

UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN



DEPARTMENT FÜR NUTZPFLANZENWISSENSCHAFTEN

ABTEILUNG PFLANZENBAU

DIPLOMARBEIT

**POTENTIALE DER UNTERFUSSDÜNGUNG IM
GETREIDEMULCHSAATVERFAHREN BEI
SOMMERGETREIDE AM BEISPIEL TRITICUM DURUM**

MICHAEL TREIBLMEIER

0740197

Masterstudiengang

Angewandte Pflanzenwissenschaften

Betreuer:

UNIV.PROF. DR. HANS-PETER KAUL

ASS.PROF. DR. HELMUT WAGENTRISTL

Wien, am 20.Juni 2013

Danksagung

Zu Beginn dieser Arbeit möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die zum Gelingen dieser Arbeit sowie zur Vollendung meines Studiums an der BOKU beigetragen haben.

Allen Voran darf ich mich bei meinen Eltern bedanken, die mir durch Ihre Unterstützung und ihr Vertrauen dieses Studium erst ermöglicht haben.

Diese Diplomarbeit ist in Zusammenarbeit mit der Firma Pöttinger und der VW Groß-Enzersdorf entstanden. So möchte ich mich auch bei der Firma Pöttinger, insbesondere bei Herrn Ing. Alois Kirchmayer, für die Bereitstellung der Prototyp Sämaschine und für die gute und freundliche Zusammenarbeit bedanken.

In gleicher Weise möchte ich auch Herrn Ass. Prof. Dr. Helmut Wagentristsl für die Bereitstellung der Fläche und für die hervorragende fachliche Unterstützung während der gesamten Versuchsdauer sowie beim Verfassen der Arbeit danken.

Auch möchte ich in diesem Teil allen Mitarbeiter der VW Groß-Enzersdorf, allen voran DI Pia Euteneuer, ein großes und herzliches Dankeschön für die nette und freundliche Unterstützung aussprechen.

Ein großes Dankeschön auch an meinen Betreuer Univ. Prof. Dr. Hans- Peter Kaul für die beratende Unterstützung bei der Auswertung sowie beim Verfassen der Arbeit.

Zu guter Letzt darf ich mich natürlich auch noch bei alle meinen Freunden für die schönen Stunden während des ganzen Studiums in Wien bedanken- es werden nicht die letzten sein!

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	12
2	Kenntnisstand	16
2.1	Begriffe	16
2.1.1	Konservierende Bodenbearbeitung	16
2.1.2	Mulchsaat	16
2.1.2.1	Mulchsaatvarianten mit Tiefenlockerung	17
2.1.2.2	Mulchsaat nach flachgründiger Bodenbearbeitung	17
2.1.3	Unterfußdüngung	19
3	Theoretische Grundlagen	22
3.1	Bedeutung des Stickstoffs für Boden und Pflanze	22
3.1.1	Allgemein	22
3.1.2	Stickstoffdynamik im Boden	22
3.1.3	Stickstoffmobilisierung	23
3.1.4	Stickstoff Mineralisierung	23
3.1.4.1	Ammonifikation	23
3.1.4.2	Nitrifikation	23
3.1.5	Stickstoffauswaschung	24
3.1.6	Wirkung der verschiedenen Stickstoff Formen	24
3.1.6.1	Nitrat und Ammonium	24
3.1.6.2	Stabilisierte N-Dünger:	24
3.1.6.3	Harnstoff	25
3.1.6.4	AHL- Ammoniumnitrat Harnstoff Lösung	26
3.1.6.5	Langsam wirkende Stickstoffdünger	26
3.2	Anforderungen der Sätechnik an die Unterfußdüngung	27
3.2.1	Düngerausbringung ohne räumliche Trennung zum Saatgut	27
3.2.2	Düngerausbringung mit räumliche Trennung zum Saatgut	28
3.2.3	Anmerkungen zum nötigen Abstand zwischen Dünger und Saatgut	29

3.2.4	Platzierungsmöglichkeiten des Düngers	30
3.2.5	Schare und technische Anforderungen zur Unterfußdüngung	31
4	Material und Methoden.....	33
4.1	Versuchsstandort Groß Enzersdorf.....	33
4.1.1	Großraum und Klima	33
4.1.2	Boden.....	36
4.2	Versuchsziele	37
4.3	Versuchsbeschreibung	38
4.3.1	Varianten:	38
4.3.1.1	Versuchsvariante 1: Einmalgabe der Dünger.....	38
4.3.1.2	Versuchsvariante 2: Zwei Düngergaben	39
4.3.1.3	Versuchsvariante 3: Drei Düngergaben	40
4.3.1.4	Versuchsvariante 4: Drei Düngergaben – Vorsaat	40
4.3.1.5	Versuchsvariante 5: Drei Düngergaben – Nachsaat	41
4.3.2	Düngerarten.....	41
4.3.2.1	NAC (Kalkammonsalpeter)	41
4.3.2.2	Harnstoff:.....	41
4.3.2.3	ENTEC	42
4.4	Versuchsplan.....	43
4.5	Versuchsdurchführung.....	46
4.6	Mulchsaatsämaschine Pöttinger TERRASEM C6 fertilizer	46
4.7	Messung und Erfassung der Versuchsparameter	50
4.7.1	Agronomische Parameter	50
4.7.2	Messung des Proteingehalts.....	51
4.7.3	Messung des Tausendkorngewichts	51
4.7.4	Messung der Parameter Kornzahl/Ähre, Ähren/Quadratmeter und Korn Stroh Verhältnis	51
4.7.5	Messung der Keimzahl	51
4.7.6	Messung der Bodenbedeckung	52

