das D steht für Diluvialboden, die Entstehung des Bodens aus Ablagerungen der Kaltzeiten. Die Zahl vor dem D ist die Klassifizierung des Bodens in fünf unterschiedliche Wasserverhältnisse von der Bodenspeicherung und Nachlieferung her, wobei die Stufe fünf ungünstige Wasserverhältnisse angibt, in diesem Fall nicht stau nass, sondern sehr trocken und die Stufe 1 die sehr gute Versorgung des Bodens mit Wasser an-

gibt.⁶⁷ In der Abbildung 5 ist zu erkennen, dass die Wasserversorgung des Schlages eher trocken und der Boden nach Norden hin leichter ist.

3.4 Versuchspflanzen

Als Winterzwischenfrucht ist der Roggen aus oben genannten Gründen gewählt worden. Zum Vergleich wird die Nachsaat von der Sorte Visello aus der eigenen Roggen-ernte der Ernte 2011 und zertifiziertes Roggensaatgut der Sorte Palazzo gewählt. Visello in der Variante 2 gedreht, gilt als ähregesund und standfest, das Ertragspotential ist niedriger als das des Palazzos, er ist eher nicht GPS geeignet. Den Hybridroggen Visello zeichnet die geringe Anfälligkeit gegenüber Mutterkorn aus, was ihm als Winterzwischenfrucht nicht nutzt. Seine Pflanzenlänge ist kürzer als die des Palazzo, obwohl er weniger standfest ist.

Die Hybridroggensorte Palazzo gilt als ertragsstark, hat gute GPS Erträge und ist für den Einsatz in der Biogasanlage geeignet. Er hat höhere Resistenzen gegenüber Braunrost und Mehltau als der Visello, allerdings sind die Fallzahl und das Hektolitergewicht geringer.⁶⁸ Gedreht wird die Winterzwischenfrucht am 25.10.2011. Die geringe Keimfähigkeit des Visello, bedingt durch den Nachbau hat eine größere Aussaatstärke von 190 kg/ ha zur Folge. Bei einer Keimfähigkeit von 56 % und einem Tausendkorngewicht (TKG) von 36 g entsprechen dies 295,5 Körner/m². Der Palazzo mit einer Keimfähigkeit von 98 % wird mit einer Aussaatstärke von 75,5 kg/ha gedreht, bei einem TKG von 37 g entsprechen dies 200 Körner/m². Die Saattiefe der beiden Roggensorten liegt bei 2 cm.

Der Mais der Sorte NK Perform wird am 23.04.2012 gelegt. Die Hauptfrucht hat eine Keimfähigkeit von 98 % und ein TKG von 282 g, die Saatstärke beträgt 9,7 Körner /m². NK Perform wird von Syngenta Seeds vertrieben und ist eine Einfachhybride mit der Reifezahl von S 250 ist er mittelfrüh. Das Ertragspotential ist sehr hoch, sowohl was den Energieertrag als auch den Korn- und Trockenmasseertrag anbelangt. Seinen Ertrag gilt es über den Zwischenfruchtanbau zu erhöhen.

⁶⁷ (Scheffer & Schachtschabel, 2002, SS. 250-553)

⁶⁸ (Michel, Pienz, Landesforschungsanstalt MV, 2011, S. 21)

3.5 Messungen

Die Probenahmen welche nachfolgend erläutert sind, werden von der Studentin Maria Leifels in Absprache mit Professor Seggewiß durchgeführt.

3.5.1 Niederschlag und Temperaturen

Die Niederschläge und die Temperaturen werden mit Hilfe eines Regenmessers bzw. eines Thermometers am zwei Kilometer entfernten Betriebshof gemessen und dokumentiert. Vergleichend dazu werden die Werte von dem Programm expert.classic von der Firma ProPlant GmbH für den Standort Trollehagen herangezogen. In dem landwirtschaftlichen Betrieb liegt der mittlere jährliche Niederschlag bei 600 mm, wobei die Verteilung häufig so ausfällt, dass sich im Herbst bis zum zeitigen Frühjahr ein großer Anteil ereignet, welcher den Bodenwasserhaushalt auffüllt, da ein Wasserverbrauch zu diesem Zeitpunkt kaum stattfindet. Die Frühjahrestrockenheit ist in dieser Region häufig zu erleben, sie schadet vor allem den Kulturen mit großer Trockenmasseproduktion, wie dem Mais in der Jugendphase.

3.5.2 Auflaufergebnis

Um das Auflaufergebnis zu dokumentieren, ermittelt man die Pflanzenzahl innerhalb eines Quadratmeters. Dazu zählt man entlang einer Reihe auf einer Länge entsprechend des Reihenabstandes. Bei 12,5 cm Reihenabstand im Winterroggen entspricht die Länge von acht Metern in einer Reihe einem Aufwuchs innerhalb eines Quadratmeters. Die Pflanzenzahl der Winterzwischenfrucht wird am 07.11.2011 ermittelt, in jeder Parzelle erfolgen sechs Zählungen. Im Mais werden die Zählungen am 14.06.2012 durchgeführt, hier entspricht der Aufwuchs einer Reihe von vier Metern Länge einem Aufwuchs eines Quadratmeters, bei einem Reihenabstand von 25 cm.

3.5.3 Bodenwasser

Zur Untersuchung des Bodens auf den Bodenwassergehalt werden in jeder Parzelle 20 Einstiche mit dem Edelmanbohrer jeweils in 0-30 cm Tiefe und in 30-60 cm Tiefe durchgeführt, in je einem Eimer sammelt man diese Proben als Mischprobe, durchmischt sie und gibt jeweils eine 1-2 kg Probe in eine beschriftete Tüte. Im feuchten Zustand misst man das Gewicht, um später den Bodenwassergehalt bestimmen zu können. Diese Proben werden anschließend im Labor der Bodenkunde getrocknet und

zurückgewogen. Das Gewicht nach der Trocknung zieht man vom Feuchtgewicht ab und erhält somit den Wassergehalt der Probe. Termine der Probenahmen sind der 03. November 2011 und der 28. März 2012.

3.5.4 Mineralischer Bodenstickstoff

Der mineralische Stickstoff im Boden wird von der LUFA Rostock, Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt bestimmt. Die VDLUFA Analyseverfahren wird zur Ermittlung leichtlöslicher Bodennährstoffe wie Nitrat (NO_3) und Ammonium (NH_4) verwendet. Hierzu werden in jeder Parzelle Mischproben in den Tiefen 0-30 cm und 30-60 cm gezogen. Generell gilt, je mehr Einstiche in einer Mischprobe enthalten sind, umso genauer und aussagekräftiger ist das Ergebnis. Aus 20 Einstichen entstehen die einzelnen Mischproben dieser Untersuchung. Diese Proben, optimaler Weise sollten sie 500 g schwer sein, werden schnellstmöglich tiefgefroren und zum Bodenkundelabor gebracht; dort weiterhin tiefgefroren, bis die Abholung und Untersuchung LUFA erfolgt. Die Proben zur Messung des mineralischen Stickstoffes werden am 23. März 2012 gezogen, kurz vor dem Umbruch des Roggens welcher am 30. März 2012 erfolgt.

3.5.5 Pflanzenmasse Zwischenfrucht

Der Roggen wird am 28.03.2012 auf seine Masse hin untersucht. Auch die Pflanzenmasse lässt sich entlang einer Reihe entsprechend dem Aufwuchs eines Quadratmeters bestimmen. Diese wird der Länge nach kurz über dem Erdboden abgeschnitten und in Tüten gelagert. Hier wird der TM-Gehalt bestimmt, in dem man die Trockenmasse zur Frischmasse nach der Trocknung im Trockenschrank in Relationen setzt. Zur Fehlerreduzierung erfolgen in einer Parzelle wiederholte Messungen.

3.5.6 Stängelhalsdurchmesser Hauptfrucht

Innerhalb der 24 Parzellen werden je 20 Maispflanzen auf ihren Stängelhalsdurchmesser untersucht, eine Schiebeleere dient hier zum Messen. Termine dieser Messung sind der 26. und 27. August 2012, wobei die Wuchshöhe des Maises bereits Anfang Juli den Überblick über die Versuchsanlage verhindert und die Parzellen im August nur dank der Spritzspuren und Maisreihen mit einem Abstand von 25 cm auffindbar sind.

4 Darstellung und Diskussion der Ergebnisse

4.1 Niederschlag und Temperaturen

Das Jahr 2011 bringt durch die großen Mengen an Regen, von Juni bis Mitte August fällt mehr Niederschlag, als im Mittel der entsprechenden Zeiträume vergangener Jahre, einen günstigen Maiswuchs. So fällt die Silomaisenernte im Oktober 2011 mit im Schnitt 450 dt/ha überdurchschnittlich gut aus. Die Niederschläge gestalten sich nach dem feuchten Sommer, welcher die Getreideernte verzögert, abnehmend. Nach der Maisernte erfolgt die Roggensaart am 24.10.2011 in ein trockenes Saatbett, welches auch im November wenig Wasser erhält. In der Abb. 6 ist dies dargestellt.

