



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft und Landschaftsarchitektur

Fachgebiet: Pflanzenernährung und Bodenkunde

Prof. Dr. sc. agr. Bernhard Seggewiß

Bachelorarbeit

„Auswirkung des Winterzwischenfruchtanbaues auf
Bodenwassergehalt und Stickstoffgehalte in einer Silomais-
Silomais Fruchtfolge“

urn:nbn:de:gbv:519-thesis2010-0511-5

von

Wilken Holzhausen

September 2010

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Abbildungsverzeichnis	4
2 Begriffsbestimmung und Literatur.....	8
2.1 Bodenerosion	8
2.2 Fruchtfolge	9
2.3 Humusbildung und -abbau durch den Anbau einzelner Früchte	9
2.4 Evaporation, Transpiration	9
2.5 Wasserverbrauch.....	10
2.6 Nährstoffverluste / Nährstoffspeicherung.....	11
3 Versuchsaufbau.....	12
3.1 Betriebsvorstellung	12
3.2 Versuchslage	14
3.3 Kulturmaßnahmen, Versuchsaufbau	15
3.4 Ermittlung der Messwerte, Messungen.....	16
3.4.1 Bestimmung des Bodenwassergehaltes	16
3.4.2 Bestimmung des Niederschlages	17
3.4.4 Messung der Biomasse	19
3.4.5 Messung des Stickstoffgehaltes oberirdischer Pflanzenteile.....	20
3.4.6. Auswahl der statistischen Methode und Statistische Auswertung	20
4 Ergebnisse.....	21
4.1 Niederschlag	21
4.2 Bodenwassergehalt	23
4.3. Trockensubstanz.....	26
4.4. Oberirdisch gebundener Stickstoff	27
4.5 N-min Gehalt der Parzellen	29

4.6	Statistische Auswertung der Ergebnisse	30
5.	Diskussion	31
6	Zusammenfassung.....	34
8	Anhang.....	39

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Darstellung des Versuchstandortes (Quelle: Google Earth), eigene Bearbeitung	14
Abbildung 2 Lage des Versuches im Feldstück (Quelle: Agro Viewer), eigene Bearbeitung	15
Abbildung 3 Versuchsaufbau (Quelle: Eigene Darstellung)	16
Abbildung 4 Entnahme von Bodenproben (Quelle: Eigene Darstellung)	17
Abbildung 5 Standort des Regenmessers (Quelle: Google Earth)	18
Abbildung 6 Entnahme der Pflanzen zur Trockensubstanz Bestimmung (Quelle: Eigene Darstellung).....	19
Abbildung 7 zeigt den durchschnittlichen monatlichen Niederschlag 2009 (Quelle: Deutscher Wetterdienst)).....	21
Abbildung 8 Niederschlagsverteilung vom 10.10.2009 bis zum 31.12.2009 (Quelle: Deutscher Wetterdienst).....	22
Abbildung 9 Niederschlagsverteilung vom 18.03.2010 bis zum 18.04.2010 Standort Netzeband (Quelle: eigene Darstellung).....	22
Abbildung 10 Durchschnittlicher prozentuale Wassergehalt der drei Versuchsvarianten	23
Abbildung 11 Durchschnittlicher Prozentualer Bodenwassergehalt von 0-30cm (Quelle: Eigene Darstellung).....	24
Abbildung 12 Durchschnittlicher Prozentualer Wassergehalt zwischen 30 und 60cm (Quelle: Eigene Darstellung).....	25
Abbildung 13 Durchschnittlicher Prozentualer Wassergehalt der drei Versuchsvarianten in 60-90cm Tiefe (Quelle: Eigene Darstellung).....	26
Abbildung 14 Durchschnittlicher Trockensubstanz Gehalt der Versuchsvarianten II "Normalsaat" und III "Dicksaat" (Quelle: Eigene Darstellung)	26
Abbildung 15 Trockensubstanz je kg/ha der Versuchsvariante II "Normalsaat" aller Wiederholungen (Quelle: Eigene Darstellung).....	27
Abbildung 16 Trockensubstan kg/ha der Versuchsvariante III "Dicksaat" aller Wiederholungen (Quelle: Eigene Darstellung).....	27
Abbildung 17 Durchschnittlich Aufgenommene N-Menge der Versuchsvarianten II und III in kg/N je Hektar (Quelle: LUFA)	28
Abbildung 18 N-Gehalte der Wiederholungen in der Versuchsvariante "Normalsaat" in kg/ha (Quelle: LUFA)	29
Abbildung 19 N-Gehalte der Wiederholungen der Versuchsvariante III "Dicksaat" (Quelle: Eigene Darstellung).....	29

Abbildung 20 Durchschnittlicher N-min Gehalt der Versuchsvarianten am 18.04.2010 (Quelle: LUFA)	30
Abbildung 21 Statistische Auswertung der Bodenwassergehalte (Quelle: Eigene Bearbeitung).....	31

Verzeichnis verwendeter Abkürzungen

z.B.	zum Beispiel
u.a.	unter anderem
vgl.	vergleiche
i.d.R.	in der Regel
N	Stickstoff
kg	Kilogramm
ha	Hektar
BBSchG	BundesBodenSchutzGesetz
S	Seite
SL	sandiger Lehm
qm	Quadratmeter
N-min	mineralisierter Stickstoff
LUFA	Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt
Hrsgb	Herausgeber

1 Einleitung

Ein Hauptziel der Bodenproduktion, die Aufrechterhaltung der Bodenfruchtbarkeit wird in zahlreichen Landwirtschaftsbetrieben mit humuszehrenden Fruchtfolgen insbesondere bei zunehmender Klimaerwärmung mit einhergehenden Frühsommertrockenheiten gefährdet. Gerade in Lagen mit hohen Sandanteilen und ungünstiger Niederschlagsverteilung gilt es Strategien zu entwickeln, mit deren Hilfe dem oben genannten Ziel Genüge geleistet wird. Der Ansatz, die Fruchtfolgen durch die Aufnahme von humusbildenden Kulturen als Hauptfrucht zu bereichern, kann häufig aus kurzfristigen ökonomischen Gründen nicht verwirklicht werden, die Möglichkeit zur Durchführung organischer Düngung aus Viehhaltung ist i.d.R. spezialisierten Marktfruchtbetrieben verwehrt. Durch zunehmende Nachfrage von z.B. Biogasanlagen nach Mais und dessen relative Vorzüglichkeit im Hinblick auf wirtschaftliche Stabilität landwirtschaftlicher Unternehmen und auf die Entzerrung von Arbeitsspitzen lässt sich zunehmend ein Trend zu Maismonokulturen auf Ackerschlägen mit günstiger Verkehrsanbindung zu Siloanlagen zu beobachten.

Auf diesen Standorten ist der Humusgehalt nicht nur aufgrund des Entzuges durch die Hauptkultur gefährdet, sondern es kann gerade in kupiertem Gelände aufgrund der geringen Bedeckungszeit durch die Kultur Mais zu starker Wasser- und Winderosion kommen, welche den humosen Oberboden abtragen, wodurch es zu einer weiteren Verschlechterung der Bodenfruchtbarkeit und des Bodenwasserspeichers kommen kann.

Solche negativen Einflüsse auf den Boden lassen sich häufig lediglich durch Zwischenfrüchte verringern. Diese stellen die Futtergrundlage für Mikroorganismen dar, wodurch der Humusgehalt und damit die nutzbare Feldkapazität steigt. Des Weiteren lassen sich durch den Zwischenfruchtanbau Nährstoffe speichern, da diese durch die Pflanzen gebunden werden und somit nicht der Auswaschung unterliegen. Einen besonderen Anreiz zur Vermeidung von Nährstoffverlusten bietet die neue Düngemittelverordnung¹, welche vorschreibt, dass ab dem Jahre 2011 ein maximaler N-Überhang von 60 kg/ha und Jahr nicht überschritten werden darf. Der Zwischenfruchtanbau ist in der Praxis jedoch nicht sehr verbreitet, da ihm ein hoher Wasserverbrauch unterstellt wird. Hinzu kommt der Umstand, dass der Humusaufbau bzw. Abbau nur sehr langsam erfolgt, weshalb der kurzfristige Erfolg der Maßnahme kaum messbar ist. Verschärft wird das Problem auch dadurch, dass Ackerflächen häufig nur noch kurz- bzw. mittelfristig verpachtet werden, so dass das Interesse der Landwirte an langfristigen Effekten eher gering ist.

¹ Vgl. BML, Düngemittelverordnung vom 10.01.2006 Stand 31.07.2009 § 6 S.6 f

Zielsetzung dieser Untersuchung soll es sein, mit Hilfe von Winterroggen als Zwischenfrucht in einer Mais-Maisfruchtfolge die kurzfristigen Effekte im Hinblick auf den Wasserhaushalt und der Stickstoffkonzentration im Boden zu beleuchten.

Hierfür wurden zunächst folgende Arbeitshypothesen abgeleitet:

1. Der Anbau einer Winterbegrünung bzw. einer Winterzwischenfrucht entzieht der Folgekultur kein Wasser.
2. Durch die Begrünung von Flächen im Herbst verringert sich die Nährstoffauswaschung.

Des Weiteren sollen Effekte der Bodenverlagerung durch Erosion und die Entwicklung des Bodenlebens Beachtung finden.

2 Begriffsbestimmung und Literatur

2.1 Bodenerosion

Unter Bodenerosion werden die Abtragungen und Anreicherungen des Bodens verstanden, die ihn „ ... über ein naturgegebenes Maß hinaus verändern.“² Die Vermeidung von Erosion ist eine der Hauptforderungen des BBodSchG³ und ist somit in die Strategie der landwirtschaftlichen Bodennutzung einzubeziehen. Von der Bodenerosion sind insbesondere die Böden betroffen, die über einen längeren Zeitraum unbedeckt bleiben. Alle Maßnahmen zur Bindung von Wasser im Boden, zur Verringerung der Krustenbildung und zur Verkleinerung der Aggregatgrößen helfen nicht nur, den Boden als Produktionsfaktor zu erhalten, sondern auch den Eintrag von Nährstoffen in Gewässer (Eutrophierung) zu vermeiden.

² vgl. SOMMER/BRUNOTTE in: Lehrbuch des Pflanzenbaus (LÜTKE ENTRUP/OEHMICHEN) 2000; S. 203 f

³ Bundesbodenschutzgesetz; § 17

2.2 Fruchtfolge

Als Fruchtfolge gilt der Anbau mindestens zwei verschiedener Feldfrüchte, einem Fruchtfolgepaar, in einer aufeinander folgenden Reihenfolge. Eine Fruchtfolge kann unter unterschiedlichen Gesichtspunkten gestaltet werden. Eine Fruchtfolge oder Fruchtfolgeglieder haben in der Regel im Hinblick auf die allgemeine Fruchtbarkeit eine abbauende oder aufbauende Wirkung für die Folgefrucht. Die Zwischenfrüchte zählen jeweils zu dem Fruchtfolgepaar⁴.

2.3 Humusbildung und -abbau durch den Anbau einzelner Früchte

Die einzelnen Fruchtfolgeglieder lassen sich in humuszehrende –z.B. Silomais, Kartoffeln-, humusmehrende –z.B. Gräser, Leguminosen- und humusneutrale –z.B. Raps und Getreide, sofern das Stroh auf dem Acker verbleibt- Kulturen einteilen⁵. Der Humusabbau erfolgt u.a. durch das Kohlenstoffaneignungsvermögen⁶ der Pflanzen; dies spielt insbesondere bei Silomais eine Rolle, weil das Wasser- und Nährstoffaneignungsvermögen von Mais im Vergleich zu, beispielsweise Getreide, sehr hoch ist und mit Ausnahme von Wurzeln und Halmresten keine organischen Rückstände aus der Kultur auf dem Acker verbleiben⁷. Der Aufbau von Humus erfolgt über die Hinzuführung von organischen Düngern und absterbenden Pflanzenteilen, so auch von den Zwischenfrüchten. Der Aufbau erfolgt in Abhängigkeit von u.a. Temperatur, Bodenwasser und Nährstoffen, mit welchen zunächst Mikroorganismen gebildet bzw. vermehrt werden und die dann wiederum absterben und als Nährstoffquelle dem neuen Bestand dienen⁸.

2.4 Evaporation, Transpiration

Die Evaporation beruht ähnlich der Transpiration auf dem unterschiedlichen Wassergehalt der Luft und des Bodens. Die Evaporation auch unproduktive Verdunstung genannt, resultiert aus dem Unterschied des Wasserdampfdrucks des Bodens und der angrenzenden Luft. So ist in der Regel bei trockenem Wetter der Wassergehalt des Bodens weit höher als

⁴ vgl. FREYER, Fruchtfolgen, Ausgabe 2003, S 22

⁵ vgl. FREYER, Fruchtfolgen, Ausgabe 2003, S 112 f.

⁶ vgl. LÜTKE ENTRUP/ OEHMICHEN; Lehrbuch des Pflanzenbaues, Band 1. Grundlagen, Ausgabe 2000, S 390 f

⁷ vgl. FREYER, Fruchtfolgen, Ausgabe 2003, S 113 ff.

⁸ vgl. SCHEFFER, SCHACHTSCHABEL; Lehrbuch der Bodenkunde, Ausgabe 2002, S 51 ff.

der der Luft wodurch, es zu Diffusionsvorgängen aus dem Boden kommt, welche jedoch durch den kapillaren Wasseranstieg ausgeglichen wird. Dieser Konzentrationsausgleich wird durch Windbewegungen sehr verstärkt. Des weiteren kommt es bei hohen Temperaturen und Sonneneinstrahlungswerten zu einer hohen Verdunstung des Wasserdampfs der Luft, wodurch die unproduktive Wasserverdunstung der Böden sehr stark ansteigt. Die Wasserverdunstung entsteht unter dem Einfluss von Wind (-geschwindigkeit) und dem Sättigungsdefizit. Sie kann mittels der Dalton-Gleichung dargestellt und berechnet werden⁹.

Als Folge der Wasseraufnahme durch die Pflanzen kommt es zu einem Konzentrationsgefälle zwischen dem im Boden befindlichen Wasser und dem Wassergehalt der Pflanze, wodurch es zu einem Ausgleich kommt. Die durch die Wurzel wiederum bedingte Wasseraufnahme beruht auf der Wasserabgabe der Pflanzen an die Umwelt, bzw. an die umgebende Luft. Dieser Zusammenhang wird als Transpiration oder auch produktive Verdunstung bezeichnet¹⁰. Die Gesamtheit aller Verdunstungen aus einem Ackerboden wird als Evapotranspiration bezeichnet.

Bezug nehmend auf die Arbeitshypothese 1, dass der Winterzwischenfruchtanbau der Folgekultur kein Wasser entzieht, bezieht sich auf die Annahme, dass durch eine Bedeckung des Bodens mit einer Zwischenfrucht die Evaporation verringert wird und dass die Transpiration der Pflanzen zu dieser Zeit geringer ist als die Evaporation unbestellter Flächen. Des weiteren liegen die Winterniederschläge in unserer Region in der Regel höher als die nutzbare Feldkapazität, so dass mit keinem Wasserverlust für die Folgekultur gerechnet wird.

2.5 Wasserverbrauch

Der Wasserbedarf einer Kultur korreliert unter dem Einfluss des Klimas mit der Pflanzenmasse und der Vegetationsdauer. Bei geringen Pflanzenmassen fällt die Transpiration verhältnismäßig gering aus, wobei jedoch dem Wasserdampfsättigungsdefizit zwischen den Blättern und der umgebenden Luft eine große Bedeutung zukommt. LÜTKE

⁹ vgl. SCHEFFER, SCHACHTSCHABEL; Lehrbuch der Bodenkunde, Ausgabe 2002, S 229

¹⁰ vgl. LÜTKE ENTRUP/ OEHMICHEN; Lehrbuch des Pflanzenbaues, Band 1. Grundlagen, Ausgabe 2000, S 97 f.