4.7.7	Auswertung und Verarbeitung der ermittelten Daten.....	53
5	Ergebnisse	55
5.1	Ertrag.....	57
5.1.1	Düngermenge zur Aussaat	57
5.1.2	Ausbringungsart	58
5.2	Feuchtigkeit	59
5.2.1	Düngermenge zur Aussaat	59
5.2.2	Ausbringungsart	60
5.3	Qualitätsparameter	61
5.3.1	Düngermenge zur Aussaat	61
5.3.2	Ausbringungsart	62
5.4	Agronomische Parameter	63
5.4.1	Tausendkorngewicht.....	63
5.4.2	Korn- Stroh Verhältnis	64
5.4.3	Keimzahl.....	65
5.4.3.1	Düngermenge zur Aussaat	65
5.4.3.2	Düngerart	66
5.5	Bodenbedeckung.....	67
5.5.1	Düngerart	67
6	Diskussion.....	70
6.1	Einfluss der Unterfußdüngung mit verschiedenen Düngerarten auf den Ertrag und ausgewählte agronomische Parameter.....	70
6.2	Einfluss verschiedener Düngerarten und verschiedenen Düngermengen zur Aussaat bei Unterfußapplikation auf den Ertrag und weitere ausgewählte agronomische Parameter.....	72
7	Zusammenfassung.....	73
8	Abstract.....	75
9	Literaturverzeichnis	77

1 Einleitung

Die Landwirtschaft unterliegt in den letzten Jahren stetigem Wandel und wird durch ökonomische, politische oder ökologische Veränderungen immer wieder vor neue Herausforderungen gestellt. Durch sich verändernde klimatische Bedingungen und eine steigende Weltbevölkerung, kommt der gesicherten Nahrungsmittelproduktion in Zukunft eine immer größere Bedeutung zu. Der folglich höheren Nachfrage an Lebensmittel steht eine steigende Flächenverbauung und vermehrte Wetterextreme mit Trockenheit, Starkregen oder Hagel entgegen. Gerade aus diesen Gründen bedarf es neuer Strategien und Denkweisen um diesen Anforderungen gerecht zu werden. Es gilt die möglichen Potentiale möglichst voll auszuschöpfen und die Pflanzenproduktion möglichst effizient zu gestalten und zu steuern.

Durch die zunehmende Weltbevölkerung muss auch die Agrarproduktion gesteigert werden um ausreichend Nahrungsmittel bereitstellen zu können. Dies kann zum einen durch einen produktivere und effizientere landwirtschaftliche Produktion erreicht werden oder zum anderen durch Flächenausweitung. In vielen Gebieten der Erde werden gerade durch diese Ausweitung, durch Raubbau und Flächenrodungen schwerwiegende Eingriffe in die Ökologie durchgeführt. Zudem würde eine Erhöhung des Mineraldüngereinsatzes notwendig werden. Derartige Leistungen sind nur unter Einbeziehung und Anwendung der aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisse, des technischen Fortschrittes und unter gleichzeitiger Schonung der Produktionsgrundlagen möglich. (vgl. Lütke Entrup und Oehmichen, 2000)

Diese Arbeit soll einen Beitrag liefern um neue technische Erkenntnisse und Möglichkeiten wissenschaftlich zu prüfen und die Eignung neuer Verfahren und Techniken zu evaluieren.

Vor allem in ariden Gebieten spielt eine exakte Aussaat und eine effiziente Düngung eine wichtige Rolle. Der optimierte Einsatz von Düngemittel zum richtigen Zeitpunkt und in der richtigen Menge bringt ökonomische sowie ökologische Vorteile mit sich und trägt einen sehr wesentlichen Teil zum Ernteertrag und zum Gewässer- und Grundwasserschutz bei. Die Vermeidung von Düngefehlern durch exakte Ausbringung und Verminderung von Verlusten durch Auswaschung sind hier als Beispiele anzuführen. In den niederschlagsarmen Gebieten ist die Problematik der Auswaschung weniger hoch, als in den humiden Gebieten. Da hier jedoch oftmals das nötige Wasser fehlt, um die Dünger in Lösung und somit pflanzenverfügbar zu machen, ist das Augenmerk auf die gasförmigen Verluste zu richten. Eine Möglichkeit um diesen Verlusten entgegen zu wirken ist, die Düngemittel unter der Erdoberfläche zu positionieren.

Beim Maisanbau wird diese Technik schon seit vielen Jahren erfolgreich praktiziert. Beim Getreideanbau wurde dieser Technik bisher eher nur untergeordnete Bedeutung beigemessen. Dies lässt sich wohl auch damit begründen, dass der Großteil des in Österreich angebauten Getreides als Wintergetreide im Herbst ausgesät wird. Die Jugendentwicklung von Wintergetreide läuft meist unter kühleren Bedingungen bei ausreichender Feuchtigkeit ab. Bis zum Winter erreichen die Bestände nur Entwicklungsstadien im Bereich der Bestockung und nehmen daher verhältnismäßig wenig Stickstoff auf. Ein zur Saat ausgebrachter Dünger würde folglich nicht voll von der Pflanze verwertet werden können und ist somit dem Risiko der Auswaschung ausgesetzt.

Bei Sommergetreide hingegen, versucht man durch eine zeitige Saat die Restfeuchte im Boden aus dem Winter zu nutzen, um optimale Keimbedingungen zu schaffen. Mit einem zur Saat ausgebrachten Dünger versucht man für die Jungpflanzen optimale Bedingungen zu schaffen und gleichzeitig die Jugendentwicklung zu fördern. Eine rasche Jugendentwicklung wird meist von einer besseren Wurzelentwicklung begleitet. Diesen Effekt versucht man zu nutzen, um den Beständen stärkere Toleranz gegenüber trockenen Bedingungen zu verschaffen.