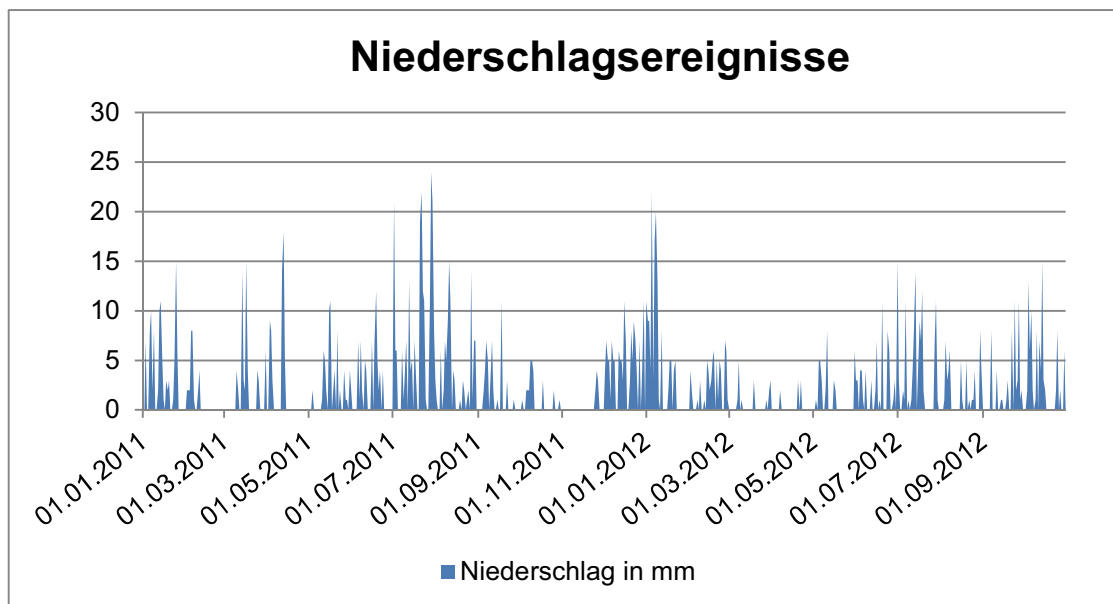
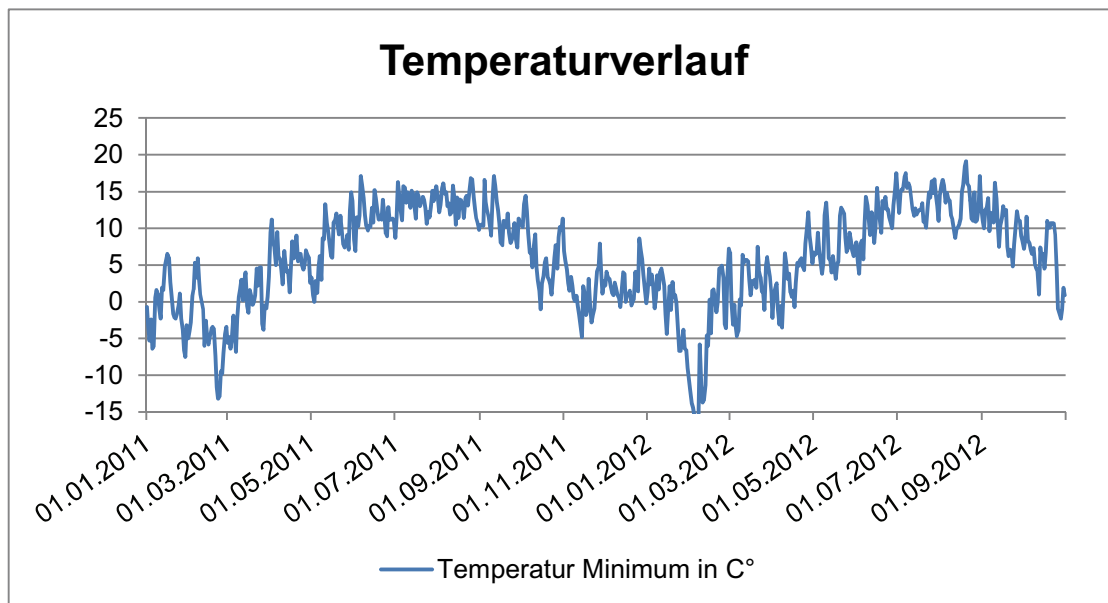


Abbildung 6: Niederschlagsverteilung, Standort Liepen von Januar 2011 bis Oktober 2012 (Werte: Betrieb J. Leifels, ProPlant GmbH; eigene Darstellung)

Durch den Wassermangel im Herbst 2011 bleibt das Pflanzenwachstum zunächst verhalten. Auch die Winterniederschläge füllen den Bodenwasserhaushalt nicht auf. Es folgt ein sehr trockenes Frühjahr.

Die letzten 5 Jahre sind durch einen frühen Wintereinbruch geprägt, der die Vegetation im November beendet. Anders im Winter 2011/2012, hier ist das Wetter bis in den Januar hinein wüchsig, was sich auf den Aufwuchs der Winterzwischenfrucht positiv auswirkt, wie der Abb. 7 zu entnehmen ist.



**Abbildung 7: Temperaturverlauf, Standort Liepen von Januar 2011 bis Oktober 2012
(Werte: Betrieb J. Leifels, ProPlant GmbH; eigene Darstellung)**

Erst gegen Ende Januar 2012 bringen winterliche Temperaturen das Wachstum des Roggens zum Stillstand. Es folgt ein kalter Februar, die Temperaturen sinken bis unter minus 25°C. Die niedrigen Temperaturen, die dem Weizen schaden, da die isolierende Schneedecke in Liepen fehlt, sind für die Roggen- und Rapsbestände auszuhalten. Sie sind den Weizenbeständen im März und April deutlich überlegen. Erst Ende März wird das Wetter wüchsig und somit erkennbar, welche Früchte den Winter gut überstanden haben, nun folgt der Umbruch des Roggens.

Ab April fehlt es in Mecklenburg-Vorpommern an Niederschlägen, auch die Temperaturen halten sich niedrig, die Pflanzenbestände nehmen nur langsam an Masse zu. Ende April wird der Mais in ein trockenes Saatbett gelegt. Frost gibt es seitdem nicht mehr, doch erst Ende Juni treten nennenswerte Niederschlagsereignisse ein, was den Maisaufwuchs verzögert. In der Hauptwachstumsphase erhält der Mais die nötige Wassermenge und erlangt Ende Juli Höhen von über 1,60 m.

4.2 Auflaufergebnisse

Die Winterzwischenfrucht Roggen weist Unterschiede in der Auflaufgeschwindigkeit in den Parzellen der Varianten II und III vor. So ist der ungebeizte Roggen Visello, welcher aus der eigenen Ernte 2011 stammt, weiter in der Entwicklung im Zeitraum Anfang November als die zertifizierte, gebeizte Roggensorte Palazzo. Dies kann an der

Beizung selber liegen, welche dem Keimling Energie kostet und somit das Auflaufen verzögert und teilweise sogar behindert, so Professor Udo Thome in dem umweltschonenden Pflanzenbau Seminar Wintersemester 2012, und an den Sorteneigenschaften. Die Pflanzenzahl je m² ist bei der Sorte Palazzo im November geringer als die der Sorte Visello aus dem betriebseigenen Nachbau, was in der folgenden Abbildung deutlich wird. Auch im Februar und im März stehen mehr Pflanzen auf der Fläche der Variante II.

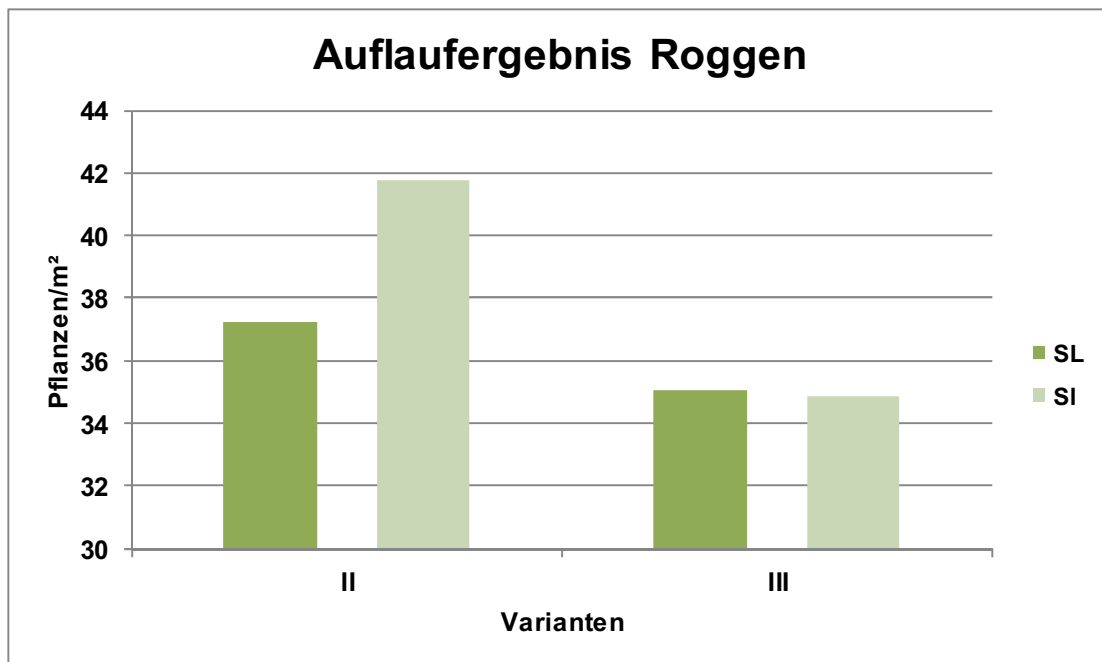


Abbildung 8: Auflaufergebnis Roggen im Bereich von 30 bis 44 Pflanzen/m², Standort Liepen im November 2011 (Quelle: eigene Ermittlungen)

Auf dem sandigen Boden entwickeln sich die Bestände der Winterzwischenfrucht und die des Mais am Anfang schneller. Hier sind Anfang November kräftigere Roggenpflanzen zu erkennen, als auf dem lehmigeren Standort. Dies liegt an der guten Erwärmbarkeit des Sandbodens. Nach dem kalten Februar hat die Variante III mit weniger Pflanzen/m² die kräftigeren Einzelpflanzen, der Palazzo hat mehr Triebe, ist also schneller gewachsen als der Visello der Variante II.

Gerade der Mais benötigt warme Temperaturen. Er zeigt ebenfalls kräftigere Bestände auf dem sandigen Standort mit acht bis neun entwickelten Blättern am 14. Juni, als auf dem lehmigen, mit acht entwickelten Blättern. Die Pflanzenzahl je m² hingegen ist im

Juni auf der Nullparzelle des lehmigen Standortes höher als auf dem Sandstandort, was in der Abb. 9 deutlich wird.

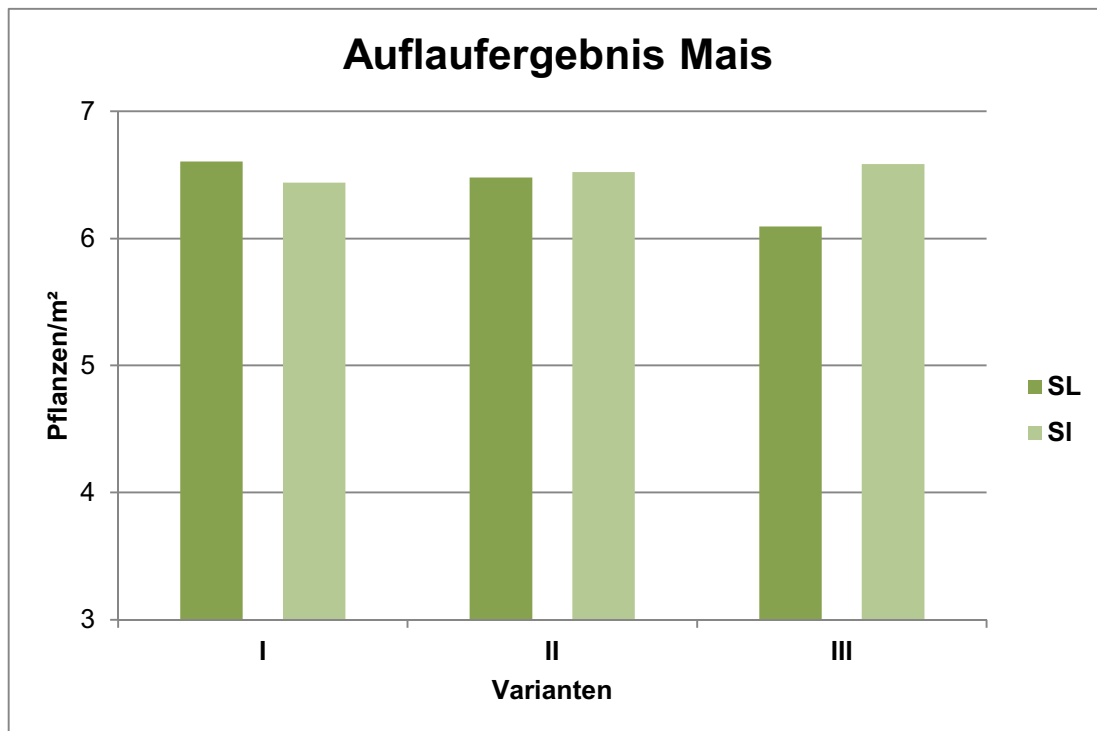


Abbildung 9: Auflaufergebnis Mais im Bereich von 3 bis 7 Pflanzen/m², Standort Liepen am 14.06.2012 (Quelle: eigene Ermittlungen)

Die Parzellen II und III haben tendenziell mehr Maispflanzen je m² als die Nullparzelle auf dem sandigen Boden, auf dem lehmigen ist dies andersherum. Somit beeinträchtigt die Winterzwischenfrucht das Auflaufen des Maises auf dem Lehm Boden, während sie das Auflaufen auf dem sandigeren begünstigt. Die bessere Erwärmbarkeit kann das Keimen des Maises und die Verrottung des Roggens im Sandboden gegenüber dem im lehmigen fördern, was die niedrige Pflanzenzahl des Maises der Variante drei im SL erkläre. Allerdings war hier auch der TM-Aufwuchs des Roggens gegenüber der Variante zwei höher (siehe Abbildung 16), welcher es dem Maissaatgut erschwert, Bodenschluss zu erlangen.