ENTRUP¹¹ verweist darauf, dass die Bodenvorräte an Wasser durch den Winterzwischenfruchtanbau negativ beeinflusst werden können; diese Auffassung wird auch von FREYER¹² vertreten, weil zusätzlich durch die folgende Bodenbearbeitung zur Beseitigung der Winterzwischenfrucht der Wasserverlust ansteigt. Der Effekt größeren Wasserverlustes ist demnach um so eher zu erwarten, wenn einem relativ milden Winter mit ausreichenden Niederschlägen ein warmes und trockenes Frühjahr folgt.

2.6 Nährstoffverluste / Nährstoffspeicherung

Unter Nährstoffverlusten wird hier die Auswaschung, Verlagerung ins Grundwasser und ggf. die Verdampfung von Nährelementen verstanden, von denen dem Stickstoff eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden soll. Es wird unterstellt, dass in niederschlagsreichen Jahren die Nährstoffe in unbedecktem Boden leichter ausgetragen werden, weil der Anteil der nicht in Pflanzen gebundenen Nährstoffe entsprechend höher ist und weil der Bodenerosion damit Vorschub geleistet wird.

Im späten Sommer erst mineralisierter Stickstoff und weitere Nährstoffe können häufig von der Hauptkultur nicht mehr genutzt werden. Sie lassen sich jedoch durch den Anbau von Winterungen, sei es im Haupt- oder Zwischenfruchtanbau speichern und verfügbar halten¹³. Bei rechtzeitiger Saat und günstigem Klima kann Winterroggen vor dem Vegetationsende zwischen 30 und 50 kg N je Hektar aufnehmen¹⁴. Der Umbruch im Frühjahr sollte so erfolgen, dass genügend Zeit zur Mineralisierung der in den Pflanzenresten der Zwischenfrucht enthaltenen Nährstoffe für die Folgekultur besteht. Der Anbau einer Zwischenfrucht hilft gerade auf Betrieben, welche organische Düngemittel einsetzen, den Nährstoff Überhang zu reduzieren und somit das Grundwasser vor Nitrateinträgen zu schützen.

Der als Humus bezeichnete Bodenbestandteil setzt sich aus drei Fraktionen zusammen: zum einem aus den Streustoffen, welche sich aus abgestorbenen oberirdischen Pflanzenteilen, Wurzelresten und abgestorbenen Bodenlebewesen zusammen setzt und aus Nicht-Huminstoffen, welche sich aus Lipiden, Proteinen, Polysacchariden und Lignin

¹¹ vgl. LÜTKE ENTRUP; Zwischenfrüchte im umweltgerechten Pflanzenbau, Ausgabe 2001, S 17

¹² vgl. FREYER; Fruchtfolgen, Ausgabe 2003, S 42

¹³ vgl. LÜTKE ENTRUP; Zwischenfrüchte im umweltgerechten Pflanzenbau, Ausgabe 2001, S 58 f.

¹⁴ vgl. LÜTKE ENTRUP; Zwischenfrüchte im umweltgerechten Pflanzenbau, Ausgabe 2001, S 36

zusammensetzen. Diese werden –vielleicht mit Ausnahme des Lignins- jedoch sehr schnell umgewandelt, wodurch deren Verweildauer im Boden sehr gering ist (z.B. Abbauprodukte von Getreidestroh). Als dritte Gruppe sind die Huminstoffe zu nennen, welche sich aus umgewandelten organischen Substanzen zusammensetzen. Bei den Huminstoffen sind kaum Strukturen zu erkennen und sie sind aufgrund der Stabilisierung gegen Mineralisierung sehr persistent, das bedeutet, sie haben eine hohe Verweildauer im Boden und werden nur sehr langsam abgebaut.¹⁵

3 Versuchsaufbau

Um den Einfluss von Winterroggen als Zwischenfrucht in einer Maisfruchtfolge auf den Wasserhaushalt und die Nährstoffspeicherung untersuchen zu können, ist auf einer im Hinblick auf Verfügbarkeit und Zugänglichkeit geeigneten ebenen Fläche ein Versuchsraster zu erstellen, das mit entsprechenden Wiederholungen unter Berücksichtigung statistischer Gesetzmäßigkeit aussagefähige Ergebnisse liefern kann. Nachfolgend wird kurz der Landwirtschaftsbetrieb vorgestellt, auf dessen Fläche und mit dessen Maschinen und Einsatzmitteln der Versuch vorgenommen wurde. Anschließend wird auf Standort, Versuchsaufbau und auf die verwendeten statistischen Verfahren eingegangen. Den Abschluss des Kapitels bilden Zyklus und die Methodik der Probenentnahme sowie deren Analyse.

3.1 Betriebsvorstellung

Der Landwirtschaftsbetrieb Gut Netzeband, Wiesenstraße 15 in 17509 Netzeband, liegt im Landkreis Ostvorpommern nahe der Stadt Wolgast und steht im Eigentum von Herrn Dr. Jens Holzhausen. Das Familienunternehmen verfügt über ca. 50 % Eigenland, die Pachtflächen sind langfristig gebunden. Insgesamt werden ca. 1050 ha bewirtschaftet, davon rund 660 ha Acker und 250 ha Grünland. Die übrigen Flächen sind Wald. Die diluvialen Böden weisen wechselnde Bonitäten von 18 bis etwa 50 auf, wobei die Bodengüte in einzelnen Feldstücken stark variiert. Das Ertragsniveau liegt etwa 20 % über dem Landesdurchschnitt. Der Betrieb bietet drei Mitarbeitern und einem Auszubildenden eine ganzjährige Anstellung. Das Grünland wird durch eine Mutterkuhherde mit 150 Tieren sowie durch rund 30 Pensionspferde genutzt. Mit Ausnahme der Maisaussaat und –ernte und der

¹⁵ vgl. SCHEFFER, SCHACHTSCHABEL; Lehrbuch der Bodenkunde, Ausgabe 2002, S 51 ff.

Ausbringung von Wirtschaftsdüngern werden alle Arbeiten mit betriebseigenen Maschinen erledigt. Der Maschinenbesatz ist bei einem Verhältnis von Schlepper-PS und Fläche von 0,56 PS/ha auf das notdürftigste beschränkt. Die Betriebsflächen liegen mit rund 750 Hektar arrondiert um die Ortschaft Netzeband, mit rund 100 ha bei Kühlenhagen (ca. 6 km) und mit rund 150 Hektar um Wolgast (ca. 8-12 km). Die Flächen in Kühlenhagen dienen einem mehrjährigen Versuch der Universität Greifswald. Im Wirtschaftsjahr 2009/2010 werden folgende Früchte angebaut:

- Winterraps (120ha)
- Winterroggen (90ha)
- Hybrid- Roggenvermehrung (50ha)
- Winterweizen (160ha)
- Sommergerste (40ha)
- Silomais (200 ha)

Der hohe Silomaisanteil von 200 ha bzw. 30 % der Anbaufläche ist dem Umstand geschuldet, dass der Betrieb durch Zupachtung um 40 ha vergrößert wurde. Dauerhaft soll der Maisanbau auf rund 140 Hektar limitiert werden. Ein wichtiges Standbein des Betriebes ist die Produktion von Saatgut, dabei nimmt der Hybridroggen eine besondere Stellung ein. Winterroggen und Silomais werden im Rahmen eines mehrjährigen Vertrages für eine bei Wolgast errichtete Biogasanlage produziert. Aus der Biogasanlage werden jährlich rund 6.000 cbm Gärsubstrat bezogen; weiterhin stehen dem Betrieb rund 2.500 to Hähnchen- und rund 1.200 to Rindermist zur Verfügung.

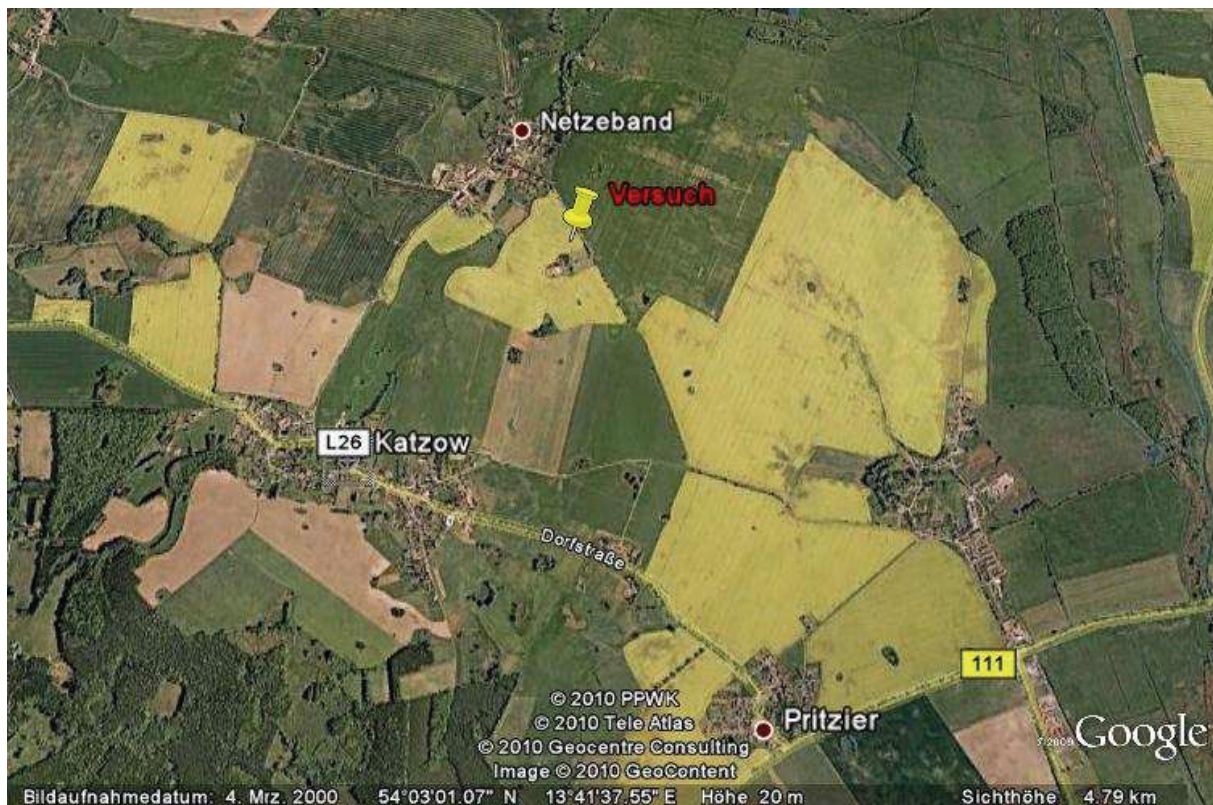


Abbildung 1 Darstellung des Versuchstandortes (Quelle: Google Earth), eigene Bearbeitung

3.2 Versuchslage

Der Versuchsstandort wurde nach Bodengüte und Homogenität der Böden sowie der Fruchtfolge erwählt. Der Versuch wurde auf einem stark lehmigen Sand (SL5) in Nähe zu einem Weg angelegt, sodass der Zutritt zu diesem erleichtert wird. Die Fläche gehört zum Feldstück DEMVLI064CD20131. Er wurde in einer Mais-Mais Fruchtfolge Winterroggen als Zwischenfrucht gesät, da in diesem Anbausystem die Zeit des brachliegenden Bodens bzw. der geringen Bedeckungsdauer am höchsten ist. Folgender Karte ist die Lage des Versuches in dem Feld zu entnehmen.



Abbildung 2 Lage des Versuches im Feldstück (Quelle: Agro Viewer), eigene Bearbeitung

3.3 Kulturmaßnahmen, Versuchsaufbau

Die Aussaat des Winterroggens erfolgte am 10.10.2009 nach der Kultur Silomais. Es wurde unter Zuhilfenahme eines automatischen Lenksystems Parzellen angelegt, welche parallel zueinander liegen und ein Maß von jeweils 12 x 4 m haben. Anschließend wurde im Direktsaatverfahren mit einer Väderstad Rapid Drillmaschine das Saatgut über Scheibenschare in den Boden eingebracht. Versuchsvariante I wurde mit Traktor und Drillmaschine überfahren, allerdings ohne Aussaat, Versuchsvariante II wurde mit einer für die Jahreszeit hier übliche Aussaatstärke von 300 Körnern je qm bestellt, während auf den Parzellen der Versuchsvariante III die doppelte Saatstärke, also 600 Körner pro qm ausgebracht wurde. Um die Verfahrenskosten gering zu halten wurde ein unsortierter, ungebeizter Populationsroggen gesät. Die Lage der einzelnen Parzellen ist nachstehender Übersicht zu entnehmen. Der Winterroggen war bis zum 19.10. aufgelaufen und begann zügig mit der Bestockung.

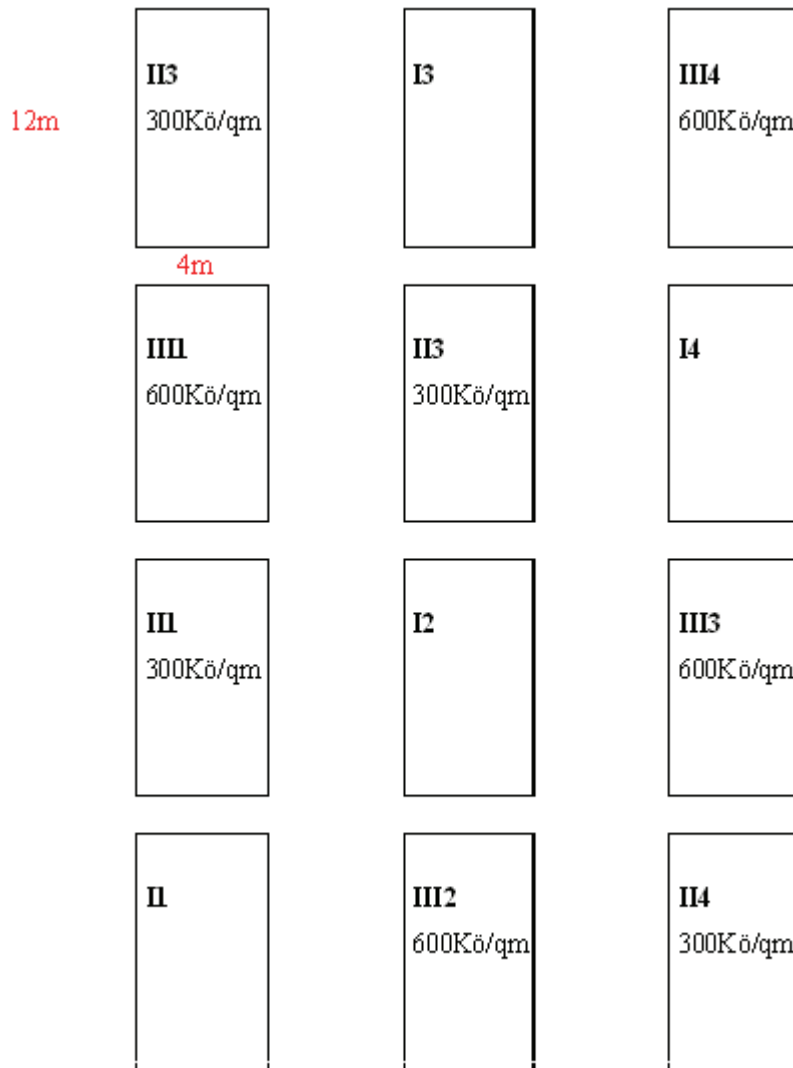


Abbildung 3 Versuchsaufbau (Quelle: Eigene Darstellung)

3.4 Ermittlung der Messwerte, Messungen

3.4.1 Bestimmung des Bodenwassergehaltes

Mit einem Pirkhauer-Bohrstab wurden im Abstand von vierzehn Tagen Proben entnommen, jeweils von 0-30cm, 30-60cm und 60-90cm, immer einmal in allen vier Wiederholungen, um keine Verfälschungen durch Bodenunterschiede zu haben wurde in den einzelnen Wiederholungen diese in einem geringen Radius um die erste Einstichstelle gewählt.