Solche Überlegungen haben die Firma Pöttinger veranlasst, Weiterentwicklungen in ihrem Produktprogramm im Bereich der Sätechnik vorzunehmen. Sie hat im Jahr 2011 die Mulchsaatsämaschine TERRASEM C6 fertilizer als Neuheit präsentiert. Pöttinger hat in die bereits bestehende Produktserie der Mulchsaatsämaschinen TERRASEM ein Modul zur Unterfußdüngung adaptiert. Der Einsatz der Technik der Unterfußdüngung ermöglicht zeitgleiches Ausbringen und getrenntes Positionieren von Saatgut und Düngemitteln. Damit können optimale Wachstumsbedingungen in der Jugendphase der Pflanzen geschaffen werden und folglich die Kornerträge gesteigert werden.(Pöttinger, 2011)

Durch bestehende Kontakte der Firma Pöttinger zur Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf (VWG) wurde angeregt, dieses neue Verfahren im Rahmen einer Diplomarbeit zu evaluieren. Die Arbeit sollte Informationen zu Potentialen und Möglichkeiten dieses Verfahrens bringen und die Vorteile hierfür aufzeigen. Zu diesem Zwecke wurde der VW Groß Enzersdorf zur Versuchsdurchführung eine Prototyp Maschine zu Verfügung gestellt.

Im Rahmen dieses Projekts, konnte die vorliegende Masterthesis zu diesem Thema verfasst werden. Dabei sollten folgende Fragestellungen mittels eines Feldversuchs beantwortet werden.

– Wird der Ertrag und weitere agronomische- sowie Qualitätsparameter von der Ausbringungsart verschiedener Düngerarten beeinflusst?

- Wird der Ertrag und weitere ausgewählte agronomische- sowie Qualitätsparameter bei einer Unterfußdüngung von verschiedenen Düngerarten, bzw. Düngermengen zur Aussaat beeinflusst?

2 Kenntnisstand

2.1 Begriffe

2.1.1 Konservierende Bodenbearbeitung

„Typisches Kennzeichen dieses Verfahrens ist die etwas flachere, nicht wendende Bodenbearbeitung mit verschiedenen Bauformen mit Schälgrubbern, Flügelschargrubbern oder Lockerungspflug. Der Boden wird lediglich mehr oder minder grob aufgebrochen und vorhandene Pflanzenreste, Unkräuter, etc. flach eingemischt. Zum Teil verbleiben sie auf der Bodenoberfläche und schützen diese wirksam gegen Witterungseinflüsse“.(Köller, 1991)

„Der Grundgedanke der konservierenden Bodenbearbeitung ist das Belassen der Pflanzenzreststoffe der Vorfrucht oder Zwischenfrucht an der Bodenoberfläche. Diese Mulchschicht trägt zu einer möglichen ganzjährigen Bodenbedeckung bei, schützt vor Wasser und Winderosion und beugt Verschlämmung vor. In der Regel wird nach der Vorfrucht eine Stoppelbearbeitung durchgeführt“.(Lütke Entrup and Oehmichen, 2000)

2.1.2 Mulchsaat

Unter dem Begriff Mulchsaat wird die Einsaat einer Hauptkultur oder Zwischenfrucht in einen Boden verstanden, welcher mit Pflanzenresten der Vorfrucht noch teilweise bedeckt ist. Das Mulchmaterial (Pflanzenreste) liegt dabei an der Oberfläche des Saatbetts bzw. ist zum Teil mit der obersten Bodenschicht vermischt.

– Bei einer nicht wendenden Bodenbearbeitung kann eine Lockerung bis 15 cm Bodentiefe vorgenommen werden. Im Vordergrund dieses Arbeitsganges steht jedoch die intensive Einmischung der Stoppel bzw. Pflanzenrückstände mit dem oberen Bodenhorizont um den Rotteprozess einzuleiten. Zur Schaffung geeigneter Keimbedingungen für die Folgefrucht, kann eine weitere flache Bodenbearbeitung folgen (Saatbettbereitung). Die Bodenbearbeitung kann die gesamte Fläche betreffen oder im sogenannten „Strip till“ Verfahren nur streifenweise vorgenommen werden.

– 30 bis 70 % der Pflanzenrückstände sollen an der Bodenoberfläche verbleiben (Stroh, Gründüngung). Diese Rückstände bilden eine Mulchdecke an der Bodenoberfläche und schützen den Boden vor unproduktiver Verdunstung. Weiters haben Sie strukturelle Wirkung, schützen vor Bodenerosion und wirken förderlich für die biologische Aktivität des Bodens.

- Durch den Einsatz von nicht wendenden Bodenbearbeitungsgeräten wie Grubber, Scheibenegge, Zinkeneggen oder Kreiseleggen wird das Bodengefüge weitestgehend intakt gelassen.

2.1.2.1 Mulchsaatvarianten mit Tiefenlockerung

Viele Standorte sind durch Böden gekennzeichnet, welche mehr oder weniger stark auf Verdichtungen reagieren. Ungünstige Bodenstrukturen und Verdichtungen können die Entwicklung der Folgekultur beeinträchtigen und erfordern dadurch eine mechanische Bearbeitung. In diesem sind Verfahren vorzuziehen, welche eine tiefe Lockerung und Durchlüftung tieferer Bodenschichten mit der Schnelligkeit und Einfachheit der flachgründigen Bodenbearbeitung verbinden.