4.3 Bodenwasserhaushalt

Der Wassergehalt der Böden beider Versuchsstandorte ist mit 8 bis 12 % im November recht niedrig, da seit September wenige Niederschlagsereignisse eintraten. Auf dem

anlehmigen Sand Standort ist er um ca. 2 % niedriger, als auf dem stark lehmigen Sand, wie auf der Abbildung 10 zu erkennen ist. Dies liegt an der Wasserspeicherfähigkeit, welche im Boden mit zunehmendem Tonanteil höher ist. Da die Bodenporen hier kleiner sind, haben sie größere kapillare Kräfte (Scheffer, Schachtschabel).

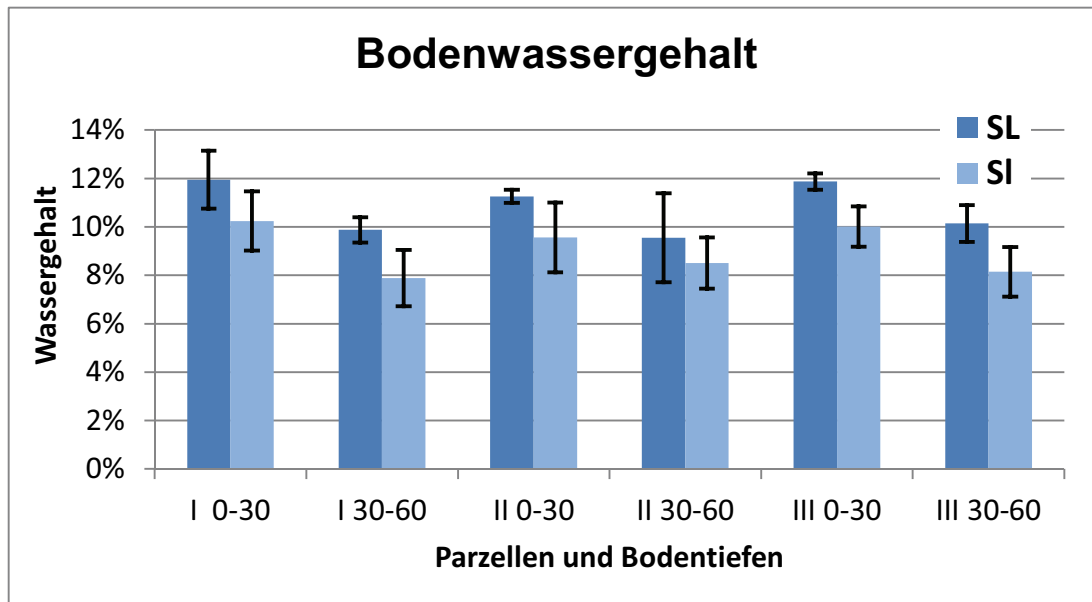


Abbildung 10: Bodenwassergehalte mit Abweichungen 03.11.2011

(Quelle: eigene Ermittlung)

Vergleicht man die Bodenwassergehalte Anfang November der Variante I, die sogenannte Nullvariante ohne Bepflanzung, mit denen der Parzellen der bepflanzten Varianten II und III, so ist ein höherer Wert gegenüber der 2. Variante in der oberen Bodenschicht festzustellen. Erklärbar ist dies über die schnelle Entwicklung und die höhere Pflanzenzahl auf der Fläche des Roggens im Eigennachbau. Durch die schnellere Entwicklung dieser Pflanzen als der der 3. Variante, erfolgt ein erhöhter Wasserbedarf der Kultur und somit der niedrigere Gehalt von Wasser im Boden Anfang November. In der unteren untersuchten Bodenschicht von 30-60 cm Bodentiefe befindet sich im Vergleich zur oberen 2 % weniger Wasser. Das ist durch die Tatsache zu begründen, dass sich seit längerem keine größeren Niederschläge ereignet haben, die Kapillarität des Bodens nicht ausreicht, um Bodenwasser nachzuliefern und die Evapotranspiration, der oberen 30 cm, noch nicht so stark ist.

Die Abbildung 11 verdeutlicht den Bodenwasserhaushalt des Versuches Ende März 2012, ein sehr niedriger Wassergehalt ist dem Sandboden zu entnehmen, mit

0,8 % bis 3,3 %. Bei solchen geringen Werten ist der Gehalt schwer ermittelbar, kleine Fehler in der Probenahme oder der Trocknung bewirken große Abweichungen. Der Sandboden ist stark von der Austrocknung betroffen, sein Wasserhaltevermögen ist begrenzt. So ist das restliche Wasser entweder in tiefere Bodenschichten versickert oder von der Evapotranspiration aus dem Boden entzogen. Der Wassergehalt der Roggenpflanzen liege Ende März bei ca. 90 % (nach Ellmer, Diepenbrock und Leon). Der ermittelte Wassergehalt des Roggenaufwuchses liegt gemittelt bei 76 % bei 14,9 dt FM/ha. Dies ergibt eine geringe Trockenmasse von 3,44 dt/ha. Somit ist der Wassermangel aufgezeigt. Nach Gurgel et al wäre ein Frischmasseertrag Mitte Mai von bis zu 52 dt TM/ha erzielbar. Davon kann man bei dieser Untersuchung nicht ausgehen, da durch den späten Saatzeitpunkt und den Wassermangel die Entwicklung des Aufwuchses entsprechend verzögert ist. Folgende Abbildung verdeutlicht die Wassergehalte des Bodens der Versuchspartellen.

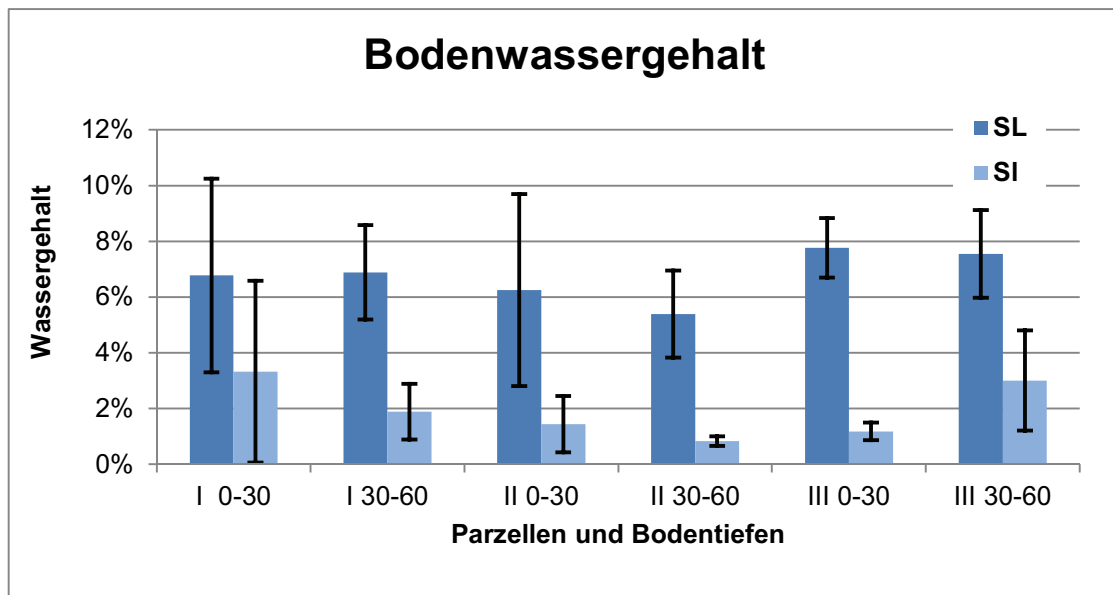


Abbildung 11: Bodenwassergehalte mit Abweichungen 22. März 2012
(Quelle: eigene Ermittlung)

Der stark lehmige Sandboden hat mit 5 bis 8 % Wasser in den Proben höhere Gehalte als der anlehmige Sand. Grund dafür ist das bessere Wasserhaltevermögen des lehmigeren Standortes. Die Transpiration der Winterzwischenfrucht hat dem stark lehmigen Sandboden nicht abgesichert mehr Wasser entzogen, als die Evaporation der Nullparzelle. Das liegt an dem Wassermangel, seit September 2011 fielen die Niederschläge unter dem jährlichem Mittel; und dem daraus resultierenden niedrigen Auf-

wuchs, bedingt auch durch den späten Saatzeitpunkt.

Die Variante drei hat im stark lehmigen Sand mehr Bodenwasser enthalten als die Parzellen der Variante zwei und eins, da der Palazzo den weiter entwickelten Bestand aufzeigte. So kann er vermehrt vor Evaporation gegenüber der Variante I schützen und die Pflanzen können Wasser aus tieferen Bodenschichten entnehmen, als die Pflanzen des Visellos, welche von geringerem Aufwuchs zeugen.

Auf dem Standort anlehmiger Sand hat die Variante zwei mit der Sorte Visello einen geringeren Bodenwassergehalt als die Nullparzelle. Hier ist die Evapotranspiration größer als die Evaporation der Nullparzelle. Der Frischmasseaufwuchs dieser Parzelle stellt sich besser da als der auf dem stark lehmigen Sandes, wodurch dem Boden mehr Wasser entzogen worden ist. Aus tieferen Bodenschichten lässt der Sandboden wenig Wasser nachziehen, was den Wasserverbrauch aus den höheren Schichten erhöht, wobei die Wurzeln hauptsächlich aus der 30 bis 60 cm tiefen Schicht Wasser entziehen.