Die Untersuchung des Bodenwassergehaltes wurde im Winter ausgesetzt, da die Versuchspartzen, unter einer bis zum Teil sechzig cm hohen Schneedecke lagen, da hier der Boden gefroren war und somit keine verwertbaren Ergebnisse entstanden wären.

Nach der Probenentnahme wurden die Proben anschließen gesammelt und nach dem Beschriften luftdicht in Vakuumbuteln verschlossen. Daraufhin wurden die Proben geöffnet und in den Probetüten achtundvierzig Stunden lang bei fünfundvierzig Grad getrocknet. Aus der Differenz des Gewichtes der frischen Proben und der getrockneten Proben, welche auf einer Waage ermittelt worden sind, wurde der prozentuale Gewichtsunterschied berechnet, welcher als Wassergehalt anzusehen ist.



Abbildung 4 Entnahme von Bodenproben (Quelle: Eigene Darstellung)

3.4.2 Bestimmung des Niederschlages

Der Niederschlag wurde mit einem handelsüblichen Regenmesser aufgefangen, welcher etwa 500 Meter entfernt auf dem Betriebshof von Gut Netzeband aufgestellt war. Die Niederschlagsmenge wurde täglich erfasst und protokolliert. Aufgrund der Nähe zu der Fläche wird die gleiche Niederschlagsmenge unterstellt.



Abbildung 5 Standort des Regenmessers (Quelle: Google Earth)

Die Messungen wurden jedoch in der Zeit vom 01.01.2010 bis zum 18.04.2010 unterbrochen, weil hier der Niederschlag als Schnee fiel und die Berücksichtigung der Schneemenge wegen der sehr starken Verwehungen – die Versuchspartzen waren nahezu schneefrei- zu Verfälschungen der Messergebnisse geführt hätte.

3.4.3 Messung des N-min Gehaltes

Um den N-min Gehalt der einzelnen Versuchsvarianten zu bestimmen, wurden jeweils alle vier Wiederholungen einer Variante wiederum mit dem Pirkhauer-Bohrstab auf einer Tiefe von 0-90 cm beprobt und anschließend miteinander vermischt. Hierauf folgte das Einfrieren der Proben, um bis zur Analyse durch die LUFA Rostock keine Verfälschung durch Wärmeeinfluss herbeizuführen, da hierdurch die Mineralisierung verstärkt werden kann. Die Bestimmung des N min Gehaltes der Proben erfolgt nach dem Verfahren VDLUFA I A 2.1.1, wobei die tiefgefrorenen Proben bei etwa 105 Grad eine Schnelltrocknung durch laufen. In den folgenden Arbeitsschritten wird dem Boden eine Calciumchloridlösung hinzugegeben und mit dieser vermengt. Dieser wird anschließend etwa dreißig Minuten miteinander geschüttelt. Hieraufhin folgt eine Filtration, woraufhin das Filtrat einem Nitrat-Analysen-Automaten zugeführt wird. Ebenso wird der Ammoniumstickstoff ermittelt, nach der Methode VDLUFA I A6.1.4.1.

3.4.4 Messung der Biomasse

Um Trockensubstanz und aufgenommene Nährstoffe der Zwischenfrucht bestimmen zu können, mussten diese abgeerntet werden. Hierzu wurde in den Versuchsvarianten II1-II4 und III1-III4 pro Parzelle jeweils ein Quadratmeter abgeerntet. Anschließend wurden die Proben einzeln verpackt und achtundvierzig Stunden bei fünfundsechzig Grad getrocknet. Daraufhin wurde das Gewicht ermittelt. Das „Frisch“ Gewicht konnte nicht ermittelt werden, da auf dem Transport vom Feld zum Labor schon zu hohe Wasserverluste zu verzeichnen waren.

In den Versuchen wurde jeweils 1x1 Meter abgesteckt und direkt über dem Boden mit einer Schere abgeschnitten.

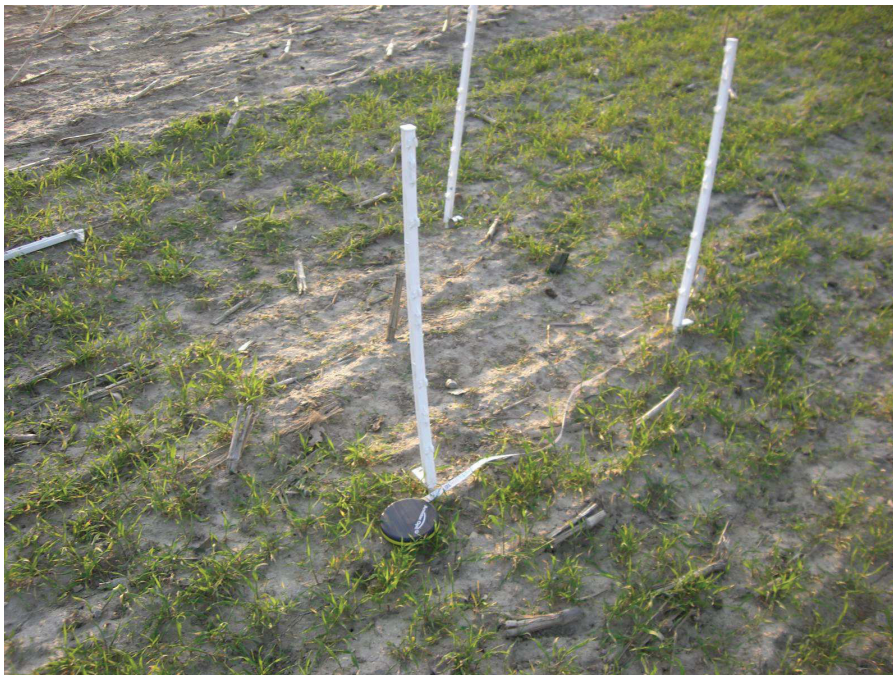


Abbildung 6 Entnahme der Pflanzen zur Trockensubstanz Bestimmung (Quelle: Eigene Darstellung)

3.4.5 Messung des Stickstoffgehaltes oberirdischer Pflanzenteile

Wiederum wurde auf den mit Roggen bestellten Versuchsvarianten jeweils 1 qm abgeerntet, die Entnahme des Pflanzenmaterials erfolgte in der oben beschriebenen Weise. Um die in dem Pflanzenmaterial gespeicherte Menge an Stickstoff zu erfassen und zu quantifizieren, wurde das Pflanzenmaterial nach der Probennahme luftdicht verpackt und der LUFA in Rostock zwecks Analyse zur Verfügung gestellt. Die Ermittlung des N-Gehaltes erfolgt dort nach dem Trocknen und der Bestimmung der Trockensubstanz nach der Methode VDLUFA III 3.1, wonach eine Zermahlung stattfand und eine anschließende Analyse des Rohproteingehaltes nach VDLUFA III 4.1.1. vorgenommen worden ist.

3.4.6. Auswahl der statistischen Methode und Statistische Auswertung

Der Versuch wurde auf einem randomisierten¹⁶ Versuchsfeld durchgeführt, um die Gefahr von Versuchsfehlern zu reduzieren. Bei der Randomisierung eines Versuches, werden gleichartige Versuchseinheiten, sogenannte Blöcke, gebildet, um vermutete und unermutete Fehler zu eliminieren und somit störende Einflüsse beseitigt. Von den verschiedenen, zur Verfügung stehenden statistischen Methoden wurde die 1-faktorielle Varianzanalyse¹⁷ gewählt, da man den Einfluss einer unabhängigen Variablen auf mehrere Gruppen untersuchen kann, d.h. es wird getestet, ob die Varianz zwischen den untersuchten Gruppen größer ist als die in den Wiederholungen bzw. in denen einer Gruppe. Mit der 1-faktoriellen Varianzanalyse wurden für jeden Messzeitpunkt die Versuchsvarianten untereinander betrachtet und statistisch ausgewertet. Dem Verfahren liegt der F-Test¹⁸ zugrunde, welcher die Fehlervarianzen der einzelnen Varianten zueinander darstellt. Als signifikant gilt ein Ergebnis, wenn die Prüfgröße F größer als der kritische F-Wert ist. In dieser Arbeit wurden die einzelnen Messtiefen eines Messzeitpunktes in den einzelnen Varianten miteinander verglichen (SACHS 1993).

¹⁶ als randomisiert gilt ein Versuch, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind: Jede Versuchsvariante muss in jedem Block mindestens einmal auftauchen und es muss eine zufällige Zuteilung der Versuchseinheiten stattgefunden haben. vgl. SACHS; Statistische Methoden, Ausgabe 1993; S 20 f

¹⁷ vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/Varianzanalyse#Einfaktorielle_ANOVA; Stand 18.08.2010; 15.09 Uhr

¹⁸ vgl. SACHS; Statistische Methoden, Ausgabe 1993; S 73 f

4 Ergebnisse

4.1 Niederschlag

Das Aussaatjahr 2009 liegt mit 573 Liter Niederschlag unter dem langjährigen Mittel des Standortes. Das Jahr 2009 ist geprägt durch hohe Niederschläge im Juni, Juli, Oktober und November, wohingegen die Winterniederschläge in diesem Jahr sehr gering ausfallen. Abbildung 7 sind die Niederschläge des Jahres 2009 zu entnehmen. Von Bedeutung für den Versuch sind die geringen Niederschläge im August und September, wodurch es bei der Maisernte zu keinen schadhafte Bodenverdichtungen durch Erntefahrzeuge kam. Als negativ für die Zwischenfrucht sind die hohen Niederschläge im Oktober mit der einhergehenden kalten Witterung zu werten.

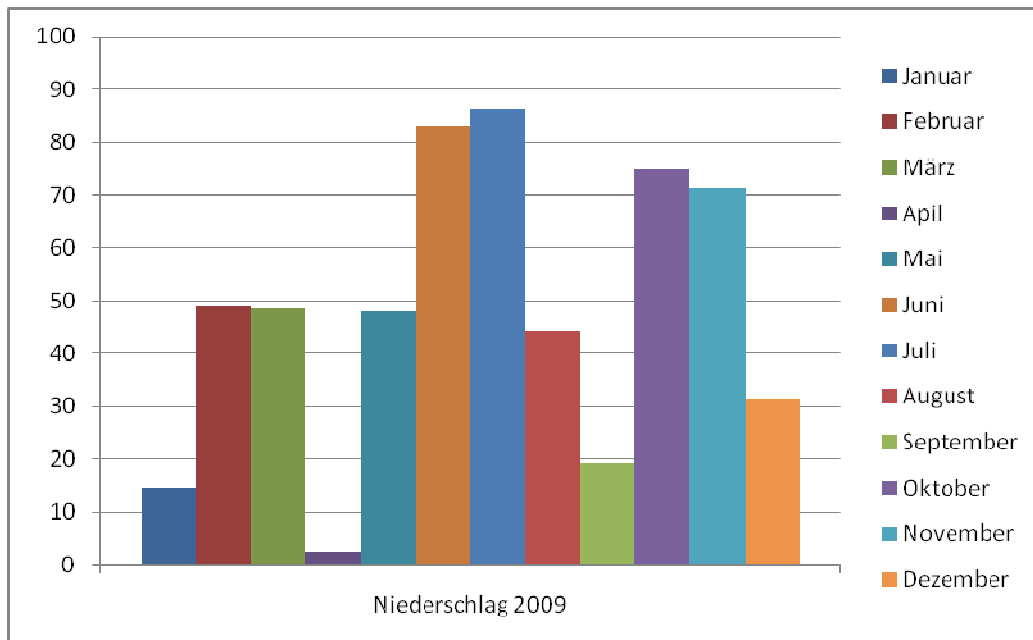


Abbildung 7 zeigt den durchschnittlichen monatlichen Niederschlag 2009 (Quelle: Deutscher Wetterdienst)

Im Zeitraum von der Aussaat am 10.10.2009 bis zum 31.12.2009 fielen 177 Liter Niederschlag je Quadratmeter, womit die Wasserspeicherfähigkeit des Bodens überstiegen wurde. Folgender Darstellung ist die Verteilung und die Höhe der Niederschläge zu entnehmen.

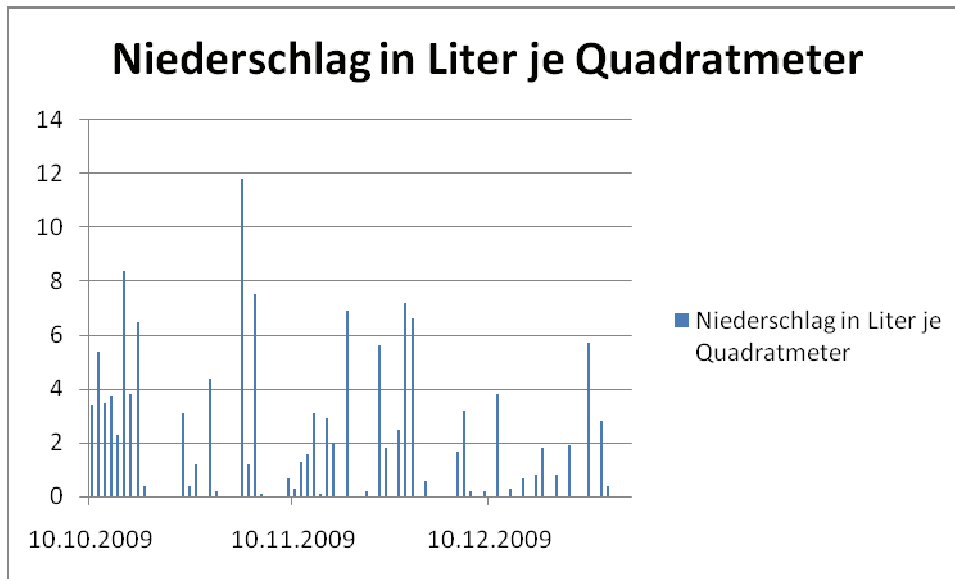


Abbildung 8 Niederschlagsverteilung vom 10.10.2009 bis zum 31.12.2009 (Quelle: Deutscher Wetterdienst)

Die anschließenden Niederschläge bis zum 18.03.2010 fielen als Schnee auf gefrorenem Boden. Sie wurden aufgrund der hohen Schneelage und der Verwehungen in der Parzelle nicht erfasst, da es hier zu sehr großen Abweichungen kommt. In der beschriebenen Zeit fielen Niederschläge ausschließlich in Form von Schnee. Die Niederschlagsereignisse wurden nach der Schneeschmelze vom 18.03.2010 bis zum 18.04.2010 wieder erfasst, welche für diese Untersuchung aufgrund der zu erwartenden Effekte von großer Bedeutung ist. Folgender Abbildung ist die Niederschlagsverteilung und Menge zu entnehmen.