Als geeignetes Gerät, um diese Anforderungen zu erfüllen, soll der Grubber genannt werden. Der Grubber kann in verschiedenen Arbeitstiefen eingesetzt werden. Durch den Grubber werden Bodenstrukturen und Verdichtungen aufgebrochen und das Mulchmaterial mit dem Boden vermischt. Durch die Verwendung verschiedener Schartypen kann das Bearbeitungsergebnis zwischen Lockern, Mischen und Aufbrechen des Bodens beeinflusst werden.

Für die anschließende Saatbettbereitung steht mehrere Geräte zu Verfügung, welche je nach Bodenzustand- und typ ausgewählt werden können. Eine flache Bearbeitung, verbunden mit einer Einebnung der Bodenoberfläche, steht hier im Vordergrund.

2.1.2.2 Mulchsaat nach flachgründiger Bodenbearbeitung

Der Boden wird hier, je nach Bodenzustand bis maximal 10 cm Bodentiefe bearbeitet. Auf eine Lockerung in der Tiefe wird verzichtet. Hierbei kommt es zu einer Einmischung der Pflanzenrückstände in die oberste Bodenschicht.

Bei der flachen Mulchsaat wird unter Bodenbearbeitung in erster Linie die Stoppelbearbeitung verstanden (Förderung der Strohrotte, Keimung von Ausfallgetreide und Unkraut, Krankheitsvermeidung).

In wie weit eine anschließende Bodenbearbeitung notwendig ist, hängt vom Bodentyp, den Klimaverhältnissen, sowie der angebauten Kultur oder Zwischenfrucht ab.

2.1.2.2.1 Flachgründige Mulchsaat mit Saatbettbearbeitung

An Standorten, wo Böden schlecht abtrocknen, oder sich schlecht erwärmen ist vor oder direkt bei der Aussaat noch eine Saatbettbereitung mittels Einzelgeräten oder kombinierten Geräten erforderlich.

2.1.2.2.2 Flachgründige Mulchsaat ohne Saatbettbereitung

An erosionsgefährdeten Standorten kann auf eine Saatbettbereitung verzichtet werden. Dadurch verringert sich die Bodenbelastung durch Fahrspuren, das Mulchmaterial an der Bodenoberfläche trägt zu einer stabilen Bodenstruktur bei und verringert die Erosionsgefahr. (<http://www.ohnepflug.de/>, 2012)

Tabelle 1: Definition und Zielsetzung der Mulchsaat (Sommer et al., 1981)

Teilbereich	Mulchsaat		
Bezeichnung	Mulchsaat mit Saatbettbereitung		Mulchsaat ohne Saatbettbereitung
Definition	Ganzflächig, flach eingearbeitete Reststoffe der Vor- oder Zwischenfrucht	Streifenförmig, flach eingearbeitete Reststoffe der Vor- oder Zwischenfrucht	Belassen von Reststoffen der Vor- oder Zwischenfrucht auf der Bodenoberfläche
Ziel	Bodenruhe, Bodenbedeckung Vorbeugung von Verschlämmung u. Erosion Kosteneinsparung		
Sätechnik	Herkömmliche Techniken und Weiterentwicklungen (Rollschare, Säscharre u.a.)		Schneiden bzw. bandbreites Räumen vor herkömmlichen Techniken, Scheibensäscharre

2.1.3 Unterfußdüngung

Neben der breitflächigen Verteilung des Düngers auf den Boden oder der Kultur stellt die Unterfuß – und Reihendüngung eine mögliche Alternative dar. Mit der gleichzeitigen Ausbringung von Saatgut und Dünger erfolgt eine exakte Platzierung des Düngers neben dem Saatkorn. Die Unterfußdüngung hat sich vor allem auf ungünstigen Standorten bewährt. In erster Linie wird diese bei Mais eingesetzt und fördert hier die Jugendentwicklung der Pflanze und führt zu einer gleichmäßigeren Abreife.(Schön, 1998)

Auch bei der Phosphordüngung wird mit Unterfußtechniken gearbeitet. In Mais wird dadurch angestrebt, der jungen Wurzel ein möglichst gute, und nahe Versorgung mit gelöstem Phosphat zu verschaffen.(Schilling, 2000)

Bei der Unterfußdüngung werden den jungen Pflanzen in direkter räumlicher Umgebung Nährstoffe bereitgestellt. Das Risiko von Mangelercheinungen wird dadurch verringert und zugleich die Jugendentwicklung gefördert.(KWS, 2012)

Sämaschinen mit integrierter Unterfußdüngungsmöglichkeit sind vor allem in Nordamerika verbreitet .(Heinzlmaier, 2003)

Wie aus oben angeführter Literatur ersichtlich waren die Autoren meist auf die Kulturart Mais beschränkt, wenn über das Thema Unterfußdüngung publiziert wurde. Die Thematik der Unterfußdüngung zu Getreide ist im europäischen Raum noch wenig verbreitet. Die Landtechnik-Industrie hat in den letzten Jahren diese Marktchance erkannt und bietet vermehrt Techniken an, um dieses Verfahren auch bei Getreide einsetzen zu können.

Vielfach wird in der Literatur der Begriff Unterfußdüngung auch mit dem Begriff CULTAN Düngung gleichgesetzt. Es soll hier aber angemerkt werden, dass es sich bei der CULTAN Düngung um ein gänzlich anderes Verfahren, mit anderen Grundsätzen handelt, und es gegenüber der Unterfußdüngung klar abzugrenzen ist.

„Bei der „CULTAN“- Düngung geht es nicht um die Wirkung verschiedener N- Dünger in Abhängigkeit ihrer platzierten Anwendung. Es geht bei der „CULTAN“- Düngung um die Abhängigkeit der hormonellen Steuerung des Wachstums und der Entwicklung der Pflanzen von der platzierten Düngung als Ammonium. Es geht dabei um die Berücksichtigung von Naturgesetzen, die bisher nicht bekannt waren. Dieses ist die Grundlage der „CULTAN“ Düngung, die von vielen offensichtlich noch nicht verstanden wird.