Variante drei des anlehmigen Sandes hat zwar einen geringen Bodenwassergehalt in der Tiefe 0 bis 30 cm, allerdings einen höheren in der Tiefe von 30 bis 60 cm als die Variante eins. Hier hat die Winterzwischenfrucht das Wasser in der tieferen Zone nach oben gehalten, konnte die obere Bodenschicht aber nicht vor dem Austrocknen schützen.

4.4 Mineralischer Stickstoff im Boden

Der anorganische Stickstoff im Boden wird nach Vegetationsbeginn Ende März bestimmt. Deutlich wird in den Abbildungen 12 und 13, dass der Ammoniumgehalt und der Nitratgehalt in der Zone 30 bis 60 cm niedriger sind als in den oberen 30 cm, was auch an der AHL Gabe am 15.03.2012 liegt. Hier werden 20 kg N/ha auf den Schlag gebracht, zudem sind die tieferen Schichten schlechter erwärmbar und somit wird hier weniger mineralisiert, d.h. weniger Ammonium wird freigesetzt.

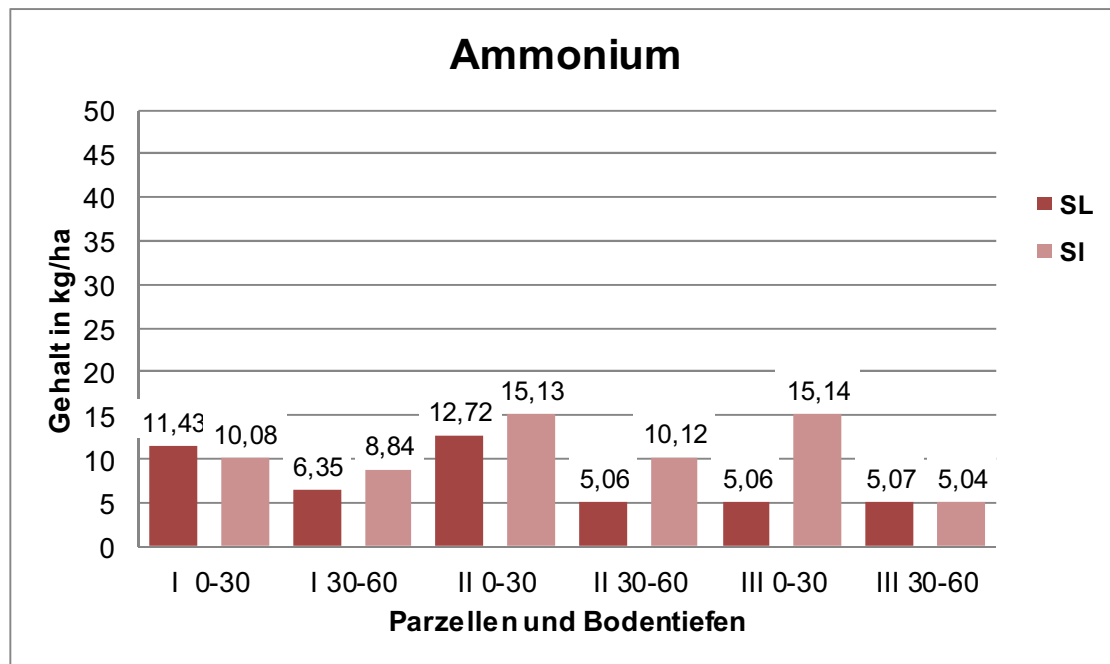


Abbildung 12: Ammoniumgehalt in kg/ha vom 22.03.2012 (Quelle: VDL LUFA)

Der Ammoniumgehalt liegt zwischen 5 bis 15 kg/ha. Erkennbar ist, dass der anlehmige Sandboden eher mehr an Ammonium angereichert ist als der stark lehmige, hier scheinen die Mikroorganismen durch die schnellere Bodenerwärmbarkeit besser zu mineralisieren. Ammonifikation findet hier vermehrt statt.

Im SI sind höhere Werte an Ammonium in den Varianten mit dem Roggen erkennbar, die Pflanzen fördern die Mineralisation, sie begünstigen die Sauerstoffzufuhr, liefern organisches Material für die Mikroorganismen.

Der Nitratgehalt ist auch in der tieferen Bodenschicht niedriger als in der oberen, was in der Abbildung 13 zu sehen ist. Erst bei Niederschlagsereignissen wird der Nitratstickstoff in tiefere Schichten verlagert und ginge somit aus diesem erfassten Rahmen bis 60 cm Bodentiefe hinaus.

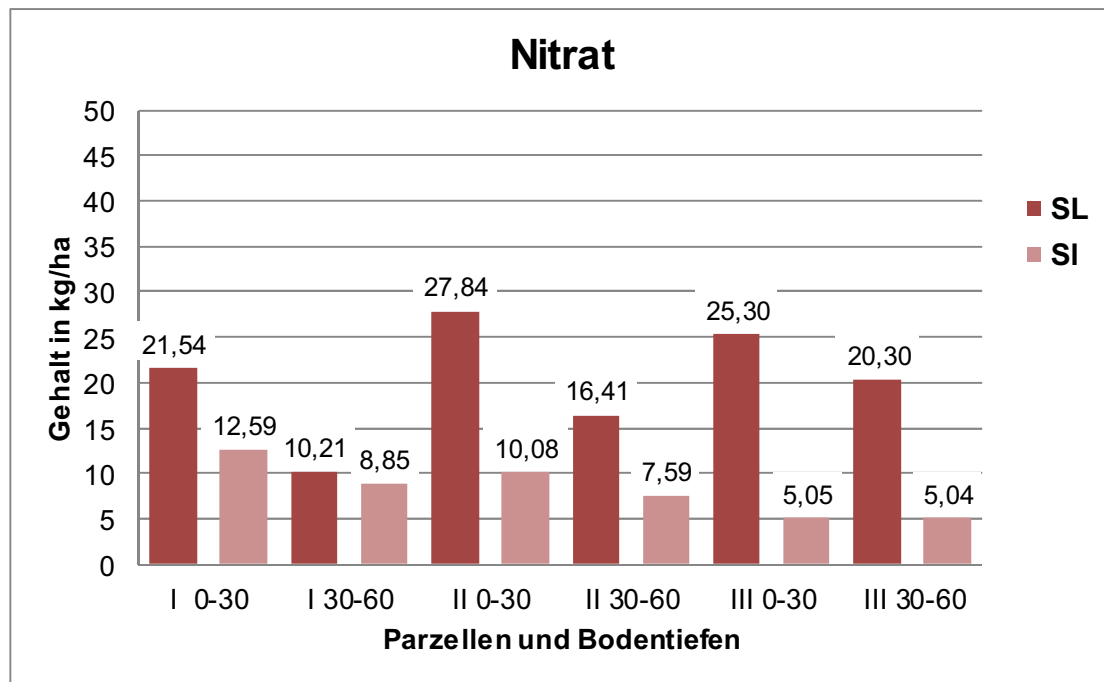


Abbildung 13: Nitratgehalt in kg/ha vom 22.03.2012 (Quelle: VDL LUFA)

In Abbildung 13 ist deutlich, dass der Nitratgehalt im stark lehmigen Sand höher ist, die Pflanzen haben noch nicht viel NO_3 verbraucht, hier ist der Aufwuchs geringer als im anlehmigen Sand. Hinzu kommt, dass hier mehr NH_4 gespeichert werden kann und über Nitrifikation nun als Nitratform den Pflanzen zu Verfügung steht. Im Sandboden ist der Nitratstickstoff zudem auswaschgefährdeter, was einen geringen Vorrat aus dem Winter bedingt. Da wenig Regen im Frühjahr gefallen ist, ist der Boden an Nitrat gut gefüllt.

Die Varianten II und III des SL enthalten deutlich mehr NO_3 als die Variante I, obwohl die Pflanzen den Stickstoff selber aufnehmen. Sie halten das Bodenwasser und somit den Nitrat in obere Bodenschichten.

Der Mais selber verwertet den Ammonium- besser als den Nitratstickstoff, da dieser auch im Dunkeln verwertet wird, während zur Nitratumwandlung Licht von Nöten ist.⁶⁹ So erreicht Mais enormen Zuwuchs, da er auch im Dunkeln wächst, indem er das zuvor gespeicherte Malat wieder zu CO_2 umwandelt und so in den Calvinzyklus bringt.

⁶⁹ (Seggewiß, Prof. Dr. B., 2011)

Die Düngung mit Gülle oder Gärresten ist demnach sinnvoll. Im Prüfbericht des Gärrestes der Biogasanlage Liepen,⁷⁰ liegt der Anteil von Ammoniumstickstoff mit 0,52 % von der Frischmasse, wobei der gesamte Stickstoffgehalt 0,69 % der Frischmasse ausmacht. Am 15.05.2012 erfolgt eine Güllegabe von 10 m³ in den Mais hinein, welcher zu diesem Zeitpunkt im Sechsstadium ist. Von 10 m³ Gülle erhält der Maisschlag 69 kg Stickstoff, wovon der Ammoniumstickstoff 52 kg ausmacht. Aus der Summe beider Stickstoffgehalte ergibt sich N_{min} (siehe Abbildung 14).

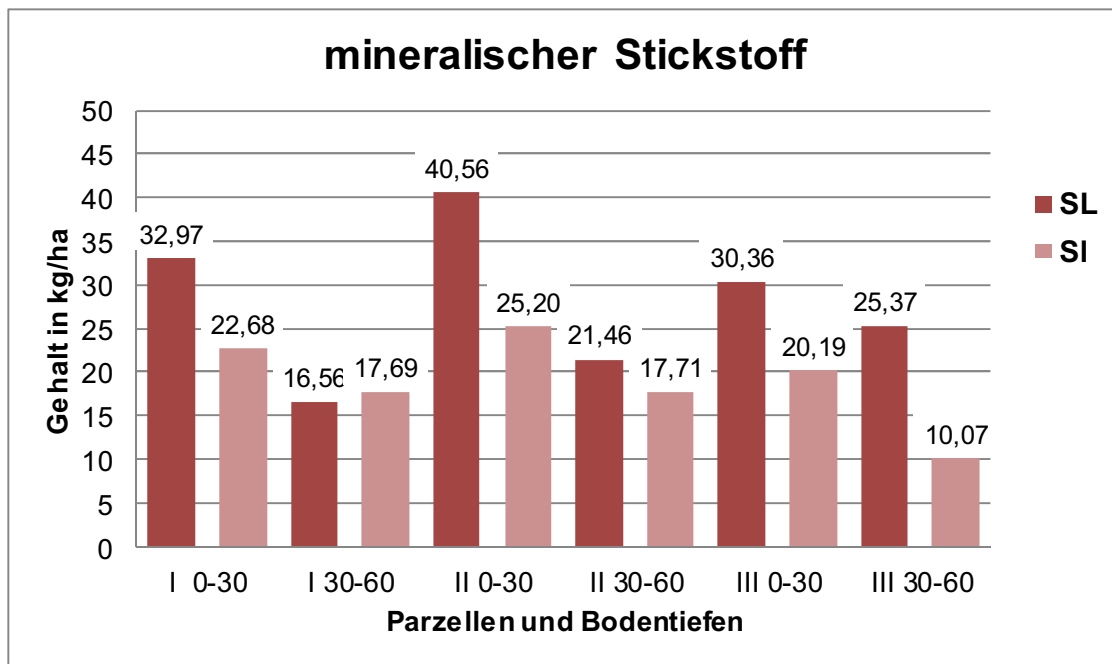


Abbildung 14: Mineralischer Stickstoff einzelner Bodentiefen in kg/ha vom 22.03.2012, (Quelle: VDL LUFA)

Die Abb. 14 verdeutlicht im SL einen höheren mineralischen Stickstoffgehalt in dem Boden der Varianten mit der Winterzwischenfrucht. Die Variante III mit dem Palazzo hat allerdings weniger Bodenstickstoff, was auch an der vermehrten TM-Produktion liegt (siehe Abb. 16).