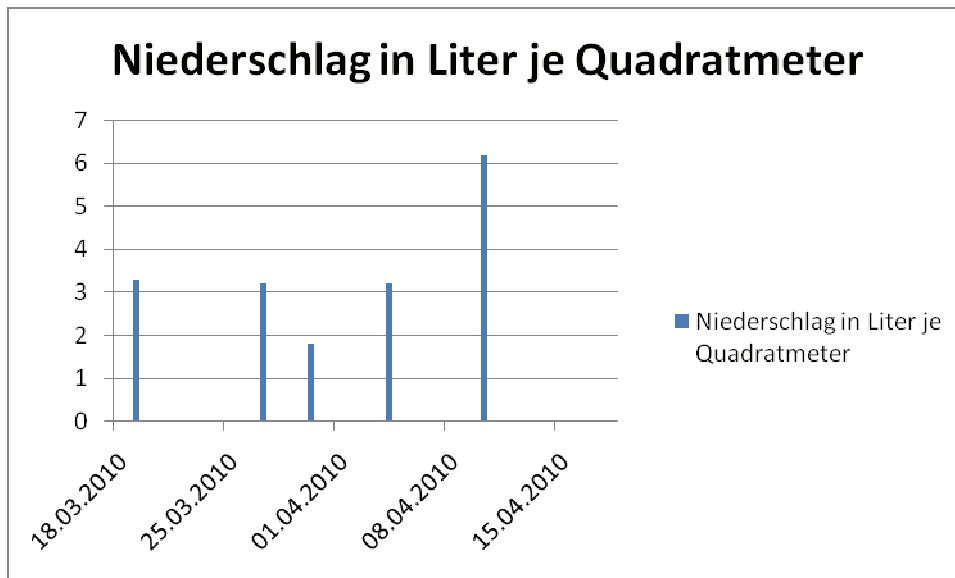


Abbildung 9 Niederschlagsverteilung vom 18.03.2010 bis zum 18.04.2010 Standort Netzeband (Quelle: eigene Darstellung)

Der Abbildung ist zu entnehmen, dass der April sehr trocken war und innerhalb eines Monats nur knapp 18 mm Niederschlag je Quadratmeter zu verzeichnen waren.

4.2 Bodenwassergehalt

Der Bodenwassergehalt der drei Versuchsvarianten wurde an acht Terminen ermittelt, wobei grundsätzlich in einem Intervall von vierzehn Tagen beprobt werden sollte. Das Messintervall wurde jedoch in den Wintermonaten aufgrund der hohen Schneelage und des gefrorenen Bodens ausgesetzt. Im April wurde das Messintervall verkürzt, da in dieser Zeit die Effekte zwischen den Varianten zu erwarten waren. In folgendem Diagramm sind die Durchschnittswerte der drei Messtiefen und aller Wiederholungen der drei Versuchsvarianten dargestellt.

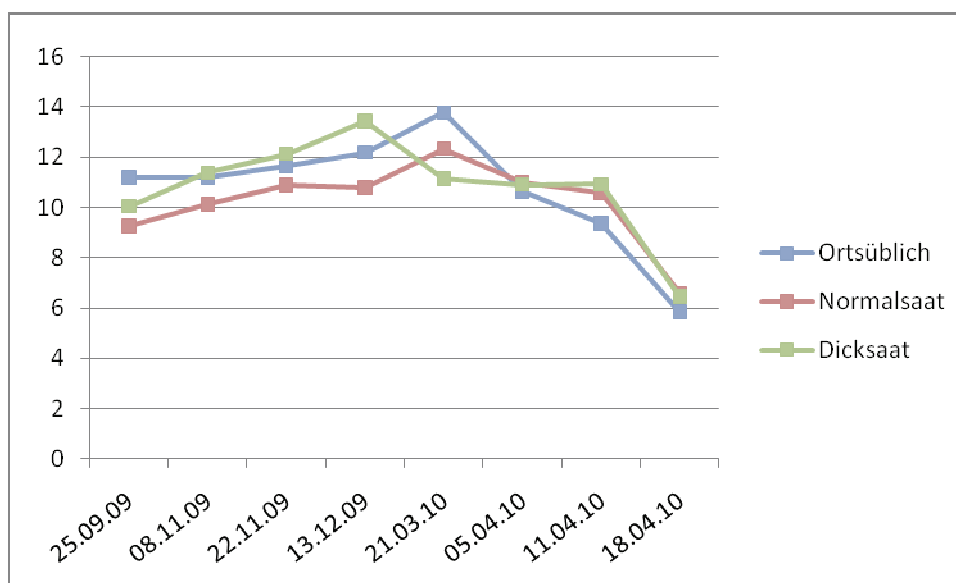


Abbildung 10 Durchschnittlicher prozentuale Wassergehalt der drei Versuchsvarianten

(Quelle: Eigene Darstellung)

Es wird ersichtlich, dass es zwischen den drei Versuchsvarianten, also ortsübliches Brachliegen der Fläche, normale Aussaatstärke und doppelter Aussaatstärke, keine stark ausgeprägten Unterschiede vorliegen. Erst ab dem 5. April zeichnet sich ab, dass die bestellten Varianten einen etwas höheren prozentualen Anteil an Wasser aufweisen, der jedoch am 18. April fast auf das Niveau der nicht bestellten Fläche zurück fällt.

Bei der Betrachtung der einzelnen gemessenen Tiefen deutet sich hingegen ein sehr differenziertes Bild ab, so finden wir z.B. in der Tiefe von 0-30cm in allen Versuchsvarianten einen fast Deckungsgleichen Bodenwassergehalt. Aber auch hier deutet sich an den letzten mess Terminen an, das die bestellten Varianten einen etwas höheren prozentualen Anteil an Wasser aufweisen, welches folgender Abbildung zu entnehmen ist.

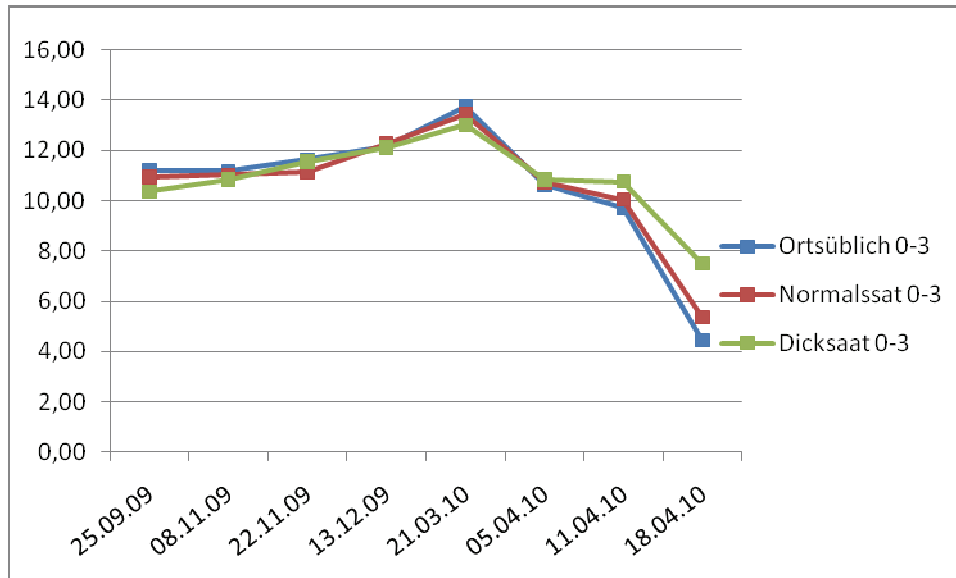


Abbildung 11 Durchschnittlicher Prozentualer Bodenwassergehalt von 0-30cm (Quelle: Eigene Darstellung)

In der Variante von 30-60 cm ist, bis auf zwei Messtermine, ebenfalls ein deckungsgleicher Verlauf ersichtlich. So finden wir am 13.12.2009 in der nicht bestellten Variante einen geringeren Gehalt an Bodenwasser als in den bestellten Varianten, wobei hier die Dicksaat den höchsten Wassergehalt aufweist. Weiterhin sinkt der Wassergehalt der Variante „Ortsüblich“ am 11.04.2010 auf ein geringeres Niveau als die bestellten Varianten, wohin gegen sich hier der Wassergehalt zur Messung am 18.04.2010 stabilisiert und hier die bestellten Varianten unter das Niveau der „Ortsüblichen“ fällt. Der Verlauf des Bodenwassergehaltes ist aus folgender Abbildung zu entnehmen.

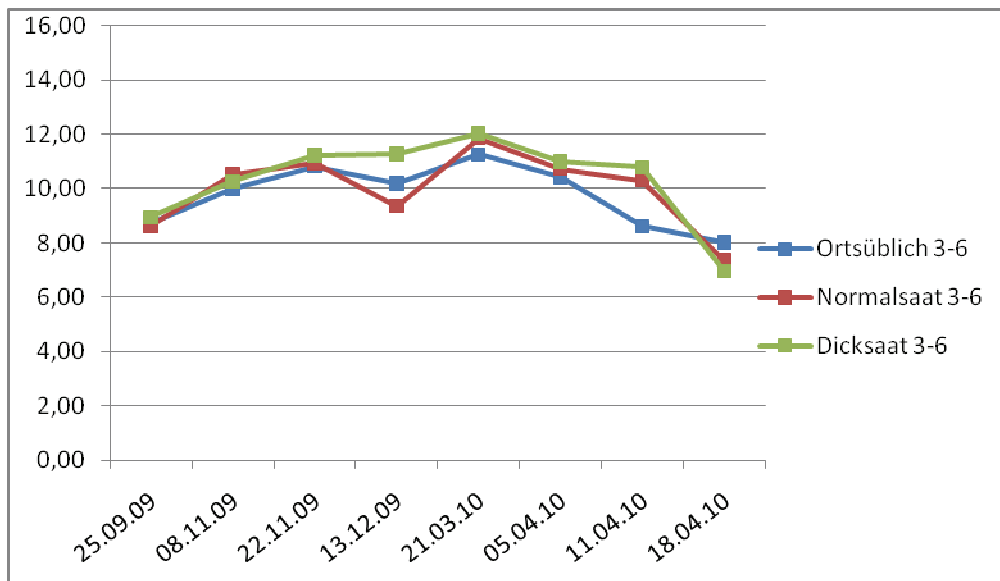


Abbildung 12 Durchschnittlicher Prozentualer Wassergehalt zwischen 30 und 60cm (Quelle: Eigene Darstellung)

Der Trend aus der Tiefe von 0-30 bzw. 30-60cm setzt sich in der Tiefe also von 60-90cm fort, so finden wir auch hier einen relativ ähnlichen Verlauf zwischen den drei Versuchsvarianten. Ein weiteres mal kristallisiert sich heraus, dass die Versuchsvariante „Dicksaat“ ab der Messung am 21.03.2010 bis zum 11.04.2010 einen höheren Wassergehalt als die Versuchsvariante „Ortsüblich“ aufweist. Am 18.04.2010 fällt sie jedoch auf das Niveau der Versuchsvariante „Ortsüblich“, wobei die Versuchsvariante „Normalsaat“ die höchsten Wassergehalte aufweist. Bei dem letzten Messtermin wurde sowohl bei der Variante „Ortsüblich“ wie auch bei der Variante „Normalsaat“ von den vier Wiederholungen jeweils nur drei mit einbezogen, denn diese stellen Ausreißer mit den teilweise doppelt so hohen Wassergehalten als die anderen Wiederholungen dar.

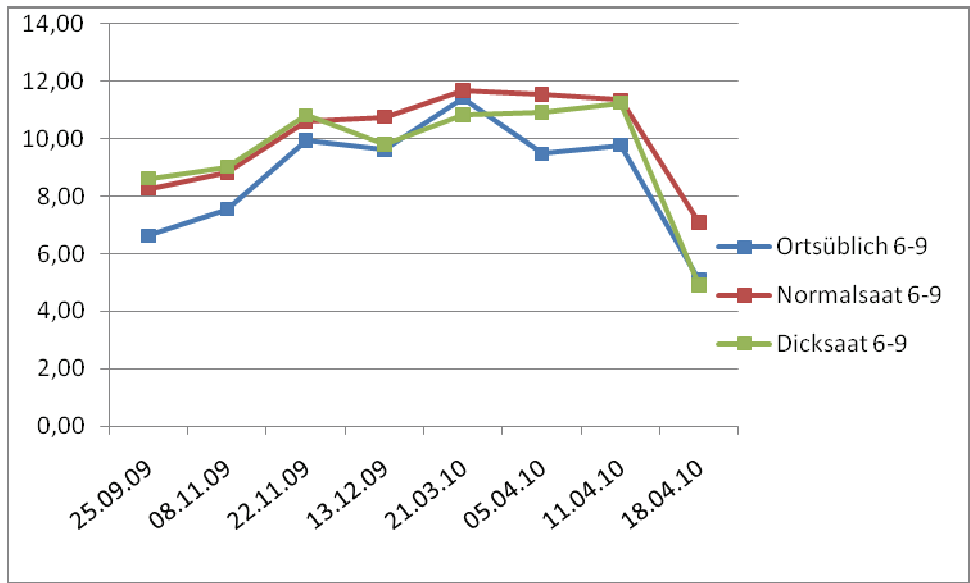


Abbildung 13 Durchschnittlicher Prozentualer Wassergehalt der drei Versuchsvarianten in 60-90cm Tiefe (Quelle: Eigene Darstellung)

4.3. Trockensubstanz

Die Trockensubstanz variiert in den einzelnen Versuchsvarianten sehr stark und weist in der Variante „Normalsaat“ eine Spannweite von 234- 466 kg/TM je Hektar auf, wobei der Durchschnitt der vier Wiederholungen bei 353 kg/TM je Hektar beträgt (Abbildung 14). Bei Versuchsvariante III „Dicksaat“ variiert der Wert von 337 - 595 kg/TM je Hektar; im Durchschnitt liegt die Versuchsvariante III bei 468 kg/TM je Hektar.