Der Begriff „CULTAN“ (Controlled uptake longterm ammonium nutrition) ist eindeutig. Er sieht weder Nitrat noch Harnstoff als begleitende N- Formen bei der platzierten Anwendung von Ammonium vor. Er besagt inhaltlich: Ammonium wird in einer Gabe als punkt- oder linienförmige Depots in den Wurzelraum der Pflanzen ausgebracht. Die Versorgung der

Pflanze erfolgt dann als Ammonium, das aufgrund seiner Phytotoxizität von den Pflanzen, entsprechend der Intensität ihres Wachstums, kontrolliert aufgenommen und in den Wurzelspitzen im Grenzbereich der Depots in den Stoffwechsel organischer N-Verbindungen übernommen wird“.(Sommer, 2008)

3 Theoretische Grundlagen

3.1 Bedeutung des Stickstoffs für Boden und Pflanze

3.1.1 Allgemein

Stickstoff ist ein wichtiger Produktionsfaktor und ist der Motor des Pflanzenwachstums. Im Durchschnitt werden 16- 20 kg Korn je kg N erzeugt (bei hohem Ertragsniveau etwa 10 kg Korn) gegenüber ~6 kg Korn je P_2O_5 bzw. 2,8 kg Korn je kg K_2O . Stickstoff gehört zu den Grundstoffen pflanzlichen Lebens. Er ist wesentlicher Bestandteil der Proteine und Proteide, des Chlorophylls, von Wirkstoffen (Vitaminen, Enzymen, Hormonen) und anderen. Pflanzeninhaltsstoffen. Stickstoff fördert das vegetative Wachstum.

Pflanzen haben einen erheblich höheren Bedarf an Stickstoff als an anderen Nährelementen. Die riesigen Vorräte von Stickstoff in der Luft sind für die Pflanzen selbst nicht nutzbar, sondern erst, wenn diese in Salzform für die Wurzel zur Verfügung stehen. Obwohl Stickstoff vielerorts nicht mehr Minimumfaktor ist, und auch eine Unterversorgung mit anderen Nährstoffen zu Mindererträgen führen kann, wird das Ausmaß der Pflanzenproduktion in Mitteleuropa in erster Linie durch die Höhe der N- Düngung sowie durch die Niederschlagsmengen und -verteilung während der Vegetationszeit bestimmt.

3.1.2 Stickstoffdynamik im Boden

Der Stickstoffvorrat im Boden schwankt zwischen 0,02 und 0.4 %. Er ist abhängig vom Standort und von der Bodennutzung und beträgt in einer 20 cm tiefen Krume etwa 900- 9000 kg/ha. Etwa 90- 95% des Bodenstickstoffes sind organisch im Boden gebunden, nur 5-10 % liegen in anorganischer Form vor. Der organisch gebundene Stickstoff liegt zu etwa 2/3 in Aminosäuren (Eiweiß) und als Amid- Stickstoff gebunden vor, der Rest in Aminoazuckern, Nucleinsäuren und heterozyklischen Huminsäuren. Anorganisch gebundener Stickstoff ist im Wesentlichen Ammonium- Stickstoff.

3.1.3 Stickstoffmobilisierung

Die Mineralisierung der N-haltigen Substanzen erfolgt auf mikrobiellem Wege. Die Mineralisierungsrate ist vom Humusgehalt, dem C/N Verhältnis und von den Lebensbedingungen der Mikroorganismen, insbesondere von der Bodentemperatur, abhängig. Ein enges C/N Verhältnis von 10- 15/1 fördert die N- Freisetzung, ein weiteres dagegen die Immobilisierung.

Erst bei Bodentemperaturen um +15° C ist eine genügende N- Mobilisierung von 1-2 kg N/ha und Tag zu erwarten. Auf Löss- und Schwemmlandböden wird ein erheblicher Teil an Stickstoff von den Tonmineralen als NH_4^+N gebunden und nachgeliefert.

3.1.4 Stickstoff Mineralisierung

Die Stickstoff Mineralisierung ist ein biochemischer Vorgang, der in eine Ammonifikation und eine Nitrifikation unterteilt wird.

3.1.4.1 Ammonifikation

In exothermer Reaktion wird aus Aminosäuren Ammoniak freigesetzt, das mit Wasser NH_4^+ - Ionen bildet.

Abbildung 1: Ammonifikation



An diesem biochemischen Prozess sind zahlreiche Bakterien und Pilze beteiligt, unter anderem *Bacillus cereus* var. *mycoides*, *Pseudomonas* Arten *Proteus vulgaris* und andere.

3.1.4.2 Nitrifikation

Die Nitrifikation ist ein aerober biochemischer Vorgang, bei dem Bakterien wie *Nitrosomonas europaea* Ammonium Stickstoff in Nitrit umwandeln, andere Bakterien wie *Nitrobacter winogradskyi* Nitrit in Nitrat.

Die Nitrifikation ist durch ständige Freisetzung von H^+ Ionen eine Bodenversauernde Reaktion. Da die beiden Bakterienarten gemeinschaftlich wirken, reichert sich kaum Nitrit im Boden an. Nach einer Harnstoffdüngung kann die Nitratbildung vorübergehend verzögert sein.

3.1.5 Stickstoffauswaschung

Als Folge der Nitrifikation gelangt das im Bodensickerwasser gelöste Nitrat, das von den Pflanzenwurzeln nicht aufgenommen wurde, in tiefere Bodenschichten und schließlich ins Grundwasser. Gefährdet ist besonders oberflächennahes Grundwasser.