Auch die Stickstoffwerte der beiden Bodentiefen können addiert werden, wobei somit noch die Werte der Tiefe 60 bis 90 cm hinzukämen, da auch diese zum durchwurzelba-

⁷⁰ (LUFA Rostock, 2012)

ren Bereich gehören. Zum Vergleich der N-Bodengehalte der drei Varianten werden die N-Werte der Bodenschichten in der folgenden Abbildung addiert.

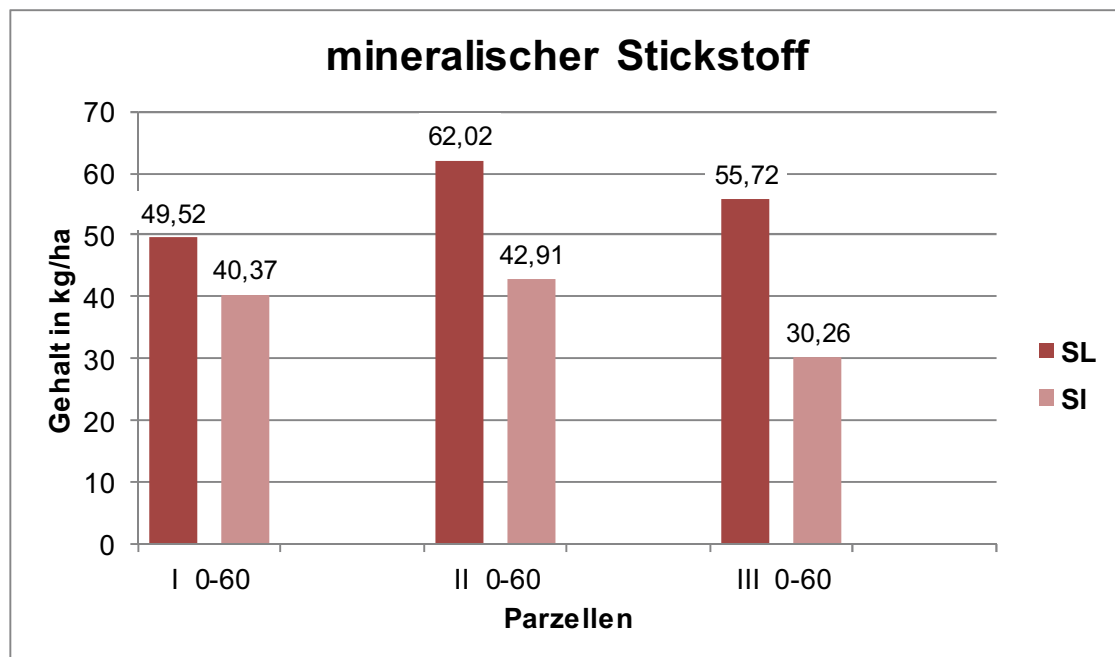


Abbildung 15: Mineralischer Stickstoff in kg/ha vom 22.03.2012, (Quelle: VDL LUFA)

Die Stickstoffgehalte machen deutlich, dass die Winterzwischenfrucht den Stickstoff, besonders den Nitratstickstoff an der Bodenoberfläche und somit im pflanzenverfügbaren Bereich nach oben hält. Ammonium wird ebenfalls vermehrt an der Oberfläche angetroffen, besonders im SI. Sobald die Pflanzen im Frühjahr an Masse zunehmen, verbrauchen sie diesen Stickstoff. Am meisten TM-Aufwuchs gibt es im anlehmigen Sand in der Parzelle III, hier ist auch der Stickstoffgehalt am niedrigsten. Es ist allerdings auch die Parzelle mit dem Boden des geringsten Haltevermögens an Nährstoffen. Die Winterzwischenfrucht hält somit den Stickstoff in obere Bodenzonen für die Zweitfrucht, sollte aber rechtzeitig vor dem Beginn des schnellen Masseaufwuchses umgebrochen werden, um der Zweitfrucht optimale Bodenstickstoffgehalte zu hinterlassen.

Der Stickstoffgehalt des Roggens wird bei einem TS-Gehalt um 15 % bei 0,35 kg N/dt FM angegeben (wie oben erläutert), was bei dem in Tabelle 1 dargestelltem FM-Aufwuchs etwa 4,94 bis 5,53 kg N/ha ausmacht. Dieser Stickstoff ist im Roggen gespeichert und somit den Varianten zwei und drei hinzuzufügen.

Tabelle 2: Frischmasse Roggen und Stickstoffgehalt des Roggenaufwuchses vom 28.03.2012 (Quelle: eigene Darstellung)

	FM Roggen [dt/ha]		N- Gehalt [kg/ha]	
	II	III	II	III
SL	14,10	15,00	4,94	5,25
SI	15,80	14,54	5,53	5,09

Der Aufwuchs der Winterzwischenfrucht ist gering, somit sind auch deren enthaltenen N-Gehalte auf die Fläche gesehen eher niedrig.

4.5 Pflanzenmasse

Die Frischmassen der Roggenerträge der beiden Bodenarten (siehe Tabelle 1), unterscheiden sich nicht eindeutig voneinander. In der Trockenmasse ist erkennbar mehr Ertrag auf dem anlehmigen Sand als auf dem stark lehmigen Sand nachweisbar, wie in Abbildung 15 deutlich ist.

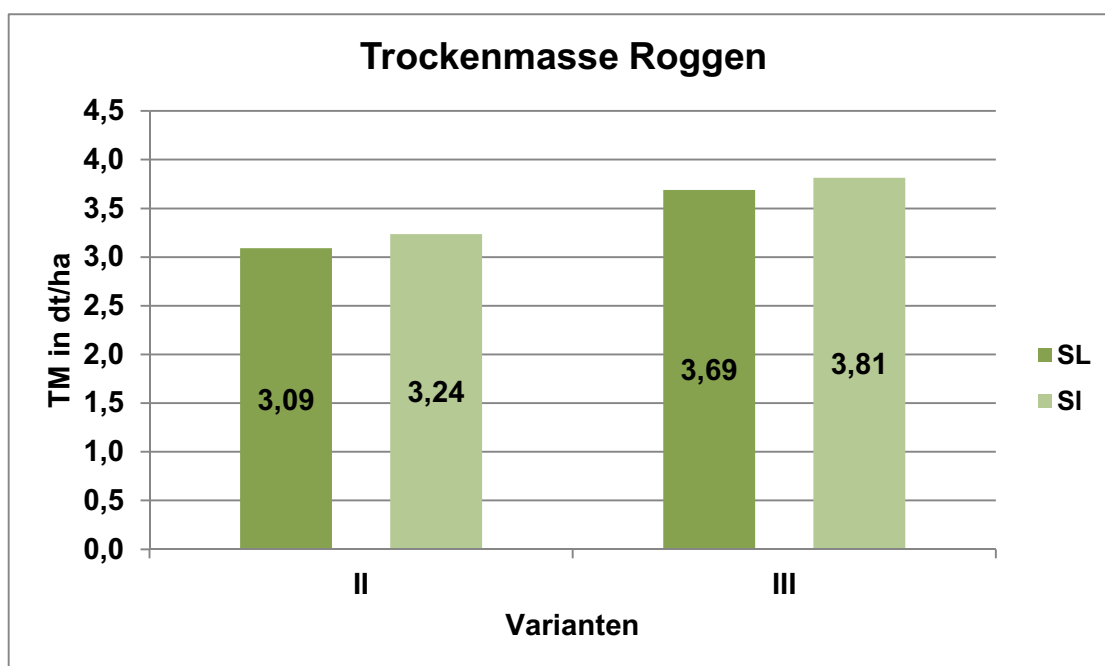


Abbildung 16: Trockenmasse Roggen in dt/ha, am 28.03.2012 (Quelle: eigene Ermittlung)

Eindeutig hat der Roggen Palazzo der Variante III mehr Trockenmasse gebildet als die Roggensorte Visello aus der Variante II. Insgesamt gesehen ist der Aufwuchs der Winterzwischenfrucht jedoch sehr gering, bedingt durch die geringe Vegetationsdauer zwi-

schen dem Maisanbau. Wenn in Gülzow mit der Winterzwischenfrucht dem Grünschnittroggen 52 dt TM/ha erzielt werden können, so ist dies nur möglich mit dem Aussattermin Anfang September und dem Erntetermin Mitte Mai, in dem Zweikulturnutzungssystem, in welchem ein Getreide vor der Zwischenfrucht steht.

4.6 Stängeldurchmesser Mais

Am 27.08.2012 wird der Stängeldurchmesser der Maispflanzen der einzelnen Parzellen ermittelt, deutlich ist der Unterschied der beiden Standorte (siehe folgende Abbildung). War die Pflanzenzahl im anlehmigen Sandboden höher, so ist der Stängeldurchmesser hier durchschnittlich um 8 % niedriger. Die Konkurrenz der Pflanzen einerseits, aber auch die geringere Verfügbarkeit von Wasser und Nährstoffen wirken sich auf den Pflanzenwuchs negativ aus.