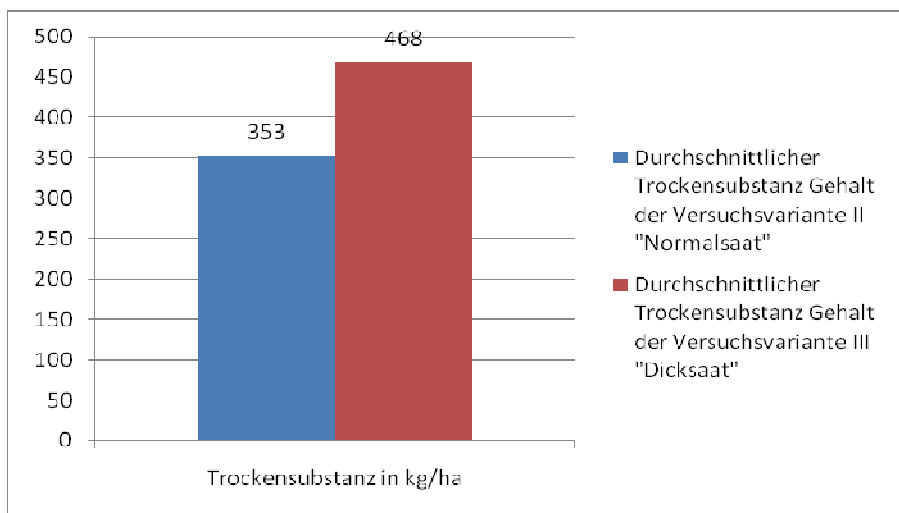


Abbildung 14 Durchschnittlicher Trockensubstanz Gehalt der Versuchsvarianten II "Normalsaat" und III "Dicksaat" (Quelle: Eigene Darstellung)

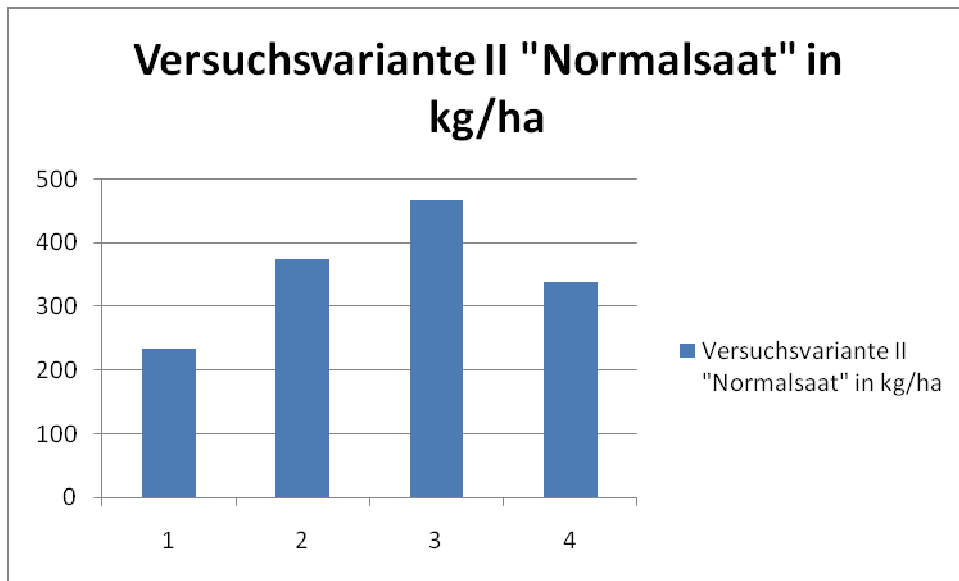


Abbildung 15 Trockensubstanz je kg/ha der Versuchsvariante II "Normalsaat" aller Wiederholungen (Quelle: Eigene Darstellung)



Abbildung 16 Trockensubstanz je kg/ha der Versuchsvariante III "Dicksaat" aller Wiederholungen (Quelle: Eigene Darstellung)

4.4. Oberirdisch gebundener Stickstoff

Die aufgenommene N-Menge der oberirdischen „grünen“ Pflanzenmasse beträgt in Versuchsvariante II „Normalsaat“ im Schnitt über die vier Wiederholungen etwa 12,7kg/N je Hektar, wobei hier wie in Versuchsvariante III „Dicksaat“ mit 16,9kg/N je Hektar eine große

Schwankungsbreite zwischen den Versuchsvarianten vorliegt. Abbildung 11 sind die N-Gehalte der beiden Versuchsvarianten zu entnehmen. Die N-Gehalte sind stark verknüpft mit dem Trockensubstanz Gewicht, da es zwischen den einzelne Wiederholungen kaum Unterschiede gab hinsichtlich des N-Gehaltes.

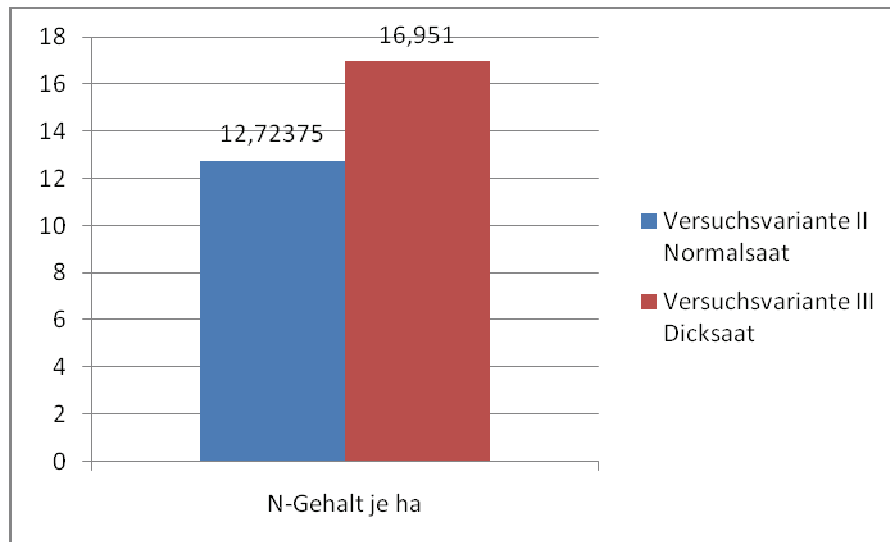


Abbildung 17 Durchschnittlich Aufgenommene N-Menge der Versuchsvarianten II und III in kg/N je Hektar (Quelle: LUFA)

Die Schwankungsbreite in der Versuchsvariante II „Normalsaat“ ist ebenso groß wie die in Versuchsvariante III „Dicksaat“, so geht diese in Versuchsvariante II von 8 kg/N je Hektar bis 15,6 kg/N je Hektar. In Versuchsvariante III geht die Schwankung von 11,9kg/N je Hektar bis 21 kg/N je Hektar. Abbildung 12 und 13 sind diese Schwankungen zu entnehmen.

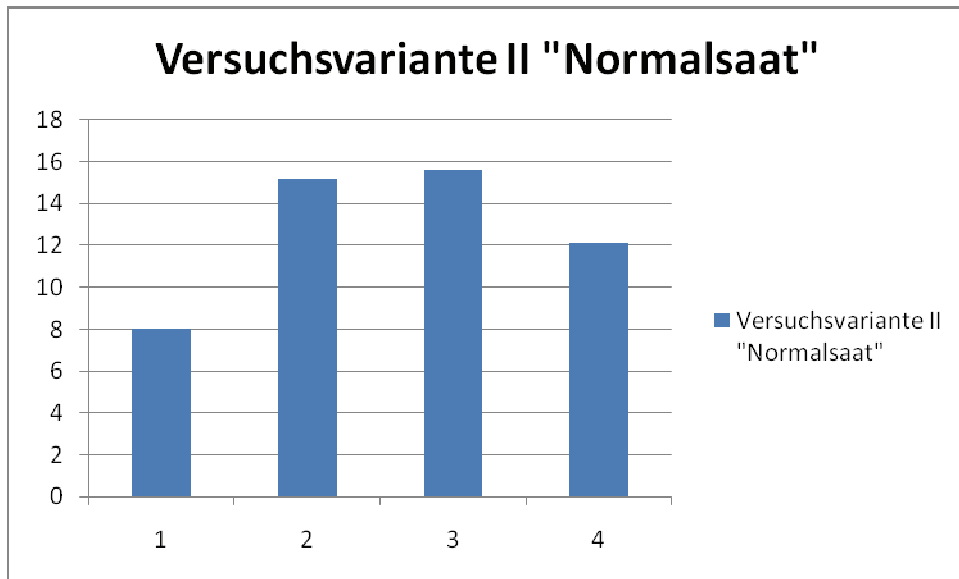


Abbildung 18 N-Gehalte der Wiederholungen in der Versuchsvariante "Normalsaat" in kg/ha (Quelle: LUFA)

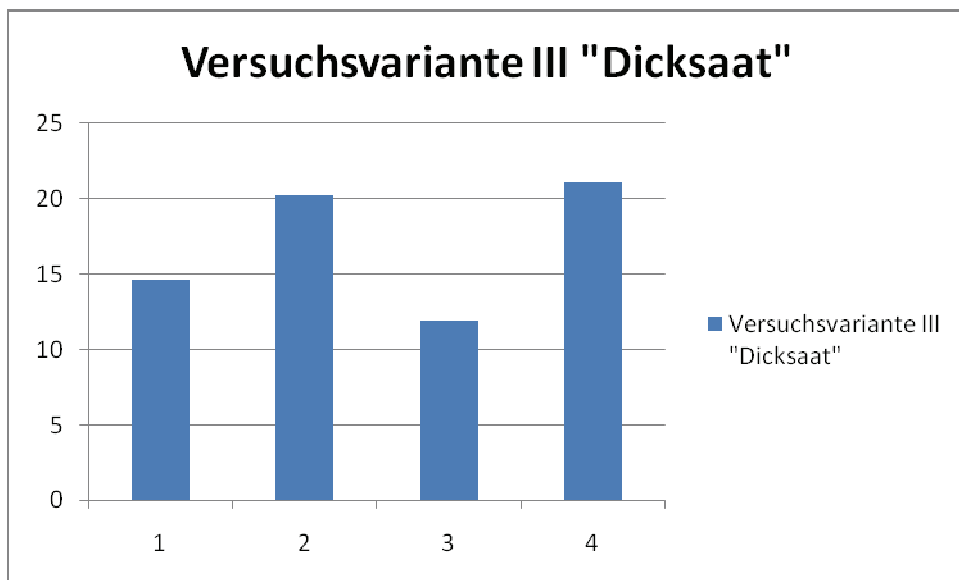


Abbildung 19 N-Gehalte der Wiederholungen der Versuchsvariante III "Dicksaat" (Quelle: Eigene Darstellung)

4.5 N-min Gehalt der Parzellen

Der N-min Gehalt der Versuchsvariante I1-I4 liegt mit 20kg/N je Hektar unter den Versuchsvarianten II1-II4 und III1-III4 mit jeweils 40kg/N je Hektar. Dieses setzt sich in Versuchsvariante I aus 10kg NH₄-N und 10kg NO₃-N je Hektar zusammen, wohingegen in der Versuchsvariante II und III die Zusammensetzung aus jeweils 10kg NH₄-N und 30kg NO₃-N besteht. Folgender Abbildung sind die Ergebnisse der N-min Mischproben zu entnehmen.

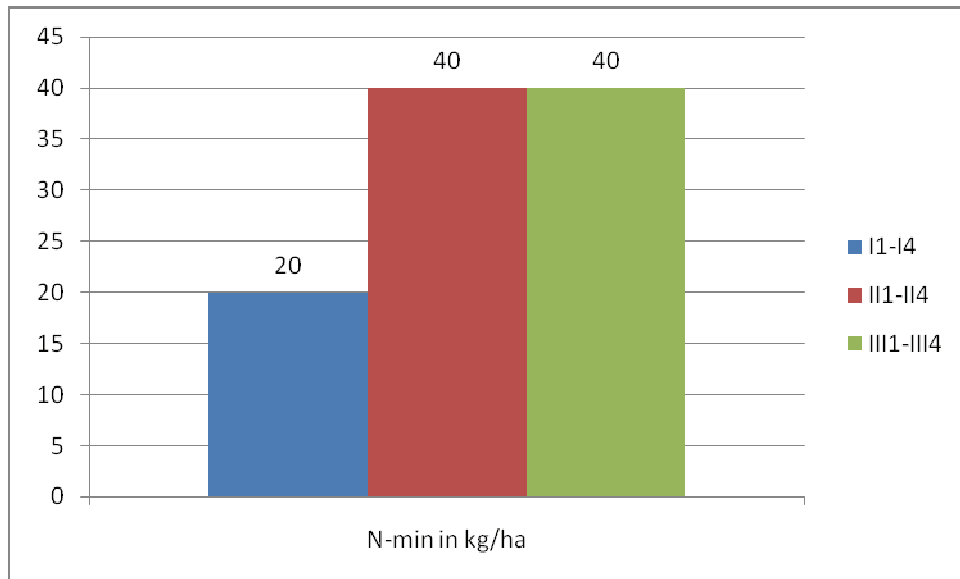


Abbildung 20 Durchschnittlicher N-min Gehalt der Versuchsvarianten am 18.04.2010 (Quelle: LUFA)

4.6 Statistische Auswertung der Ergebnisse

Um eine Aussage ableiten zu können wurden die vorliegen Messergebnisse mit Hilfe eines F-Testes einem Vergleich unterzogen. In wie weit Abweichungen der einzelnen Ergebnisse einer Gruppe als zufällig oder als signifikant angesehen werden müssen. Hierzu wurden zu den einzelnen Messzeitpunkten die Ergebnisse einer Anbauvariante gemittelt und anschließend mit den Mittelwerten (arithmetisches Mittel) der anderen Anbauvarianten verglichen, indem aus dem Quotienten der Varianzen die Prüfgröße F abgeleitet wurde.

Messtermin	Messtiefe	Prüfgröße F	kritischer F-Wert
18.10.2009	0-30 cm	1,266	4,256
18.10.2009	30-60 cm	0,328	4,256
18.10.2009	60-90 cm	2,890	4,256
08.11.2009	0-30 cm	0,081	4,256
08.11.2009	30-60 cm	0,192	4,256
08.11.2009	60-90 cm	0,848	4,256
22.11.2009	0-30 cm	0,377	4,256
22.11.2009	30-60 cm	0,122	4,256
22.11.2009	60-90 cm	0,560	4,256
13.12.2009	0-30 cm	0,023	4,256
13.12.2009	30-60 cm	1,411	4,256
13.12.2009	60-90 cm	0,524	4,256
21.03.2010	0-30 cm	0,652	4,256
21.03.2010	30-60 cm	0,044	4,256
21.03.2010	60-90 cm	0,375	4,256
05.04.2010	0-30 cm	0,052	4,256
05.04.2010	30-60 cm	0,164	4,256
05.04.2010	60-90 cm	3,327	4,256
11.04.2010	0-30 cm	1,356	4,256
11.04.2010	30-60 cm	2,752	4,256
11.04.2010	60-90 cm	0,479	4,256
18.04.2010	0-30 cm	3,900	4,256
18.04.2010	30-60 cm	0,254	4,256
18.04.2010	60-90 cm	0,917	4,256

Abbildung 21 Statistische Auswertung der Bodenwassergehalte (Quelle: Eigene Bearbeitung)

Die F-Werte lagen zu den einzelnen Messungen deutlich unter dem „kritischen F-Wert“, so dass die Abweichungen hinsichtlich der Gruppenwerte gegenüber den Werten der anderen Gruppe als zufällig zu bezeichnen sind, das heißt, dass sich keine signifikanten Unterschiede ergeben haben. Das Ansteigen der Werte zum Ende des Untersuchungszeitraumes deutet darauf hin, dass bei weiterer Fortsetzung der Versuchsreihe ein Zusammenhang zwischen Anbauvariante und Wassergehalt gegeben sein könnte.

5. Diskussion

Nach dem Winter 2009/2010 mit einer Dauerfrostperiode von Dezember bis Anfang März, verbunden mit hoher Schneelage, wurde festgestellt, dass der Anbau von Roggen als Zwischenfrucht bzw. Winterbegrünung keinen höheren Wasserverbrauch aufweist als die unbestellte Fläche. Hierdurch scheint die Arbeitshypothese 1, wonach Winterzwischenfrüchte der Folgekultur kein Wasser entziehen, bestätigt zu sein. Alle drei

Varianten (unbestellte Fläche, Normalsaat, Dicksaat) zeigen im Beprobungszeitraum 25.09.2009 bis zum 21.03.2010 bei leichten Schwankungen einen in etwa gleich hohen Wassergehalt auf.. Auffällig ist, dass zunächst ab dem 05.04.2010 der Bodenwassergehalt in der unbestellten Versuchsvariante schneller absinkt und unter das Niveau der anderen Versuchsvarianten fällt. Erst zum 18.04.2010 erreichen die drei Varianten ein ähnliches Niveau, wobei in den verschiedenen Messhorizonten Unterschiede zu Tage treten: so lässt sich in einer Tiefe von 0-30 cm bei der Variante „Dicksaat“ ein um 2 % höherer Wassergehalt als bei der „Normalsaat“ und ein um 3 % höherer Wassergehalt als bei der unbestellten Variante („Ortsüblich“) ermitteln.