Die Verlagerung von Stickstoff (Nitrat) aus der Krume in den von Pflanzenwurzeln erreichbaren Unterboden, wird als Einwaschung bezeichnet. Wird der Stickstoff durch Niederschlag oder Beregnung in das Grundwasser verlagert, spricht man von Auswaschung. Die Tiefe der N- Verlagerung ist von der Höhe der Niederschläge und von der Feldkapazität des Bodens abhängig. (Lütke Entrup and Oehmichen, 2006)

3.1.6 Wirkung der verschiedenen Stickstoff Formen

3.1.6.1 Nitrat und Ammonium

Nitrat und Ammonium sind zwei Stickstoff Formen, die von der Pflanze direkt aufgenommen werden können. Auch Harnstoff kann von der Pflanze direkt aufgenommen werden, jedoch wird dieser im Boden relativ rasch über Ammonium zu Nitrat umgewandelt. Die verschiedenen Harnstoffderivate der Langzeitdünger wie Isodur, Crotodur oder Ureaform müssen erst in eine der beiden Grundformen des Stickstoffs umgewandelt werden, ehe sie in der Pflanze die Funktion des Stickstoffs erfüllen können.

Die Stickstoffformen können nach ihrer Wirkungsgeschwindigkeit eingeteilt werden:

- Sofort wirkend (Nitrat),
- Verhalten wirkend (Ammonium < Harnstoff < stabilisierte N- Dünger),
- Langsam wirkend (Isodur, Crotodur, Ureaform, umhüllte Dünger).

3.1.6.2 Stabilisierte N-Dünger:

Ammonium wird im Boden durch Mikroben über Nitrit zu Nitrat umgewandelt. Bei 10 °C liegt nach acht Wochen mehr als die Hälfte des Ammoniaks als Nitrat vor. Damit wird Stickstoff beweglich und kann mit dem Sickerwasser verlagert werden. Durch Ammonium Stabilisatoren und Nitrifikationshemmer kann die Umwandlung über eine Zeitspanne von vier bis acht Wochen verzögert werden. In dieser Zeit ist der stabilisierte Stickstoff vor Auswaschung geschützt. Die Pflanzen können sich entweder von dem angelieferten Nitrat oder von dem im Boden vorhandenen Ammonium ernähren.

Gerade im Frühjahr haben Pflanzen mit langsamer Jugendentwicklung, wie z.B.: Kartoffeln, Mais oder Zuckerrüben, nur einen geringen Nährstoffbedarf. Vom ausgebrachten Dünger wird nur ein Teil aufgenommen, sodass die Gefahr der Verlagerung aus dem Wurzelbereich gegeben ist.

Erst mit zunehmender Temperatur werden die Mikroorganismen im Boden aktiviert und bauen den Stabilisator ab. Nitrat wird weiterhin nachgeliefert. Der Vorgang ist temperaturabhängig und verläuft konform zum Wachstum. Nach etwa sechs Wochen ist die stabilisierende Wirkung abgebaut. Jetzt wachsen auch die Pflanzen intensiver und nehmen den stabilisierten Stickstoff auf. Durch die verzögerte Nitratbildung ergeben sich einige Vorteile:

- Die Ammonium betonte Ernährung verbessert die N- Effizienz
- Man kann N- Düngergaben zusammenlegen und entlastet dadurch den arbeitswirtschaftlichen Engpass im Frühjahr.
- Die Nitratauswaschung wird um etwa ein Drittel vermindert.

3.1.6.3 Harnstoff

Pflanzen nehmen Stickstoff in Form von Harnstoff auf, wenn er im Bodenwasser gelöst ist oder auf das Blatt gespritzt wird. Bei Temperaturen unter 10° C wird Harnstoff innerhalb von zehn bis 14 Tagen hydrolysiert, bei Temperaturen über 10° C verkürzt sich der Prozess auf sechs bis acht Tage. Im Boden wird Harnstoff über das Enzym Urease, das in allen Böden vorkommt, in NH_3 umgewandelt. Bei Trockenheit und hohen pH- Werten besteht die Gefahr, dass NH_3 gasförmig in die Luft entweicht. Das Verlustpotential kann über 30% hinausgehen und wird unter normalen Bedingungen mit etwa 10- 20 % angesetzt.

Zu Beginn der Umsetzung steigt der pH- Wert in unmittelbarer Nähe eines Harnstoffkornes an. Mit dem Ansteigen des pH – Werts nimmt die Gefahr der NH_3 Abgasung zu. Bei Trockenheit und pH- Werten über 7,0 kann Ammoniak dem Boden entweichen. Bei solchen Gegebenheiten, bedarf es bei der Anwendung von Harnstoff verschiedener Massnahmen. Die Einarbeitung in den Boden – wie z.B bei Gülle- sowie die Ausbringung auf feuchten Boden oder kurz vor einem Regen reduzieren das Risiko der NH_3 – Verluste erheblich. Urease Hemmstoffe werden zur Verminderung der Ammoniak- Verluste in den USA bei der Flüssigdüngung >>Agrotrain<< zur besseren N- Ausnutzung von Harnstoff eingesetzt.