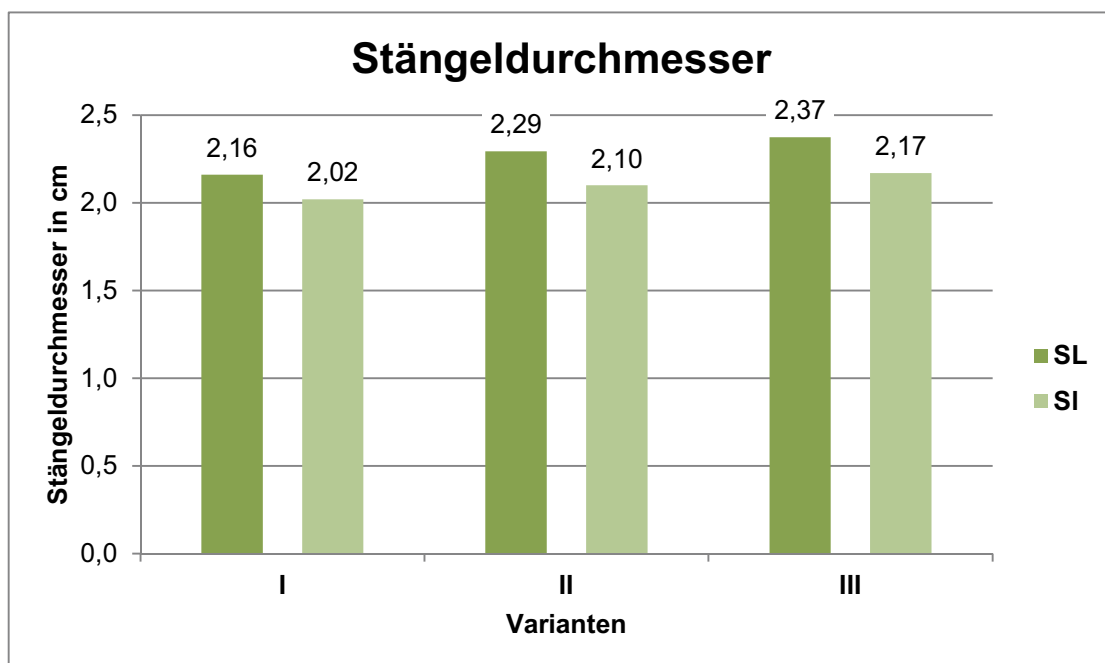


Abbildung 17: Stängeldurchmesser Mais, am 27.08.2012 (Quelle: eigene Ermittlungen)

Die Varianten mit der Winterzwischenfrucht weisen höhere Stängelhalbdurchmesser auf als die der Nullvariante. Wobei der stark lehmige Sandboden hier tendenziell noch mehr von der Winterzwischenfrucht profitiert als der anlehmige Sand. Die Variante III, auf der die Winterzwischenfrucht mit der Roggensorte Palazzo stand, hat die Maispflanzen mit den stärksten Stängeldurchmessern. Hier sind weniger Maispflanzen auf die Fläche gesehen, die Konkurrenz um das knappe Bodenwasser ist also geringer.

Dabei ist der TM-Aufwuchs der Variante III der Erstfrucht größer, die größere Mulchschicht wird zwar beim Auflaufen stören aber den jungen Pflanzen beim Wachsen helfen, für bessere Sauerstoffversorgung und für eine bessere Bodenerwärmung sorgen.

5 Schlussfolgerung

Die Bachelorarbeit beschäftigt sich mit dem Versuch von dem Anbau der Winterzwischenfrucht Roggen in der Monokultur Mais. Dieser ist auf einem landwirtschaftlichen Betrieb, 15 km östlich von Neubrandenburg, angelegt. Drei unterschiedliche Varianten sollen auf zwei verschiedenen Bodenarten miteinander verglichen werden: die erste Variante ist die über Winter brach liegende Fläche, in der Variante zwei erfolgt der Nachbau des betriebseigenen Roggens Visello und die Variante drei ist mit dem zertifizierten Saatgut der Roggensorte Palazzo angelegt. Anhand des Bodenwasserhaushaltes, des mineralischen Stickstoffgehaltes des Bodens und des Aufwuchses der Winterzwischenfrucht und der Hauptfrucht wird untersucht, welchen Einfluss der Roggen in der kurzen Anbauphase nach der Maisernte 2011 im Oktober bis zur erneuten Maissaat Ende April 2012 hat und wie die Bodenbedingungen der beiden Standorte diesen beeinflussen.

Der Bodenwassergehalt im November 2011 und März 2012 verdeutlicht den Verbrauch der Zwischenfrucht an Wasser gegenüber dem der Brache. Die Evapotranspiration der Parzellen mit Roggenanbau der Sorte Palazzo ist niedriger, als die Evaporation der brach liegen gelassenen Fläche und die der Variante zwei auf dem stark lehmigen Sandstandort. Auf dem anlehmigen Sandstandort verhält sich dies anders, hier entzieht die Winterzwischenfrucht dem Boden mehr Wasser als auf der Brache verdunstet. Somit ist der Wasserhaushalt zurecht ein Thema, das es in dem Zwischenfruchtanbau zu beachten gilt. Die Wahl des Umbruchtermines und die Nährstoffversorgung der Winterzwischenfrucht bieten neben der Bodenbearbeitungsweise Möglichkeiten zur Steuerung des Wasserverbrauches.

Der mineralische Bodenstickstoffgehalt und der des Pflanzenaufwuchses zeigen auf, dass mit der Winterzwischenfrucht Roggen zwischen 11,2 und 17,5 kg N/ha mehr an Stickstoff innerhalb des Winterhalbjahres gehalten werden kann als auf der Brache mit 49,52 kg N/ha. Auch hier nutzt die Zwischenfrucht dem stark lehmigem Sandboden mehr als dem anlehmigem. Der Roggen der Sorte Palazzo hinterlässt bedingt durch den höheren Aufwuchs weniger Stickstoff im Boden als der Visello. Beide Varianten sind denen der Brache im stark lehmigen Sand überlegen. Im anlehmigen Sandboden

verbraucht die Winterzwischenfrucht Palazzo mehr Stickstoff als in der Brache versickert. Der Visello entzieht dem Boden weniger Stickstoff als der Palazzo, wegen des geringeren Aufwuchses.

Während der Roggen nur geringe TM-Aufwüchse aufweist mit 3,09 bis 3,81 dt/ha, da die für ihn verfügbare Vegetationszeit gering ist, die Versorgung mit Niederschlägen im Winter 2011/12 unterdurchschnittlich ist und auch die Nährstoffversorgung gering gehalten wird, lassen sich im Mais unterschiedliche Stängelhalsdurchmesser feststellen. Der Mais der Varianten mit dem Roggen als Winterzwischenfrucht hat größere Stängeldurchmesser, wobei sich der Mais nach dem Palazzo am stärksten präsentiert. Auch bei der Untersuchung des Stängeldurchmessers hat tendenziell der stark lehmige Boden durch die Winterzwischenfrucht am ehesten profitiert.

In der intensiven Fruchtfolge Maismonokultur fördert die Winterzwischenfrucht Roggen die Funktionalität des Bodens und sichert somit den stabilen Aufwuchs der Hauptfrucht, selbst in der kurzen Versuchsdauer von einem Jahr sind bessere Aufwüchse des Maises anhand des Stängelhalsdurchmessers erkennbar. Interessant wäre ein deutlich längerer Versuch, um zu klären, wie sich die Bodenfruchtbarkeit durch den intensiven Anbau gestaltet und um die Vorteile der Winterzwischenfrucht zu belegen, was den Humusaufbau, die Erosionsminderung und auch die Einflüsse durch verschiedene Witterungsbedingungen betrifft.

Unterschiede zwischen den beiden angebauten Roggensorten lassen sich ebenfalls feststellen, so ist der Palazzo was den TM-Aufwuchs angeht dem Visello zum Zeitpunkt des Umbruchtermines überlegen und er hält im stark lehmigen Sandboden mehr Wasser als der Visello. Bei dem mineralischem Stickstoffgehalt wird jedoch deutlich, dass er dem Boden mehr Stickstoff entzieht als der Visello, wobei hier in die Parzellen der Variante III mit dem Palazzo aufwuchs dem Boden am wenigsten mineralischen Stickstoff hinterlassen. Besonders gering ist der Ammoniumstickstoffgehalt in der Parzelle III, was auf eine geringere Ammonifikation hindeutet.

6 Literaturverzeichnis

- Albert, E. & Knittel, H. (2003). *Praxishandbuch Dünger und Düngung*. Bergen/ Dumme: Agrimedia GmbH.
- Bull, I.; Ministerium für Landwirtschaft und Verbraucherschutz. (2011). *Fachberatung "Wasserrahmenrichtlinie und Landwirtschaft": Zwischenfruchtanbau unter den Bedingungen Mecklenburg-Vorpommerns*. Gülzow: LUNG, LFA, LMS.
- Bundesgesetzblatt I. (2000). *Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien*. Deutschland: Bundesrepublik Deutschland.
- Bundesgesetzblatt §3 Abs. 2 Satz 1 Nr. 1, T. 1. (2007). *Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen*. Deutschland: Bundesrepublik Deutschland.
- Bundesgesetzblatt I. (2012). *Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien*. Deutschland: Bundesrepublik Deutschland.
- De Baey-Ernsten, D. H., Schütte, D. A., & Brunsch, P. D. (2006). *Energiepflanzen*. Darmstadt: KTBL + FNR.
- Diepenbrock, W., Ellmer, F., & Leon, J. (2005). *Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung*. Stuttgart: Eugen Ulmer KG; 2. Auflage.
- Dietze, M.; LFA. (27./28. Oktober 2010). 4. Rostocker Bioenergieforum, S. 27.
- Dörre, D. R. (1979). *Winterroggen aktuell*. Frankfurt am Main: DLG-Verlags-GmbH.
- Ebertseder, Dr. Thomas; Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs und Forschungsanstalten. (2004). *Standpunkt Humusbilanzierung*. Bonn : VDLUFA.
- Eckel, H.; KTBL. (2006). *Energiepflanzen*. Darmstadt: (KTBL) Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft.
- Eder, B.; Sticksel, Dr. E.; Eder, Dr. J.; LfL. (2008). *Ertragsleistung von Biogasmais nach Winterzwischenfrüchten*. Bayrische Landesanstalt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.

- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe. (2009). *Gülzower Fachgespräche, Band 32, 34: Biogas in der Landwirtschaft*. Gülzow: FNR.
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2009). *Symposium Energiepflanzen: Ergebnisse des Fruchtartenvergleichs mit C3 und C4 Pflanzen in Forchheim im Mittel der Jahre 2005 bis 2008*. Gülzow: FNR.
- Finck, A. (1992). *Dünger und Düngung*. Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft mbH.
- Görisch, U., & Helm, M. (2007). *Biogasanlagen*. Stuttgart: Eugen Ulmer KG.
- Gurgel, Dr. A.; Peters, J.; Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern. (2009). *Einordnung der Energiepflanze in die Fruchtfolge*. Gülzow: LFA.
- Gurgel, Dr. A.; LFA. (2009). Flächenbelegung durch Energiepflanzenanbau in Mecklenburg-Vorpommern und in ausgewählten Landkreisen. Gülzow: Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei.
- Klostermann, I.; LFA. (2011). *Anbau von Energiemais unterschiedlicher Reifezahl nach Winterzwischenfrüchten*. Gülzow: LFA.
- Körschens, M.; Rogasik, J.; Schulz, E.; Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft. (2005). *Bilanzierung und Richtwerte organischer Bodensubstanz*. Braunschweig: FAL.
- KWS Lochnow. (2011). *Roggen als Biogaslieferant*. KWS Lochnow.
- Leithold, G., & Hülsbergen, K.-J. (1997). *Humusbilanzierung - Methoden und Anwendung als Agrar-Umweltindikator*. Osnabrück: Zeller Verlag.
- Loiskandl, W.; Universität für Bodenkultur Wien. (2008). *Bodenwasserwirtschaft*. Wien: BOKU.
- LUFA (05.06.2012). Prüfbericht Gärsubstrat. Labornummer 12-04365-001. Rostock
- Lütke Entrup, Prof. Dr. N.; Hötte, S.; Fachhochschule Südwestfalen. (2008). *Zwischenfruchtanbau für die Erzeugung von Biogas*.