In der Tiefe von 30-60cm hingegen weist die Versuchsvariante „Ortsüblich“ am 18.04.2010 einen höheren Wassergehalt auf als die bestellten Varianten. Hierbei liegt der prozentuale Wassergehalt der Versuchsvariante „Dicksaat“ 1 % unter der Versuchsvariante „Ortsüblich“, wobei die Versuchsvariante „Normalsaat“ dazwischen liegt. In der Tiefe von 60-90cm weist die Variante „Normalsaat“ den höchsten Wassergehalt mit 7 % auf, wohingegen die Varianten „Ortsüblich“ und „Dicksaat“ auf etwa 5 % abfallen.

Der nahezu deckungsgleiche Verlauf bis zum 21.03.2010 resultiert aus der geringen Verdunstung und den ausreichenden Niederschlägen bis zu diesem Zeitpunkt; der Bodenwasserspeicher war ausreichend gefüllt und aufgrund der geringen Temperaturen und der hohen Luftfeuchtigkeit haben kaum Verdunstungen statt gefunden. Der April hingegen war niederschlagsarm, so dass das Bodenwasser in den drei Varianten deutlich abnahm. Wegen der geringen Temperaturen und des späten Drilltermins bei unvorbereitetem Boden war der Entwicklungsstand des Roggens unbefriedigend; bei der Beerntung der Versuchsvariante „Normalsaat“ war der Boden nur unvollständig mit Pflanzenmaterial bedeckt. Bei der Versuchsvariante „Dicksaat“ hingegen lag eine komplette Bodenbedeckung vor. Aus den höheren Wassergehalten in den bestellten Parzellen lässt sich entnehmen, dass die Transpiration der Pflanzen zu dieser Zeit geringer als die Evaporation des Bodens ist, was die anfangs aufgestellte Arbeitshypothese stützt. In der mit doppelter Saatgutmenge bestellten Variante findet durch die Abdeckung der Bodenoberfläche kaum Evaporation statt, bzw. in der Variante „Normalsaat“ ist sowohl verstärkt die Evaporation wie auch die Transpiration vorzufinden. Durch eine fehlende Bodenbearbeitung wurde die Kapillarität nicht gebrochen, woraus hohe Wasserverluste resultieren. Der Wasserverlust auf den bestellten Varianten steigt mit zunehmendem Massenwachstums der Pflanzen, wobei dieser in der Variante „Dicksaat“ wegen der höheren Transpiration entsprechend höher ausfällt. Hierbei

liegt die Versuchsvariante „Normalsaat“ stets zwischen den anderen beiden Versuchsvarianten, das bedeutet, dass hier die Versuchsvariante „Normalsaat“ in Bezug auf den Wasserhaushalt am effizientesten ist. Der Abfall des Bodenwassergehaltes in den bestellten Versuchsvarianten in 30-60cm Bodentiefe lässt sich wie auch die anderen Ergebnisse, nicht statistisch absichern. Hier kann allerdings auch angenommen werden, dass durch die Saugwurzeln des Roggens das Bodenwasser aus tieferen Schichten nach oben verlagert wird. Das bedeutet, dass hinsichtlich des Wasserverbrauches die bestellten Varianten in diesem Versuch etwas besser abschneiden als die Variante „Ortsüblich“. Als Ergebnis im Hinblick auf den Wasserhaushalt lässt sich feststellen, dass bei jeder Winterzwischenfrucht die Terminierung des Umbruchs entscheidenden Einfluss hat: dieser sollte dann vorgenommen werden, wenn die Transpiration des Blattapparates aufgrund von Wachstum die Evaporation brachliegender Felder übersteigt. Gerade auf Böden mit einer geringen nutzbaren Feldkapazität, sorptionsschwachen Böden, entsteht durch den Winterzwischenfruchtanbau bei richtigem Umbruch-Zeitpunkt kein Wasserverlust, da die häufig hohen Winter- und Frühjahresniederschläge über der nutzbaren Feldkapazität der meisten Standorte hinausgeht und Wasser versickert. In die Strategie des Ackerbaus ist folglich einzubeziehen, dass sich der Umbruch der Winterzwischenfrucht am Niederschlagsereignis im Frühjahr orientiert. Es wäre wünschenswert gewesen, zusätzlich noch Versuchsvarianten mit einfacher Bodenbearbeitung, z.B. Eggen, untersuchen zu können, da hier zu erwarten wäre, dass infolge der gebrochenen Kapillarität die Verdunstung geringer ausfallen würde.

Die Produktion von Grünmasse zur Stützung des Humushaushaltes im Boden kann mit Winterroggen in einer Höhe von etwa 2 t/ha Trockensubstanz erreicht werden, wobei hierbei von gut entwickelten Beständen und späterer „Ernte“ (30 cm Wuchshöhe; um den 1. Mai) auszugehen ist. Das Ziel „Grünmasseproduktion“ steht im Widerspruch zum Ziel „Wassererhalt“, da mit zunehmender Grünmasse der Wasserverbrauch steigt.

Die Humusreproduktion bzw. die Wirkung als Gründüngung ist in diesem Versuch aufgrund des schwach entwickelten Bestandes und des frühen Umbruchs unbefriedigend. So wurden in der Versuchsvariante „Dicksaat“ 6,22 dt TM/ha und bei der Normalsaat 4,7 dt TM/ha. Mit diesen geringen Trockensubstanzerträgen ist die Humusreproduktion mit einer Stallmistgabe von 1,6 – 2 dt/ha vergleichbar und deshalb zu vernachlässigen sind.

Hingegen kann die Wirkung von Roggen im Zwischenfruchtanbau zur Vermeidung von Erosionen eine bedeutende Rolle spielen.

Die Speicherung von Stickstoff in den oberirdischen Pflanzenteilen fällt in diesem Versuch mit 13 kg/ha in der Versuchsvariante „Normalsaat“ und knapp 17 kg/ha in der Versuchsvariante „Dicksaat“ sehr gering aus. Dieses hängt zusammen mit den niedrigen Temperaturen in diesem Frühjahr, die eine nur geringe N-Mineralisierung bedingen. Durch den frühen Umbruchtermin konnten die N-Vorräte des Bodens nicht genutzt werden. Auffällig sind die hohen N-min Gehalte unter den beiden bestellten Varianten; diese liegen mit 40 kg je ha etwa doppelt so hoch wie bei der unbestellten Variante. Der hohe Anteil an Nitratstickstoff in den bestellten Versuchsvarianten wird auf die geringeren Sickerwassermengen in den bestellten Varianten zurückgeführt. Durch die hohen N-min Gehalte in den bestellten Versuchsvarianten, werden mit der Versuchsvariante „Normalsaat“ insgesamt 53 kg N/ha gespeichert. Dieser Wert übersteigt den Wert aus den unbestellten Parzellen um 33 kg/ha. Die Versuchsvariante „Dicksaat“ liegt noch etwa 4 kg/ha über der Normalsaatparzelle.

Die gewonnenen Versuchsergebnisse wurden hinsichtlich ihrer Unterschiede in den einzelnen Merkmalen mit einem statistischen Verfahren verglichen. Die Ergebnisse zeigen, dass im Hinblick auf den Wasserhaushalt keine Verluste durch den Zwischenfruchtanbau entstehen, sofern der Umbruch der Kultur rechtzeitig vor dem Schossen des Roggens erfolgt und dass der W-Roggen als Zwischenfrucht in der Lage ist, deutlich mehr Stickstoff zu binden und so zur Nährstoffschonung beizutragen als es bei unbestellten Parzellen der Fall ist. Somit sind beide Arbeitshypothesen bestätigt.

6 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem aus dem Winterzwischenfruchtanbau entstammenden Resultaten in Bezug auf Bodenwassergehalt und Nährstoffspeicherung. Hierzu wurden eingangs zwei Arbeitshypothesen aufgestellt, in denen davon ausgegangen wird, dass (1) der Anbau einer Winterbegrünung bzw. einer Winterzwischenfrucht der

Folgekultur kein Wasser entzieht und dass (2) durch die Begrünung von Flächen im Herbst Nährstoffe gebunden bzw. die Nährstoffverluste verringert werden.

Hierzu wurde auf einem Standort in der Nähe von Wolgast in einer Silomais-Silomais Fruchtfolge Winterroggen als Zwischenfrucht am 10.10.2009 im Direktsaat-Verfahren ausgebracht. Die Anlage erfolgte in einem randomisierten Blockversuch welche drei Versuchsvarianten enthielt. Die Varianten unterschieden sich durch die Aussaatstärke: neben der ortsüblichen Variante (unbestellt, unbearbeitet) wurden die Varianten „Normalsaat – 300 Körner/qm“ und „Dicksaat – 600 Körner/qm“ integriert.

Untersucht wurde die Entwicklung des Bodenwassergehaltes und der Nährstoffe; die ermittelten Werte wurden den drei Versuchsvarianten zugeordnet. Die Analysewerte des Bodenwassers, die in drei Schichten, nämlich in 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm Bodentiefe gewonnen wurden, sind dann mit Hilfe eines statistischen Verfahrens auf mögliche Abweichungen untersucht worden. Dabei zeigte sich, dass die Bodenwassergehalte im Untersuchungszeitraum nicht signifikant von einander abwichen, womit die erste Arbeitshypothese bestätigt war. Einschränkend darf jedoch nicht unerwähnt bleiben, dass das Wachstum der Roggenpflanzen und damit die Transpiration sehr gering war, so dass die Aussage dahingehend zu relativieren ist, dass der im Hinblick auf das Wachstum der Pflanzen frühe Umbruchtermin eine Voraussetzung zur Wasserschonung ist.

Um die aufgenommen N-Mengen bewerten zu können wurden des weiteren vor dem Umbruch N-min Mischproben entnommen und die oberirdischen Pflanzenteile abgeerntet. Hochgerechnet auf eine Fläche von einem Hektar ergaben sich Stickstoffmengen in den Pflanzenteilen von 13 (Normalsaat) und 17 kg/ha (Dicksaat); diese Werte blieben hinter den Erwartungen zurück und sind wohl auf den späten Frühling mit geringen Temperaturen zurückzuführen. Allerdings entstanden in den Bodenproben N-min Werte von etwa 40 kg je Hektar unter den bestellten Parzellen, die die unter den unbestellten Parzellen um 20 kg überstiegen. So ergab sich, dass die Summe des insgesamt gebundenen bzw. gehaltenen Stickstoffs einen um rund 35 kg/ha höheren Wert der bestellten gegenüber den unbestellten Parzellen ergab.

Unterschiede zwischen dem Verfahren „Normalsaat“ und „Dicksaat“ lassen sich in Bezug auf den Wasserhaushalt nicht feststellen, hinsichtlich der Nährstoffschonung sind die Unterschiede mit 4 kg N je Hektar so gering, dass sich die Normalsaat gegenüber der Dicksaat ökonomischer erweist, als die vorzüglichere, wegen der geringeren Saatgutkosten. Die geringen N-min Werte des unbestellten Ackers resultieren aus dem Versickern von Wasser und der damit verbundenen Nährstoffverlagerung. Auch aus Gründen der Erosionsvermeidung bzw. –verminderung ist eine Winterbegrünung z.B. durch Roggen empfehlenswert, der Beitrag zum Humusaufbau ist allerdings gering, wenn sich der Umbruchtermin am Bodenwassergehalt orientiert.

Weitere Untersuchungen könnten sich zum Ziel setzen, die Versuche durch eine Variante zu ergänzen, z.B. eine gegrubberte Oberfläche (ohne Saat), weil durch Brechen der Kapillarität des Bodens ein verminderter Wasserverlust erwartet werden kann. Zum anderen sollten dann unterschiedliche Umbruchzeitpunkte des Roggens, ggf. auch eine Variante „Direktsaat des Mais“ in einen mit einem Totalherbizid behandelten Roggenbestand in die Untersuchungen einbezogen werden.

7 Literaturverzeichnis

BML.

Düngemittelverordnung vom 10.01.2006 Stand 31.07.2009

Bundesbodenschutzgesetz;

§ 17; März 1998

FREYER,

Fruchtfolgen, Wien 2003

Oehmichen,Jobst,

Hrsgb: LÜTKE ENTRUP, OEHMICHEN; Lehrbuch des Pflanzenbau, Band 1.
Grundlagen, Gelsenkirchen 2000

SCHEFFER, SCHACHTSCHABEL,

Lehrbuch der Bodenkunde, Heidelberg 2002

LÜTKE ENTRUP,

Zwischenfrüchte im umweltgerechten Pflanzenbau, Gelsenkirchen 2001

SACHS,

Statistische Methoden, Berlin 1993

SOMMER/BRUNOTTE,

Hrsgb: LÜTKE ENTRUP, OEHMICHEN; Lehrbuch des Pflanzenbau, Band 1.
Grundlagen, Gelsenkirchen 2000

BUCHNER,

Hrsgb: LÜTKE ENTRUP, OEHMICHEN; Lehrbuch des Pflanzenbau, Band 1.
Grundlagen, Gelsenkirchen 2000

http://de.wikipedia.org/wiki/Varianzanalyse#Einfaktorielle_ANOVA; Stand 18.08.2010; 15.09
Uhr

8 Anhang

Frischgewicht, Trockengewicht und prozentualer Unterschied aller Wiederholungen der Versuchsvarianten I-III am 25.10.2009 (Quelle: Eigene Bearbeitung)

		<u>I1</u>	<u>I2</u>	<u>I3</u>	<u>I4</u>	
Feuchtgewicht in g	0-30	118,8	93,2	159,2	116,5	
Getrocknet in g		105,3	83,3	139,9	104,1	
Unterschied in %		11,36	10,62	12,12	10,64	11,19
<hr/>						
Feuchtgewicht in g	30-60	143,3	140,2	129,8	144,9	
Getrocknet in g		130,0	128,6	118,2	132,7	
Unterschied in %		9,28	8,27	8,94	8,42	8,73
<hr/>						
Feuchtgewicht in g	60-90	162	127,6	162,6	134	
Getrocknet in g		151,3	121,9	149,4	124,2	
Unterschied in %		6,60	4,47	8,12	7,31	6,63
<hr/>						
		<u>II1</u>	<u>II2</u>	<u>II3</u>	<u>II4</u>	
Feuchtgewicht in g	0-30	139,7	135,3	115,3	81,3	
Getrocknet in g		124,8	119,6	103,7	72,0	
Unterschied in %		10,67	11,60	10,06	11,44	10,94
<hr/>						
Feuchtgewicht in g	30-60	139,1	140,2	143,7	128,2	
Getrocknet in g		127,2	126,4	132,2	117,9	
Unterschied in %		8,55	9,84	8,00	8,03	8,61
<hr/>						
Feuchtgewicht in g	60-90	153	159	158,8	154,7	
Getrocknet in g		141,3	145,9	147,9	138,8	
Unterschied in %		7,65	8,24	6,86	10,28	8,26
<hr/>						
		<u>III1</u>	<u>III2</u>	<u>III3</u>	<u>III4</u>	
Feuchtgewicht in g	0-30	131,4	120,7	105,0	104,1	
Getrocknet in g		117,8	108,7	94,9	92,1	
Unterschied in %		10,35	9,94	9,62	11,53	10,36
<hr/>						
Feuchtgewicht in g	30-60	157,6	122,7	162,4	148,1	
Getrocknet in g		143,7	111,0	148,2	135,2	
Unterschied in %		8,82	9,54	8,74	8,71	8,95
<hr/>						
Feuchtgewicht in g	60-90	164,7	150,9	161,3	168,3	
Getrocknet in g		150,9	137,4	147,6	153,8	
Unterschied in %		8,38	8,95	8,49	8,62	8,61
<hr/>						

Anhang / Tabelle 2

Frischgewicht, Trockengewicht und prozentualer Unterschied aller Wiederholungen der Versuchsvarianten I-III am 08.11.2009 (Quelle: Eigene Bearbeitung).