3.1.6.4 AHL- Ammoniumnitrat Harnstoff Lösung

Sie setzt sich aus drei Stickstoffformen zusammen. Sie wird über Düsen, oder in hohen Beständen, über Schleppschläuche ausgebracht. Bei Einsatz von Düngerlösungen (AHL mit Flachstrahldüsen) in höheren Beständen, ist wegen der Verätzungsgefahr die N- Menge auf 40 kg N/ha zu begrenzen. Auch wenn mit dem Auge kein Schaden auf den Blättern sichtbar ist, findet man bei genauer Betrachtung unter dem Elektronenmikroskop eine Ablösung der Wachsschicht, die das vor einer stärkeren Verdunstung schützt. (Knittel et al., 2012)

Ammoniumnitrat und Harnstoff erhöhen in Wasser gegenseitig ihre Löslichkeit, sodass Lösungen mit bis zu 32% N hergestellt werden können. Dies entspricht einem Feststoffanteil von 80 %. Solch hochkonzentrierte Lösungen sind jedoch nur bis etwa 0° C kältestabil. Handelsübliches AHL wird meist mit einem Reinstickstoffanteil von 28 % angeboten, dieses kristallisiert auch bei minus 17°C nicht aus. Der ph- Wert liegt bei 7,0 - 7,5. Aufgrund der hohen Umwelttoxizität und Korrosivität ist die Verwendung dieser Düngeform an aufwändigere Auflagen für Ausbringung und Lagerung gebunden.

Ammoniumnitrat – Harnstoff – Lösung enthält je ein Viertel Nitrat- und Ammonium- sowie zur Hälfte Carbamidstickstoff. Das Masseverhältnis beträgt 4:3:3.

Die Ausbringung auf den Pflanzenbestand kann einerseits Vorteile durch die Aufnahme direkt über das Blatt haben, andererseits stehen hier aber die Risiken einer Blattverätzung gegenüber. Um solche Verätzungen zu vermeiden darf eine Reinstickstoffmenge von 40 kg N , dies entspricht 110l/ha, nicht überschritten werden.(Schilling, 2000)

3.1.6.5 Langsam wirkende Stickstoffdünger

3.1.6.5.1 Harnstoffderivate (Isodur, Crotodur, Ureaform u.a.)

Hierbei handelt es sich um Reaktionsprodukte von Harnstoff, die nicht sofort nach der Düngung verfügbar sind. Ammonium wird erst nach Aufspaltung der organischen Moleküle freigesetzt, sodass es die Pflanzen direkt oder nach Nitrifikation aufnehmen können. Mikroorganismen bauen die Moleküle in Abhängigkeit von Temperatur, Bodenfeuchte und Partikelgröße der Dünger ab. Die durchschnittliche Wirkung ist abhängig von der Molekülstruktur und kann bis über einem Zeitraum von ca. 4 Wochen anhalten

3.1.6.5.2 Umhüllte Dünger

Umhüllte Dünger sind mit einem wasserdurchlässigen Kunststoff überzogen. Wasser dringt in das Korn ein, löst die Düngersalze und die gelösten Stoffe diffundieren durch die Membran nach außen. Je nach Material und Dicke der Schicht kann sich die Diffusion über einen Zeitraum von drei bis zwölf Monaten hinziehen. Die einzelnen Typen werden je nach Wirkungsdauer als Drei- bis Vier- Monatstyp bezeichnet. (Knittel et al., 2012)

3.2 Anforderungen der Sätechnik an die Unterfußdüngung

Die Vorteile einer Düngung während der Saat liegen in erster Linie in einer exakten Platzierung der Nährstoffe, um den Keimling optimal zu versorgen. Als weitere Vorteile erweisen sich eine höhere Düngereffizienz und die Einsparung eines Arbeitsganges, was allerdings voraussetzt, dass der optimale Düngungstermin und der Saattermin nahezu übereinstimmen. (Baumann, 2001).

Um mögliche toxische Wirkungen auf den Keimling zu vermeiden, kann der Dünger getrennt vom Saatgut ausgebracht werden, dabei wird durch spezielle Saat- Düngerschare mit mehreren Austrittsöffnungen für die einzelnen Komponenten oder eigenen Düngerscharen diese räumliche Trennung bewerkstelligt. (Heinzlmaier, 2003)

3.2.1 Düngerausbringung ohne räumliche Trennung zum Saatgut

Bei dieser Ausbringungsform erfolgt die Mischung von Saatgut und Dünger schon im Saatgutvorratsbehälter (nur feste Dünger), dies ermöglicht eine gemeinsame Dosierung dieses Gemisches. Wird das Saatgut in einem getrennten Vorratsbehälter an der Sämaschine gelagert, bedarf es auch einer getrennten Dosierung. (Baumann, 2001)

Bei einem direkten Kontakt des Saatgutes mit dem Dünger, der bei dieser Ausbringungsform unvermeidbar ist, besteht das Risiko von Keimlingsschädigung entweder durch Düngertoxizität oder durch zu hohe Salzkonzentrationen. (Leduc und Hultgreen, 1999; No-till users` manual corn soybean rotation, 1993; Payton, Hyde und Simpson, 1985; Walker, 1983; Klepper, Rasmussen und Wickman, 1983; Wilkins et al., 1982; Domitruk und Catbree, 1997; Baker und Afzal 1986; Choudhary, Baker und Stiefel, 1988; Rainbow, 1998; alle in Baumann, 2001)

Generell ist die Düngertoxizität von folgenden Faktoren abhängig:

- Die Düngerart: Viele Stickstoff und Kalium Dünger neigen dazu, das Saatgut zu schädigen.

- Die Düngerform: Granulierte Dünger werden öfter direkt neben dem Saatgut platziert als Flüssigdünger. Trotz der einfacher Platzierung von Flüssigdünger mit kontrolliertem Abstand zum Saatgut, können beide Formen toxische Wirkung haben.
- Das Alter des Düngers: Frisches Superphosphat kann freie Schwefelsäure enthalten, welche sich über die Zeit am Saatgut ablagern kann.
- Der Bodenwassergehalt: Trockene Böden führen zu höheren Konzentrationen der Düngersalze in der Bodenlösung, welche das Saatkorn schädigen können. (Baker et al.; 2006)

Bei einer gemeinsamen Dosierung von Saatgut und Dünger, kann es auch zu einer Entmischung im Vorratsbehälter kommen, was zu einer nicht exakten Ausbringung von Saatmenge und Düngermenge führt. (Baumann, 2001)

3.2.2 Düngerausbringung mit räumliche Trennung zum Saatgut

Bei diesem Anbauverfahren muss der Dünger in zusätzlichen Behältern gelagert werden und bedarf auch spezieller Dosiermechanismen.