- Maiskomitee.: Ökologische Aspekte des Maisanbaues. 2011. Online in Internet.
 URL: <http://www.maiskomitee.de/web/public/Fakten.aspx/Wissenswertes>
 (Stand 6.10.2011).
- Mastel, K.; LTZ. (2007). *Fusarium bei Mais*. Karlsruhe: Landwirtschaftliches
 Technologiezentrum Augustenberg.
- Michel, V.; Pienz, G.; Zenk, A.(2011). Winterroggen und Triticale, Ergebnisse Lan-
 dessortenversuche, Anbaugebiet "D-Nord / MV-Süd".
- Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung. (2008). *Kolloquium
 2008- Wasser als begrenzender Faktor*. Wien: ÖKL.
- Roggenforum e. V. (2007). *Roggen- Getreide mit Zukunft*. Frankfurt am Main: DLG
 Verlag.
- Scheffer, F., & Schachtschabel, P. (2002). *Lehrbuch der Bodenkunde*. Berlin:
 Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg.
- Schittenhelm, Dr. S.; Julius Kühn- Institut. (2009). *Wassernutzungseffizienz von
 Energiepflanzen*. Braunschweig/ Berlin: JKI.
- Seggewiß, Prof. Dr. B.; Hochschule Neubrandenburg, (2011). *Seminar Angewandte
 Pflanzenernährung*. Neubrandenburg.
- Statistisches Landesamt Mecklenburg-Vorpommern. (2003, 2009).
Bodennutzungshaupterhebung, Statistische Berichte 2003, 2009. Schwerin:
 Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern.
- Statistisches Landesamt Mecklenburg-Vorpommern. (2011). *Bodennutzung der
 Betriebe in MV 2011*. Schwerin: Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern.
- Thome, Prof. Dr. U.; Hochschule Neubrandenburg. (2011). Skript Mais. Neubrandbg.
- Ullrich, J.; LMS. (2011). Silomais in Ackerbaufruchtfolgen. Ramin: Landwirtschaftsbera-
 tung Mecklenburg Vorpommern.
- Willms; Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe (2008).
 Energiepflanzen für Biogasanlagen. FNR

7 Anhang

Bodenwassergehalte

Bodenwassergehalt_03.11.2011							
Standort stark lehmiger Sand							
Wdhlg.	Bodenmasse [kg] frisch / getrockn.	Parzellen					
		I		II		III	
		0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
1	f	1,850	2,020	1,300	1,760	1,240	1,520
		1,832	2,001	1,305	1,739	1,221	1,512
	g	1,621	1,796	1,156	1,561	1,084	1,358
2	f	1,040	1,280	0,980	1,140	1,115	1,100
		0,979	1,275	0,962	1,117	1,115	1,106
	g	0,872	1,155	0,865	1,015	0,980	1,003
3	f	1,660	1,640	1,320	1,420	1,100	1,240
		1,648	1,623	1,329	1,419	1,090	1,245
	g	1,469	1,476	1,176	1,270	0,963	1,107
4	f	1,270	1,360	1,300	0,900	0,720	0,680
		1,260	1,342	1,290	0,892	0,726	0,684
	g	1,126	1,219	1,144	0,835	0,641	0,613

	I 0-30	I 30-60	II 0-30	II 30-60	III 0-30	III 30-60
1. Wassergehalt	11,94%	10,65%	11,23%	10,75%	11,96%	10,41%
2. Wassergehalt	13,63%	9,57%	10,98%	10,06%	12,08%	9,11%
3. Wassergehalt	11,21%	9,55%	11,21%	10,57%	12,10%	10,90%
4. Wassergehalt	11,00%	9,75%	11,64%	6,84%	11,37%	10,16%
Mittelwert	11,94%	9,88%	11,27%	9,55%	11,88%	10,14%

Bodenwassergehalt_03.11.2011							
Standort anlehmiger Sand							
Wdhlg.	Bodenmasse [kg] frisch / getrockn.	Parzellen					
		I		II		III	
		0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
1	f	0,920	1,160	1,080	0,780	1,020	1,220
		0,897	1,151	1,064	0,779	1,010	1,214
	g	0,802	1,052	0,956	0,708	0,906	1,109
2	f	0,680	1,500	1,000	0,960	0,960	1,070
		0,674	1,493	0,980	0,946	0,934	1,045
	g	0,608	1,377	0,886	0,867	0,846	0,961
3	f	0,740	0,640	0,800	0,840	0,860	0,760
		0,732	0,638	0,786	0,840	0,858	0,768
	g	0,661	0,585	0,720	0,782	0,779	0,706
4	f	0,740	0,820	0,860	1,120	0,940	0,920
		0,727	0,825	0,871	1,130	0,914	0,916
	g	0,669	0,771	0,799	1,025	0,841	0,854

	I 0-30	I 30-60	II 0-30	II 30-60	III 0-30	III 30-60
1. Wassergehalt	11,76%	8,94%	10,87%	9,14%	10,81%	8,89%
2. Wassergehalt	10,20%	7,95%	10,53%	9,08%	10,66%	9,12%
3. Wassergehalt	10,26%	8,41%	9,16%	6,92%	9,34%	7,61%
4. Wassergehalt	8,76%	6,24%	7,72%	8,88%	9,25%	6,98%
Mittelwert	10,25%	7,89%	9,57%	8,51%	10,01%	8,15%

Bodenwassergehalt_22.03.2012							
Standort stark lehmiger Sand							
Wdhlg.	Bodenmasse [kg] frisch/ getrockn.	Parzellen					
		I		II		III	
		0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
1	f	0,889	1,341	0,937	1,206	0,955	1,072
	g	0,889	1,341	0,937	1,206	0,955	1,072
2	f	0,800	1,264	0,917	1,127	0,886	0,979
	g	0,729	1,013	0,775	1,008	0,838	0,700
3	f	0,729	1,013	0,775	1,008	0,838	0,700
	g	0,676	0,929	0,713	0,950	0,774	0,661
4	f	0,903	0,835	0,778	0,744	0,725	0,927
	g	0,903	0,835	0,778	0,744	0,725	0,927
5	f	0,886	0,765	0,700	0,698	0,675	0,844
	g	0,603	1,009	0,781	0,827	0,793	0,893
6	f	0,603	1,009	0,781	0,827	0,793	0,893
	g	0,555	0,958	0,743	0,801	0,719	0,831

	I 0-30	I 30-60	II 0-30	II 30-60	III 0-30	III 30-60
1. Wassergehalt	10,01%	5,76%	2,17%	6,52%	7,28%	8,60%
2. Wassergehalt	7,30%	8,33%	8,03%	5,72%	7,57%	5,57%
3. Wassergehalt	1,86%	8,34%	9,96%	6,22%	6,91%	9,02%
4. Wassergehalt	7,94%	5,11%	4,85%	3,10%	9,31%	7,02%
Mittelwert	6,78%	6,89%	6,25%	5,39%	7,77%	7,55%

Bodenwassergehalt_22.03.2012							
Standort anlehmiger Sand							
Wdhlg.	Bodenmasse [kg] frisch/ getrockn.	Parzellen					
		I		II		III	
		0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
1	f	0,675	1,395	0,730	1,088	1,261	1,209
	g	0,675	1,395	0,730	1,088	1,261	1,209
2	f	0,670	1,375	0,722	1,080	1,247	1,181
	g	0,979	1,417	1,074	1,495	0,789	1,407
3	f	0,979	1,417	1,074	1,495	0,789	1,407
	g	0,899	1,406	1,065	1,481	0,780	1,338
4	f	0,966	1,476	1,132	1,293	1,165	1,491
	g	0,966	1,476	1,132	1,293	1,165	1,491
5	f	0,947	1,431	1,123	1,284	1,155	1,432
	g	0,938	0,967	1,473	1,200	0,814	1,009
6	f	0,938	0,967	1,473	1,200	0,814	1,009
	g	0,915	0,946	1,429	1,188	0,801	1,000

	I 0-30	I 30-60	II 0-30	II 30-60	III 0-30	III 30-60
1. Wassergehalt	0,76%	1,43%	1,07%	0,66%	1,07%	2,28%
2. Wassergehalt	8,09%	0,78%	0,88%	0,96%	1,17%	4,91%
3. Wassergehalt	1,96%	3,08%	0,87%	0,69%	0,86%	3,96%
4. Wassergehalt	2,46%	2,23%	2,94%	0,99%	1,61%	0,86%
Mittelwert	3,32%	1,88%	1,44%	0,82%	1,18%	3,00%

Ertrag Roggen

Standort stark lehmiger Sand (SL)										
Wdhlg.	Trockensubstanz des Roggens_28.03.2012									
	II					III				
	FM g/m ²	TM g/m ²	TS	dt FM/ha	dt TM/ha	FM g/m ²	TM g/m ²	TS	dt FM/ha	dt TM/ha
1	109,30	26,50	24,25%	10,93	2,65	128,50	31,90	24,82%	12,85	3,19
2	110,60	27,75	25,09%	11,06	2,78	145,60	39,22	26,94%	14,56	3,92
3	163,00	34,17	20,96%	16,30	3,42	188,60	43,41	23,02%	18,86	4,34
4	181,10	35,23	19,45%	18,11	3,52	137,40	32,94	23,97%	13,74	3,29
MW	141,00	30,91	22,44%	14,10	3,09	150,03	36,87	24,69%	15,00	3,69
StAB S.	36,61	4,42	0,03	3,66	0,44	26,65	5,43	0,02	2,66	0,54
Var S.	1340,35	19,57	0,00	13,40	0,20	710,11	29,48	0,00	7,10	0,29

Standort anlehmiger Sand (SI)										
Wdhlg.	Trockensubstanz des Roggens_28.03.2012									
	II					III				
	FM g/m ²	TM g/m ²	TS	dt FM/ha	dt TM/ha	FM g/m ²	TM g/m ²	TS	dt FM/ha	dt TM/ha
1	130,80	27,40	20,95%	13,08	2,74	104,70	31,90	30,47%	10,47	3,19
2	129,70	28,36	21,87%	12,97	2,84	142,40	39,22	27,54%	14,24	3,92
3	175,70	33,44	19,03%	17,57	3,34	189,20	43,41	22,94%	18,92	4,34
4	195,70	40,25	20,57%	19,57	4,03	145,21	38,00	26,17%	14,52	3,80
MW	157,98	32,36	20,60%	15,80	3,24	145,38	38,13	26,78%	14,54	3,81
StAB S.	33,04	5,89	0,01	3,30	0,59	34,56	4,76	0,03	3,46	0,48
Var S.	1091,77	34,67	0,00	10,92	0,35	1194,65	22,63	0,00	11,95	0,23