		<u>I1</u>	<u>I2</u>	<u>I3</u>	<u>I4</u>	
Feuchtgewicht in g	0-30	114,4	102,1	131,1	136,6	
Getrocknet in g		101,7	91,7	115,1	121,3	
Unterschied in %		11,10	10,19	12,20	11,20	11,17
Feuchtgewicht in g	30-60	148,8	162,3	152,2	167,9	
Getrocknet in g		131,7	145,5	137,3	153,8	
Unterschied in %		11,49	10,35	9,79	8,40	10,01
Feuchtgewicht in g	60-90	135,4	124,2	158,4	153,9	
Getrocknet in g		121,5	118,5	148,2	140,2	
Unterschied in %		10,27	4,59	6,44	8,90	7,55
		<u>II1</u>	<u>II2</u>	<u>II3</u>	<u>II4</u>	
Feuchtgewicht in g	0-30	131,1	88,4	112,7	123,9	
Getrocknet in g		117,4	77,6	102,4	108,7	
Unterschied in %		10,45	12,22	9,14	12,27	11,02
Feuchtgewicht in g	30-60	162,7	146,9	150,4	138,6	
Getrocknet in g		149	129,9	134,5	122,6	
Unterschied in %		8,42	11,57	10,57	11,54	10,53
Feuchtgewicht in g	60-90	152,6	160,6	144,1	139,3	
Getrocknet in g		140,5	145,3	133,5	124,7	
Unterschied in %		7,93	9,53	7,36	10,48	8,82
		<u>III1</u>	<u>III2</u>	<u>III3</u>	<u>III4</u>	
Feuchtgewicht in g	0-30	179,4	155,5	105,6	126,5	
Getrocknet in g		161,4	136,7	95,3	112	
Unterschied in %		10,03	12,09	9,75	11,46	10,83
Feuchtgewicht in g	30-60	128	147	155,8	132,4	
Getrocknet in g		113,9	131,6	140,7	119,3	
Unterschied in %		11,02	10,48	9,69	9,89	10,27
Feuchtgewicht in g	60-90	169,8	144,3	159,2	151,6	
Getrocknet in g		156,2	131,3	143,9	137,3	
Unterschied in %		8,01	9,01	9,61	9,43	9,02

Anhang / Tabelle 3

Frischgewicht, Trockengewicht und prozentualer Unterschied aller Wiederholungen der Versuchsvarianten I-III am 22.11.2009 (Quelle: Eigene Bearbeitung).

		<u>I1</u>	<u>I2</u>	<u>I3</u>	<u>I4</u>	
Feuchtgewicht in g	0-30	103	112,9	153,9	101,9	
Getrocknet in g		90,3	100,7	134,2	91,1	
Unterschied in %		12,33	10,81	12,80	10,60	11,63
Feuchtgewicht in g	30-60	139,2	153,5	138,3	166,4	
Getrocknet in g		122,2	139,5	121,6	150	
Unterschied in %		12,21	9,12	12,08	9,86	10,82
Feuchtgewicht in g	60-90	155,4	136,3	159,2	157,8	
Getrocknet in g		140,2	126,3	141,6	139,6	
Unterschied in %		9,78	7,34	11,06	11,53	9,93
		<u>II1</u>	<u>II2</u>	<u>II3</u>	<u>II4</u>	
Feuchtgewicht in g	0-30	118,4	96,5	93,5	156,9	
Getrocknet in g		106	85,9	83,5	137,4	
Unterschied in %		10,47	10,98	10,70	12,43	11,15
Feuchtgewicht in g	30-60	159,4	144,2	153,4	126	
Getrocknet in g		143	127,4	138,1	111,1	
Unterschied in %		10,29	11,65	9,97	11,83	10,93
Feuchtgewicht in g	60-90	168,1	145,8	173,1	161,8	
Getrocknet in g		151,5	130,2	155,8	142,7	
Unterschied in %		9,88	10,70	9,99	11,80	10,59
		<u>III1</u>	<u>III2</u>	<u>III3</u>	<u>III4</u>	
Feuchtgewicht in g	0-30	143,3	125,8	129,5	138,5	
Getrocknet in g		127	111,3	115,1	121,6	
Unterschied in %		11,37	11,53	11,12	12,20	11,56
Feuchtgewicht in g	30-60	177,7	122,5	165,4	157,1	
Getrocknet in g		159,5	107,2	147,7	139,1	
Unterschied in %		10,24	12,49	10,70	11,46	11,22
Feuchtgewicht in g	60-90	155,4	150,8	153,8	143,9	
Getrocknet in g		139,5	134,4	137,2	127,6	
Unterschied in %		10,23	10,88	10,79	11,33	10,81

Anhang / Tabelle 4

Frischgewicht, Trockengewicht und prozentualer Unterschied aller Wiederholungen der Versuchsvarianten I-III am 13.12.2009 (Quelle: Eigene Bearbeitung).

	<u>I1</u>	<u>I2</u>	<u>I3</u>	<u>I4</u>	
<i>Feuchtgewicht in g</i> 0-30	134,1	112,2	130,3	118	
<i>Getrocknet in g</i>	117	100	112,2	104,8	
<i>Unterschied in %</i>	12,75	10,87	13,89	11,19	12,18
<i>Feuchtgewicht in g</i> 30-60	143,4	138,5	141,5	137,1	
<i>Getrocknet in g</i>	128,0	127,1	125,4	122,8	
<i>Unterschied in %</i>	10,74	8,23	11,38	10,43	10,19
<i>Feuchtgewicht in g</i> 60-90	142,8	127,7	159,4	158,4	
<i>Getrocknet in g</i>	128,2	118,7	142,9	141,3	
<i>Unterschied in %</i>	10,22	7,05	10,35	10,80	9,60
	<u>II1</u>	<u>II2</u>	<u>II3</u>	<u>II4</u>	
<i>Feuchtgewicht in g</i> 0-30	103,3	133	150,8	103,4	
<i>Getrocknet in g</i>	92	114,6	133,5	90,1	
<i>Unterschied in %</i>	10,94	13,83	11,47	12,86	12,28
<i>Feuchtgewicht in g</i> 30-60	151,2	136,9	150,7	162,1	
<i>Getrocknet in g</i>	134,9	127,9	137,9	143,3	
<i>Unterschied in %</i>	10,78	6,57	8,49	11,60	9,36
<i>Feuchtgewicht in g</i> 60-90	154,8	130,3	142,8	151,1	
<i>Getrocknet in g</i>	139,6	115,8	128,8	132,6	
<i>Unterschied in %</i>	9,82	11,13	9,80	12,24	10,75
	<u>III1</u>	<u>III2</u>	<u>III3</u>	<u>III4</u>	
<i>Feuchtgewicht in g</i> 0-30	116,3	94,5	97,9	111,5	
<i>Getrocknet in g</i>	102,2	83,6	85,7	97,8	
<i>Unterschied in %</i>	12,12	11,53	12,46	12,29	12,10
<i>Feuchtgewicht in g</i> 30-60	161,1	128,4	152,5	154,7	
<i>Getrocknet in g</i>	143,7	112,3	136,2	137,6	
<i>Unterschied in %</i>	10,80	12,54	10,69	11,05	11,27
<i>Feuchtgewicht in g</i> 60-90	160,4	134,4	148,1	156	
<i>Getrocknet in g</i>	144,3	119,2	138	138,8	
<i>Unterschied in %</i>	10,04	11,31	6,82	11,03	9,80

Anhang / Tabelle 5

Frischgewicht, Trockengewicht und prozentualer Unterschied aller Wiederholungen der Versuchsvarianten I-III am 21.03.2010 (Quelle: Eigene Bearbeitung).

		<u>I1</u>	<u>I2</u>	<u>I3</u>	<u>I4</u>	
Feuchtgewicht in g	0-30	154,7	88,3	131,9	82,5	
Getrocknet in g		130,9	76,8	113,7	71,9	
Unterschied in %		15,38	13,02	13,80	12,85	13,76
Feuchtgewicht in g	30-60	139,1	149,2	160,7	164,7	
Getrocknet in g		120,8	137	141,6	145,3	
Unterschied in %		13,16	8,18	11,89	11,78	11,25
Feuchtgewicht in g	60-90	152,6	148,5	133,8	154,2	
Getrocknet in g		137,2	128,5	118,9	137,3	
Unterschied in %		10,09	13,47	11,14	10,96	11,41
		<u>II1</u>	<u>II2</u>	<u>II3</u>	<u>II4</u>	
Feuchtgewicht in g	0-30	90,3	128,5	79,1	112,9	
Getrocknet in g		76,8	112	69,3	97,5	
Unterschied in %		14,95	12,84	12,39	13,64	13,46
Feuchtgewicht in g	30-60	159,8	138,9	151,3	152,4	
Getrocknet in g		140,9	133	121,9	134,2	
Unterschied in %		11,83	4,25	19,43	11,94	11,86
Feuchtgewicht in g	60-90	161,2	155	159,2	153,8	
Getrocknet in g		143,2	135,7	142,5	134,4	
Unterschied in %		11,17	12,45	10,49	12,61	11,68
		<u>III1</u>	<u>III2</u>	<u>III3</u>	<u>III4</u>	
Feuchtgewicht in g	0-30	116,9	104,7	120,3	149	
Getrocknet in g		101,2	91,3	104,7	129,9	
Unterschied in %		13,43	12,80	12,97	12,82	13,00
Feuchtgewicht in g	30-60	144,3	176,3	156	159,6	
Getrocknet in g		127	154,2	139,5	138,9	
Unterschied in %		11,99	12,54	10,58	12,97	12,02
Feuchtgewicht in g	60-90	163,7	141,6	127,9	158,7	
Getrocknet in g		146,2	124,5	117,1	139,5	
Unterschied in %		10,69	12,08	8,44	12,10	10,83

Anhang / Tabelle 6

Frischgewicht, Trockengewicht und prozentualer Unterschied aller Wiederholungen der Versuchsvarianten I-III am 05.04.2010 (Quelle: Eigene Bearbeitung).

		<u>I1</u>	<u>I2</u>	<u>I3</u>	<u>I4</u>	
Feuchtgewicht in g	0-30	122,2	107	156,8	127,2	
Getrocknet in g		108	96,5	139	114,9	
Unterschied in %		11,62	9,81	11,35	9,67	10,61
Feuchtgewicht in g	30-60	138,9	147,4	132,2	152,5	
Getrocknet in g		122,7	135,1	116,2	137,9	
Unterschied in %		11,66	8,34	12,10	9,57	10,42
Feuchtgewicht in g	60-90	136,2	142,6	160,5	165,4	
Getrocknet in g		122,4	132	142,2	150,6	
Unterschied in %		10,13	7,43	11,40	8,95	9,48
		<u>II1</u>	<u>II2</u>	<u>II3</u>	<u>II4</u>	
Feuchtgewicht in g	0-30	92,2	98,5	90,9	128,2	
Getrocknet in g		83,2	87,8	82,1	112,1	
Unterschied in %		9,76	10,86	9,68	12,56	10,72
Feuchtgewicht in g	30-60	149,4	124,2	155,8	147,8	
Getrocknet in g		134,5	109,6	141,1	130,5	
Unterschied in %		9,97	11,76	9,44	11,71	10,72
Feuchtgewicht in g	60-90	169,3	146,4	156,2	163,7	
Getrocknet in g		150,4	129,5	139,3	143	
Unterschied in %		11,16	11,54	10,82	12,65	11,54
		<u>III1</u>	<u>III2</u>	<u>III3</u>	<u>III4</u>	
Feuchtgewicht in g	0-30	106,8	121,6	104,0	116,8	
Getrocknet in g		94,9	109,1	93	103,5	
Unterschied in %		11,14	10,28	10,58	11,39	10,85
Feuchtgewicht in g	30-60	158,8	115,4	144,4	163,2	
Getrocknet in g		142,1	101,4	130,4	144,3	
Unterschied in %		10,52	12,13	9,70	11,58	10,98
Feuchtgewicht in g	60-90	167,2	154,5	147,4	164,2	
Getrocknet in g		150	136,3	132,2	145,7	
Unterschied in %		10,29	11,78	10,31	11,27	10,91

Anhang / Tabelle 7

Frischgewicht, Trockengewicht und prozentualer Unterschied aller Wiederholungen der Versuchsvarianten I-III am 11.04.2010 (Quelle: Eigene Bearbeitung).

		<u>I1</u>	<u>I2</u>	<u>I3</u>	<u>I4</u>	
Feuchtgewicht in g	0-30	135,3	104,1	95,3	118,9	
Getrocknet in g		122,6	94,7	84,4	108,2	
Unterschied in %		9,39	9,03	11,44	9,00	9,71
Feuchtgewicht in g	30-60	100,5	145,3	148,8	166,1	
Getrocknet in g		89,8	136,2	137,1	150	
Unterschied in %		10,65	6,26	7,86	9,69	8,62
Feuchtgewicht in g	60-90	119,6	154,1	109,8	133,2	
Getrocknet in g		110,3	129,7	103	120,8	
Unterschied in %		7,78	15,83	6,19	9,31	9,78
		<u>II1</u>	<u>II2</u>	<u>II3</u>	<u>II4</u>	
Feuchtgewicht in g	0-30	120,2	124	136,8	78,8	
Getrocknet in g		109	110	124,1	70,7	
Unterschied in %		9,32	11,29	9,28	10,28	10,04
Feuchtgewicht in g	30-60	136,7	139	154,4	127,2	
Getrocknet in g		123,2	123,8	140,4	112,8	
Unterschied in %		9,88	10,94	9,07	11,32	10,30
Feuchtgewicht in g	60-90	158,7	155,1	135,9	137,1	
Getrocknet in g		142,4	136,8	120,8	120,4	
Unterschied in %		10,27	11,80	11,11	12,18	11,34
		<u>III1</u>	<u>III2</u>	<u>III3</u>	<u>III4</u>	
Feuchtgewicht in g	0-30	140,4	118,8	135,3	126,5	
Getrocknet in g		125,6	105,7	121,5	112,3	
Unterschied in %		10,54	11,03	10,20	11,23	10,75
Feuchtgewicht in g	30-60	122,8	95,3	159	123,9	
Getrocknet in g		110,6	83,8	142,3	110,7	
Unterschied in %		9,93	12,07	10,50	10,65	10,79
Feuchtgewicht in g	60-90	169	145,6	145,6	146,7	
Getrocknet in g		151,6	129	128,1	130,2	
Unterschied in %		10,30	11,40	12,02	11,25	11,24

Anhang / Tabelle 8

Frischgewicht, Trockengewicht und prozentualer Unterschied aller Wiederholungen der Versuchsvarianten I-III am 18.04.2010 (Quelle: Eigene Bearbeitung).