Mineralischer Stickstoff im Boden

N _{min} Bodenproben gezogen am 28.03.2012							
Standort stark lehmiger Sand							
Wdhlg.		Parzellen					
		I		II		III	
		0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
1	NH ₄	10,33	5,19	10,29	5,05	5,06	5,11
	NO ₃	10,33	15,57	10,29	10,10	30,38	25,54
	TMFM	87,14	86,70	87,50	89,07	88,86	88,09
2	NH ₄	10,08	10,08	10,08	5,04	5,04	5,04
	NO ₃	25,21	15,13	15,13	25,21	25,21	20,17
	TMFM	87,18	87,62	86,89	86,86	86,61	87,96
3	NH ₄	15,14	5,05	15,25	5,05	5,05	5,05
	NO ₃	30,28	5,05	65,60	25,23	20,18	15,14
	TMFM	86,53	88,25	86,90	88,61	87,29	87,46
4	NH ₄	10,17	5,08	15,25	5,08	5,08	5,08
	NO ₃	20,33	5,08	20,33	5,08	25,42	20,33
	TMFM	87,77	89,02	86,38	87,47	86,79	87,34

Standort stark lehmiger Sand							
Wdhlg.		Parzellen					
		I		II		III	
		0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
1	NH ₄	10,33	5,19	10,29	5,05	5,06	5,11
	NO ₃	10,33	15,57	10,29	10,10	30,38	25,54
	TMFM	87,14	86,70	87,50	89,07	88,86	88,09
2	NH ₄	10,08	10,08	10,08	5,04	5,04	5,04
	NO ₃	25,21	15,13	15,13	25,21	25,21	20,17
	TMFM	87,18	87,62	86,89	86,86	86,61	87,96
3	NH ₄	15,14	5,05	15,25	5,05	5,05	5,05
	NO ₃	30,28	5,05	65,60	25,23	20,18	15,14
	TMFM	86,53	88,25	86,90	88,61	87,29	87,46
4	NH ₄	10,17	5,08	15,25	5,08	5,08	5,08
	NO ₃	20,33	5,08	20,33	5,08	25,42	20,33
	TMFM	87,77	89,02	86,38	87,47	86,79	87,34

Standort stark lehmiger Sand							
Wdhlg.		Parzellen					
		I		II		III	
		0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
1	NH ₄	10,33	5,19	10,29	5,05	5,06	5,11
	NO ₃	10,33	15,57	10,29	10,10	30,38	25,54
	TMFM	87,14	86,70	87,50	89,07	88,86	88,09
2	NH ₄	10,08	10,08	10,08	5,04	5,04	5,04
	NO ₃	25,21	15,13	15,13	25,21	25,21	20,17
	TMFM	87,18	87,62	86,89	86,86	86,61	87,96
3	NH ₄	15,14	5,05	15,25	5,05	5,05	5,05
	NO ₃	30,28	5,05	65,60	25,23	20,18	15,14
	TMFM	86,53	88,25	86,90	88,61	87,29	87,46
4	NH ₄	10,17	5,08	15,25	5,08	5,08	5,08
	NO ₃	20,33	5,08	20,33	5,08	25,42	20,33
	TMFM	87,77	89,02	86,38	87,47	86,79	87,34
MW	87,16	87,90	86,92	88,00	87,39	87,71	
Var S.	0,26	0,97	0,21	1,03	1,05	0,14	
StAB S.	0,51	0,98	0,46	1,02	1,02	0,37	

Standort stark lehmiger Sand							
Wdhlg.		Parzellen					
		I		II		III	
		0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
1	NH ₄	10,33	5,19	10,29	5,05	5,06	5,11
	NO ₃	10,33	15,57	10,29	10,10	30,38	25,54
	TMFM	87,14	86,70	87,50	89,07	88,86	88,09
2	NH ₄	10,08	10,08	10,08	5,04	5,04	5,04
	NO ₃	25,21	15,13	15,13	25,21	25,21	20,17
	TMFM	87,18	87,62	86,89	86,86	86,61	87,96
3	NH ₄	15,14	5,05	15,25	5,05	5,05	5,05
	NO ₃	30,28	5,05	65,60	25,23	20,18	15,14
	TMFM	86,53	88,25	86,90	88,61	87,29	87,46
4	NH ₄	10,17	5,08	15,25	5,08	5,08	5,08
	NO ₃	20,33	5,08	20,33	5,08	25,42	20,33
	TMFM	87,77	89,02	86,38	87,47	86,79	87,34
MW	11,43	6,35	12,72	5,06	5,06	5,07	
Var S.	6,13	6,19	8,56	0,00	0,00	0,00	
StAB S.	2,48	2,49	2,93	0,02	0,02	0,03	

Standort stark lehmiger Sand							
Wdhlg.		Parzellen					
		I		II		III	
		0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
1	NO ₃	10,33	15,57	10,29	10,10	30,38	25,54
	NO ₃	10,33	15,57	10,29	10,10	30,38	25,54
	NO ₃	10,33	15,57	10,29	10,10	30,38	25,54
2	NO ₃	25,21	15,13	15,13	25,21	25,21	20,17
	NO ₃	25,21	15,13	15,13	25,21	25,21	20,17
	NO ₃	25,21	15,13	15,13	25,21	25,21	20,17
3	NO ₃	30,28	5,05	65,60	25,23	20,18	15,14
	NO ₃	30,28	5,05	65,60	25,23	20,18	15,14
	NO ₃	30,28	5,05	65,60	25,23	20,18	15,14
4	NO ₃	20,33	5,08	20,33	5,08	25,42	20,33
	NO ₃	20,33	5,08	20,33	5,08	25,42	20,33
	NO ₃	20,33	5,08	20,33	5,08	25,42	20,33
MW	21,54	10,21	27,84	16,41	25,30	20,30	
Var S.	72,31	35,28	650,59	107,76	17,35	18,05	
StAB S.	8,50	5,94	25,51	10,38	4,17	4,25	

N _{min} Bodenproben gezogen am 28.03.2012							
Standort anlehmiger Sand							
Wdhlg.		Parzellen					
		I		II		III	
		0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
1	NH ₄	9,99	5,05	20,16	10,04	20,13	4,97
	NO ₃	14,99	5,05	55,43	5,02	5,03	4,97
	TMFM	90,09	89,03	89,32	89,60	89,43	90,46
2	NH ₄	10,08	5,04	20,17	5,04	10,08	5,04
	NO ₃	10,08	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04
	TMFM	89,25	89,01	89,33	89,29	89,30	89,67
3	NH ₄	10,09	20,18	10,09	5,05	20,18	5,05
	NO ₃	15,14	15,14	5,05	5,05	5,05	5,05
	TMFM	89,18	89,62	88,85	89,21	91,30	89,47
4	NH ₄	10,17	5,08	10,10	20,33	10,17	5,08
	NO ₃	10,17	10,17	66,09	15,25	5,08	5,08
	TMFM	88,52	89,59	89,24	90,40	88,66	89,46

Standort anlehmiger Sand							
Wdhlg.		Parzellen					
		I		II		III	
		0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
1	NH ₄	9,99	5,05	20,16	10,04	20,13	4,97
	NO ₃	14,99	5,05	55,43	5,02	5,03	4,97
	TMFM	90,09	89,03	89,32	89,60	89,43	90,46
2	NH ₄	10,08	5,04	20,17	5,04	10,08	5,04
	NO ₃	10,08	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04
	TMFM	89,25	89,01	89,33	89,29	89,30	89,67
3	NH ₄	10,09	20,18	10,09	5,05	20,18	5,05
	NO ₃	15,14	15,14	5,05	5,05	5,05	5,05
	TMFM	89,18	89,62	88,85	89,21	91,30	89,47
4	NH ₄	10,17	5,08	10,10	20,33	10,17	5,08
	NO ₃	10,17	10,17	66,09	15,25	5,08	5,08
	TMFM	88,52	89,59	89,24	90,40	88,66	89,46
MW	89,26	89,31	89,19	89,63	89,67	89,77	
Var S.	0,41	0,11	0,05	0,30	1,29	0,22	
StAB S.	0,64	0,34	0,23	0,54	1,14	0,47	

Standort anlehmiger Sand							
Wdhlg.		Parzellen					
		I		II		III	
		0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
1	NO ₃	14,99	5,05	15,11	5,02	5,03	4,97
	NO ₃	14,99	5,05	15,11	5,02	5,03	4,97
	NO ₃	14,99	5,05	15,11	5,02	5,03	4,97
2	NO ₃	10,08	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04
	NO ₃	10,08	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04
	NO ₃	10,08	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04
3	NO ₃	15,14	15,14	5,05	5,05	5,05	5,05
	NO ₃	15,14	15,14	5,05	5,05	5,05	5,05
	NO ₃	15,14	15,14	5,05	5,05	5,05	5,05
4	NO ₃	10,17	10,17	15,14	15,25	5,08	5,08
	NO ₃	10,17	10,17	15,14	15,25	5,08	5,08
	NO ₃	10,17	10,17	15,14	15,25	5,08	5,08
MW	12,59	8,85	10,08	7,59	5,05	5,04	
Var S.	8,13	23,39	33,88	26,08	0,00	0,00	
StAB S.	2,85	4,84	5,82	5,11	0,02	0,05	

Auflaufergebnis Mais

Auflaufergebnis Mais_14.06.2012													
Standort stark lehmiger Sand						Standort anlehmiger Sand							
Wdhlg.	Parzellen						Wdhlg.	Parzellen					
	I		II		III			I		II		III	
1	8	7	8	6	6	8	1	7	6	7	7	6	6
	6	8	7	5	4	7		4	7	6	7	6	8
	7	7	7	8	6	6		8	5	6	7	7	6
	7,0		6,7		6,1			6,1		6,5		6,5	
2	9	6	7	7	4	6	2	8	6	5	8	6	7
	6	5	7	6	6	6		6	7	6	7	8	7
	7	6	7	6	7	6		6	7	7	9	6	7
	6,3		6,5		5,7			6,6		6,9		6,8	
3	6	6	6	6	7	6	3	7	5	7	10	7	7
	6	6	6	6	7	5		5	8	6	5	6	7
	7	7	7	7	4	8		9	7	6	6	7	6
	6,3		6,0		6,1			6,6		6,4		6,6	
4	9	5	7	6	8	5	4	7	6	7	5	8	6
	8	7	8	5	7	6		6	7	5	5	7	5
	6	7	7	8	6	7		7	6	7	9	6	6
	6,9		6,7		6,5			6,4		6,3		6,4	
MW	7,0	6,3	6,7	6,0	6,1	6,1	MW	6,1	6,6	6,5	6,4	6,5	6,6
	6,3	6,9	6,5	6,7	5,7	6,5		6,6	6,4	6,9	6,3	6,8	6,4
	6,6		6,5		6,1			6,4		6,5		6,6	



Blockanlage I mit Blick in Richtung Westen, aufgenommen am 28.03.2012



Blockanlage I mit Blick in Richtung Osten, aufgenommen am 28.03.2012



Blockanlage I mit Blick in Richtung Osten, aufgenommen am 28.03.2012

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 Arbeit in der Hochschulbibliothek eingestellt wird.

Maria Leifels, Liepen, der 12.12.2012