		<u>I1</u>	<u>I2</u>	<u>I3</u>	<u>I4</u>	
Feuchtgewicht in g	0-30	128,2	114,4	140,8	127,9	
Getrocknet in g		121,1	108,5	136,7	122,6	
Unterschied in %		5,54	5,16	2,91	4,14	4,44
Feuchtgewicht in g	30-60	117	150,3	159,5	138,3	
Getrocknet in g		106,1	141,2	146	126,9	
Unterschied in %		9,32	6,05	8,46	8,24	8,02
Feuchtgewicht in g	60-90	139,2	113,9	154	152,2	
Getrocknet in g		117,1	106,9	147,6	144,6	
Unterschied in %		15,88	6,15	4,16	4,99	7,79
		<u>II1</u>	<u>II2</u>	<u>II3</u>	<u>II4</u>	
Feuchtgewicht in g	0-30	153,3	128,8	126,1	166,7	
Getrocknet in g		147,8	118,4	120,1	158,3	
Unterschied in %		3,59	8,07	4,76	5,04	5,36
Feuchtgewicht in g	30-60	144,3	120	143	142,9	
Getrocknet in g		132,8	108,7	133,1	135,6	
Unterschied in %		7,97	9,42	6,92	5,11	7,35
Feuchtgewicht in g	60-90	127,6	149,9	147,9	152,9	
Getrocknet in g		118,1	139,6	128,6	142,3	
Unterschied in %		7,45	6,87	13,05	6,93	8,57
		<u>III1</u>	<u>III2</u>	<u>III3</u>	<u>III4</u>	
Feuchtgewicht in g	0-30	137,1	155,2	122,4	128,8	
Getrocknet in g		126	140,8	113,7	121,7	
Unterschied in %		8,10	9,28	7,11	5,51	7,50
Feuchtgewicht in g	30-60	172,5	121,5	136,8	152	
Getrocknet in g		166,2	113,1	127,6	135,9	
Unterschied in %		3,65	6,91	6,73	10,59	6,97
Feuchtgewicht in g	60-90	159	139,9	113,6	146,9	
Getrocknet in g		152,1	127,6	107,4	145,4	
Unterschied in %		4,34	8,79	5,46	1,02	4,90

Anhang / Tabelle 9.

Trockenmasse der Oberirdischen Pflanzenteile der Versuchsvariante „Normalsaat“ am 18.04.2010 je Quadratmeter der vier Wiederholungen (Quelle: Eigene Bearbeitung).

Parzellen	II1	II2	II3	II4
Trockenmasse in g je Quadratmeter	23,4	37,35	46,65	33,9

Anhang / Tabelle 10

Trockenmasse der Oberirdischen Pflanzenteile der Versuchsvariante „Dicksaat“ am 18.04.2010 je Quadratmeter der vier Wiederholungen (Quelle: Eigene Bearbeitung).

Parzellen	III1	III2	III3	III4
Trockenmasse in g je Quadratmeter	40,5	53,4	33,75	59,55

Anhang / Tabelle 11

Rohproteingehalte der obeerdischen Pflanzenmasse nach VDLUFA III 4.1.1 der
Versuchsvariante II1-II4 in g/kg (Quelle: LUFA).

Parzelle	II1	II2	II3	II4
g/kg	215	254	209	223

Anhang / Tabelle 12

Rohproteingehalte der obeerdischen Pflanzenmasse nach VDLUFA III 4.1.1 der
Versuchsvariante III1-III4 in g/kg (Quelle: LUFA).

Parzelle	III1	III2	III3	III4
g/kg	225	237	221	221

Anhang / Tabelle 13

N-min Gehalt der drei Versuchsvarianten am 18.04.2010 in kg je ha, unterteilt in NH₄-N und NO₃-N (Quelle: LUFA).

		NH ₄ -N	NO ₃ -N
II1-II4	in Kg/ha	10	30
III1-III4	in Kg/ha	10	30
I1-I4	in Kg/ha	10	10

Anhang / Tabelle 14

Statistische Auswertung der Bodenfeuchte am 25.10.2009 (Quelle: Eigene Bearbeitung).

Anova: Einfaktorielle Varianzanalyse 18.10.2010 0-30cm

ZUSAMMENFASSUNG

<i>Gruppen</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Summe</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Varianz</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>
VI 0-30	4	44,7528464	11,1882116	0,50715485	1,266828586
VII 0-30	4	43,7693811	10,9423453	0,51272124	<i>kritischer F-Wert</i>
VIII 0-30	4	41,4385062	10,3596266	0,69553283	4,256494729

Anova: Einfaktorielle Varianzanalyse 18.10.2010 30-60cm

ZUSAMMENFASSUNG

<i>Gruppen</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Summe</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Varianz</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>
VI 30-60	4	34,9115482	8,72788706	0,21699741	0,328594212
VII 30-60	4	34,4351827	8,60879567	0,74120893	<i>kritischer F-Wert</i>
VIII 30-60	4	35,8094225	8,95235562	0,15320911	4,256494729

Anova: Einfaktorielle Varianzanalyse 18.10.2010 60-90cm

ZUSAMMENFASSUNG

<i>Gruppen</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Summe</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Varianz</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>
VI 60-90	4	26,5035369	6,62588423	2,45340974	2,890826403
VII 60-90	4	33,0279897	8,25699743	2,13237539	<i>kritischer F-Wert</i>
VIII 60-90	4	34,4342506	8,60856264	0,06004351	4,256494729

Anhang / Tabelle 15

Statistische Auswertung der Bodenfeuchte am 08.11.2009 (Quelle: Eigene Bearbeitung).

Anova: Einfaktorielle Varianzanalyse 08.11.2010 0-30cm

ZUSAMMENFASSUNG

<i>Gruppen</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Summe</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Varianz</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>
VI 0-30	4	44,6925004	11,1731251	0,68123687	0,081406035
VII 0-30	4	44,0744986	11,0186247	2,28417528	<i>kritischer F-Wert</i>
VIII 0-30	4	43,3397154	10,8349289	1,26010343	4,256494729

Anova: Einfaktorielle Varianzanalyse 08.11.2010 30-60cm

ZUSAMMENFASSUNG

<i>Gruppen</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Summe</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Varianz</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>
VI 30-60	4	40,0307432	10,0076858	1,65334948	0,192756647
VII 30-60	4	42,108724	10,527181	2,18904219	<i>kritischer F-Wert</i>
VIII 30-60	4	41,077988	10,269497	0,35794525	4,256494729

Anova: Einfaktorielle Varianzanalyse 08.11.2010 60-90cm

ZUSAMMENFASSUNG

<i>Gruppen</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Summe</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Varianz</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>
VI 60-90	4	30,1965291	7,54913228	6,40078348	0,848690134
VII 60-90	4	35,2929804	8,8232451	2,0650318	<i>kritischer F-Wert</i>
VIII 60-90	4	36,0617023	9,01542558	0,51346391	4,256494729

Anhang / Tabelle 16

Statistische Auswertung der Bodenfeuchte am 22.11.2009 (Quelle: Eigene Bearbeitung).

Anova: Einfaktorielle Varianzanalyse 22.11.2009 0-30cm

ZUSAMMENFASSUNG

<i>Gruppen</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Summe</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Varianz</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>
VI 0-30	4	46,535266	11,6338165	1,20095482	0,377391422
VII 0-30	4	44,5809144	11,1452286	0,77552685	<i>kritischer F-Wert</i>
VIII 0-30	4	46,2228276	11,5557069	0,2138792	4,256494729

Anova: Einfaktorielle Varianzanalyse 22.11.2009 30-60cm

ZUSAMMENFASSUNG

<i>Gruppen</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Summe</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Varianz</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>
VI 30-60	4	43,2641329	10,8160332	2,44429562	0,122311855
VII 30-60	4	43,7383888	10,9345972	0,88208254	<i>kritischer F-Wert</i>
VIII 30-60	4	44,8907772	11,2226943	0,96479323	4,256494729

Anova: Einfaktorielle Varianzanalyse 22.11.2009 60-90cm

ZUSAMMENFASSUNG

<i>Gruppen</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Summe</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Varianz</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>
VI 60-90	4	39,7068301	9,92670753	3,52824708	0,560255354
VII 60-90	4	42,373583	10,5933957	0,7845072	<i>kritischer F-Wert</i>
VIII 60-90	4	43,2275404	10,8068851	0,20219918	4,256494729

Anhang / Tabelle 17

Statistische Auswertung der Bodenfeuchte am 13.12.2009 (Quelle: Eigene Bearbeitung).

Anova: Einfaktorielle Varianzanalyse 13.12.2009 0-30cm

ZUSAMMENFASSUNG

<i>Gruppen</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Summe</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Varianz</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>
VI 0-30	4	48,7025795	12,1756449	1,98286334	0,023973327
VII 0-30	4	49,1084168	12,2771042	1,73569341	<i>kritischer F- Wert</i>
VIII 0-30	4	48,4069004	12,1017251	0,16208645	4,256494729

Anova: Einfaktorielle Varianzanalyse 13.12.2009 30-60cm

ZUSAMMENFASSUNG

<i>Gruppen</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Summe</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Varianz</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>
VI 30-60	4	40,7786727	10,1946682	1,86944925	1,411517005
VII 30-60	4	37,4460402	9,36151006	5,17891253	<i>kritischer F- Wert</i>
VIII 30-60	4	45,0818625	11,2704656	0,73844343	4,256494729

Anova: Einfaktorielle Varianzanalyse 13.12.2009 60-90cm

ZUSAMMENFASSUNG

<i>Gruppen</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Summe</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Varianz</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>
VI 60-90	4	38,4186298	9,60465746	2,9656259	0,524216583
VII 60-90	4	42,9947561	10,748689	1,37842845	<i>kritischer F- Wert</i>
VIII 60-90	4	39,1922877	9,79807193	4,2397651	4,256494729

Anhang / Tabelle 18

Statistische Auswertung der Bodenfeuchte am 21.03.2010 (Quelle: Eigene Bearbeitung).

Anova: Einfaktorielle Varianzanalyse 21.03.2010 0-30cm

ZUSAMMENFASSUNG

<i>Gruppen</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Summe</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Varianz</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>
VI 0-30	4	55,0552149	13,7638037	1,33788754	0,652867288
VII 0-30	4	53,8204033	13,4551008	1,26102892	<i>kritischer F-Wert</i>
VIII 0-30	4	52,0151271	13,0037818	0,08652887	4,256494729

Anova: Einfaktorielle Varianzanalyse 21.03.2010 30-60cm

ZUSAMMENFASSUNG

<i>Gruppen</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Summe</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Varianz</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>
VI 30-60	4	44,9974396	11,2493599	4,58673814	0,04491231
VII 30-60	4	47,4487944	11,8621986	38,4281844	<i>kritischer F-Wert</i>
VIII 30-60	4	48,0712108	12,0178027	1,08382166	4,256494729

Anova: Einfaktorielle Varianzanalyse 21.03.2010 60-90cm

ZUSAMMENFASSUNG

<i>Gruppen</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Summe</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Varianz</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>
VI 60-90	4	45,655573	11,4138932	2,08363657	0,375348625
VII 60-90	4	46,7215999	11,6804	1,04916471	<i>kritischer F-Wert</i>
VIII 60-90	4	43,3089539	10,8272385	2,95793198	4,256494729

Anhang / Tabelle 19

Statistische Auswertung der Bodenfeuchte am 05.04.2010 (Quelle: Eigene Bearbeitung).

Anova: Einfaktorielle Varianzanalyse 05.04.2010 0-30cm

ZUSAMMENFASSUNG

<i>Gruppen</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Summe</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Varianz</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>
VI 0-30	4	42,4552308	10,6138077	1,03009715	0,052850778
VII 0-30	4	42,8638029	10,7159507	1,79966067	<i>kritischer F-Wert</i>
VIII 0-30	4	43,3858367	10,8464592	0,2578925	4,256494729

Anova: Einfaktorielle Varianzanalyse 05.04.2010 30-60cm

ZUSAMMENFASSUNG

<i>Gruppen</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Summe</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Varianz</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>
VI 30-60	4	41,6843523	10,4210881	3,13349959	0,164223982
VII 30-60	4	42,8686398	10,7171599	1,41678839	<i>kritischer F-Wert</i>
VIII 60-90	4	43,9242618	10,9810654	1,18431068	4,256494729

Anova: Einfaktorielle Varianzanalyse 05.04.2010 60-90cm

ZUSAMMENFASSUNG

<i>Gruppen</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Summe</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Varianz</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>
VI 60-90	4	37,9154127	9,47885317	2,86351952	3,327537591
VII 60-90	4	46,1718754	11,5429689	0,62734208	<i>kritischer F-Wert</i>
VIII 60-90	4	43,6458405	10,9114601	0,54319623	4,256494729

Anhang / Tabelle 20

Statistische Auswertung der Bodenfeuchte am 11.04.2010 (Quelle: Eigene Bearbeitung).

Anova: Einfaktorielle Varianzanalyse 11.04.2010 0-30cm

ZUSAMMENFASSUNG

<i>Gruppen</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Summe</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Varianz</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>
VI 0-30	4	38,853052	9,713263	1,35235223	1,356477729
VII 0-30	4	40,1709398	10,0427349	0,90471901	<i>kritischer F-Wert</i>
VIII 0-30	4	42,9930996	10,7482749	0,21637589	4,256494729

Anova: Einfaktorielle Varianzanalyse 11.04.2010 30-60cm

ZUSAMMENFASSUNG

<i>Gruppen</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Summe</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Varianz</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>
VI 30-60	4	34,4655298	8,61638245	3,79601965	2,752565691
VII 30-60	4	41,1990041	10,299751	1,04832454	<i>kritischer F-Wert</i>
VIII 30-60	4	43,1589074	10,7897269	0,82108431	4,256494729

Anova: Einfaktorielle Varianzanalyse 11.04.2010 60-90cm

ZUSAMMENFASSUNG

<i>Gruppen</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Summe</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Varianz</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>
VI 60-90	4	39,1121815	9,77804537	17,917757	0,479970275
VII 60-90	4	45,3617919	11,340448	0,70429449	<i>kritischer F-Wert</i>
VIII 60-90	4	44,9636314	11,2409079	0,50820323	4,256494729

Anhang / Tabelle 21

Statistische Auswertung der Bodenfeuchte am 18.04.2010 (Quelle: Eigene Bearbeitung).

Anova: Einfaktorielle Varianzanalyse 18.04.2010 0-30cm

ZUSAMMENFASSUNG

<i>Gruppen</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Summe</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Varianz</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>
VI 0-30	4	17,7513584	4,437839599	1,381114065	3,900124353
VII 0-30	4	21,4593913	5,364847824	3,658271698	<i>kritischer F-Wert</i>
VIII 0-30	4	29,9948961	7,498724025	2,540775288	4,256494729

Anova: Einfaktorielle Varianzanalyse 18.04.2010 30-60cm

ZUSAMMENFASSUNG

<i>Gruppen</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Summe</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Varianz</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>
VI 30-60	4	32,07769682	8,019424205	1,92999909	0,254374056
VII 30-60	4	29,41771902	7,354429755	3,287184729	<i>kritischer F-Wert</i>
VIII 30-60	4	27,88300562	6,970751405	8,063583598	4,256494729

Anova: Einfaktorielle Varianzanalyse 18.04.2010 60-90cm

ZUSAMMENFASSUNG

<i>Gruppen</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Summe</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Varianz</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>
VI 60-90	4	31,17145251	7,792863129	29,70730199	0,917264231
VII 60-90	4	34,29838195	8,574595487	8,965530067	<i>kritischer F-Wert</i>
VIII 60-90	4	19,61046619	4,902616548	10,27284653	4,256494729

Ich versichere, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit einschließlich beigefügter Tabellen, Abbildungen und Diagrammen selbstständig angefertigt und keine als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Alle Stellen, die dem Wortlaut oder dem Sinne nach anderen Werken entnommen sind, habe ich in jedem Falle unter genauer Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht.

Netzeband, den 13.09.2010

Wilken Holzhausen