Bei modernen Mulchsaatsämaschinen mit integrierter Düngerausbringung liegt eine zentraler Saatgut und Düngertank vor. Durch eine räumliche Trennung mittels Zwischenklappe, kann die Mengenaufteilung zwischen Saatgut und Düngermenge variabel verstellt werden. Dies ermöglicht bei der Ausbringung von verschiedenen Düngern mit unterschiedlichen Reinnährstoffgehalten eine angepasste räumliche Aufteilung und führt so zu hoher Flächenleistung.

Bei weiteren Säsysteemen kann der Düngenvorratsbehälter auf einem Wagen mitgeführt werden bzw. von der Zugmaschine gezogen werden. (Yielder Pioneer Drills, 1991; Flexicoil Product Lineup, 1994, in: Baumann, 2001) Der Dünger kann durch Nocken- oder Zellenräder dosiert werden. Die Weiterleitung zu den Säscharen erfolgt bei den meisten Systemen auf pneumatische Weise. Bei der pneumatischen Weiterleitung ist auch auf eine kontinuierliche Vorfahrtgeschwindigkeit zu achten (Baumann, 2001), sofern diese nicht durch eine elektronische Datenverbindung (ISO BUS) mit der Zugmaschine synchronisiert ist bzw. durch diese geregelt wird.

3.2.3 Anmerkungen zum nötigen Abstand zwischen Dünger und Saatgut

Der erforderliche Abstand zwischen Dünger und Saatgut im Boden ergibt sich aus der Keimlingsschädigung aufgrund einer zu hohen Düngerkonzentration und hängt von der Reihenbreite, der Düngermenge, den Bodenverhältnissen und der Pflanzenart ab.(Heinzlmaier, 2003) Erfahrungen haben aber gezeigt, dass eine vertikale Trennung von Saatgut und Dünger optimal ist und dass der Mindestabstand dabei 50 mm betragen sollte.(Baker, 2006)

Es gibt viele Anbieter von Düngerscharen, die den Dünger ganz unterschiedlich positionieren. Daraus kann man schließen, dass keine allgemeingültige Faustregel zur optimalen Düngerablage, in Bezug zum Saatgut, existiert.(Heinzlmaier, 2003)

Bislang konnten keine Ertragsunterschiede zwischen den unterschiedlichen Varianten der Düngerplatzierung gefunden werden. Von größter Bedeutung hierbei ist, dass keine Keimlingsschädigungen auftreten. (Payton, Hyde, und Simpson,1985; Walker, 1983; Baker und Afzal, 1986; Choudhary, Baker und Stiefel, 1988; Baumann,2001; alle in Heinzlmaier,2003)

Zu beachten ist in erster Linie die mögliche Toxizität des Düngers, welche negative, bis sogar letale Auswirkungen auf den Keimling haben können. Ein Faktor der nicht außer Acht gelassen werden darf ist der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens. Collis-George und Loyd, (1979 in Baker, 1996) haben festgestellt, dass im bearbeiteten Boden (mit konservierender oder wendender Bodenbearbeitung) mit zunehmender Trockenheit die Schädigung der Keimlinge durch den Dünger im Vergleich zu einem feuchten Boden ebenfalls zunimmt. Baker und Afzal (1996, in: Baker et.al. 1996) untersuchten ob der Trend auch in unbearbeiteten Böden (Direktsaat) zu beobachten ist und lieferten folgende Ergebnisse:

Tabelle 2: Effekte der Düngerplatzierung und des Bodenfeuchtegehalts auf die Keimung von direkt gesättem Raps (Angabe der Keimung in %) (Baker et al., 1996)

Horizontale Trennung		Vertikale Trennung		Dünger u. Saatgut vermischt	
Trocken	Feucht	Trocken	Feucht	Trocken	feucht
89	81	64	90	58	85

Bei diesem Versuch wurde mit einem Cross – Slot Schar gearbeitet (Zinkenform), bei dem gleichzeitig Saatgut und Dünger ausgebracht wurden. Im feuchten Bodenzustand sind nur geringe Unterschiede feststellbar. Auffällig ist jedoch, dass in trockenen Böden bei

horizontaler Trennung zu Keimlingsschädigungen kam. Baker begründete diese Ergebnisse mit der besonderen Bauweise des Schares. (Baker and Saxton, 1996)

Es ist auch nicht ausgeschlossen, dass bei höherem Feuchtegehalt im Boden die reverse Osmose (Mechanismus, der den Keimling schädigt) verhindert wird. Das Ausmaß der Schädigung ist im Wesentlichen abhängig von der Düngerart und den Düngerkonzentrationen im Boden. Der Pflanzenart, der Bodenart und Bodenfeuchtigkeit sowie dem Gehalt an organischer Substanz. Im Besonderen besteht das Risiko einer Keimlingsschädigung bei feinkörnigem Saatgut wie Raps oder Senf, bei hohen Düngergaben, sandigen Böden mit geringem Humusgehalt und somit schwacher Sorption und Trockenheit. (Leduc und Hultgreen, 1999 in Baumann, 2001)

3.2.4 Platzierungsmöglichkeiten des Düngers

Wird der Dünger in gleicher Höhe neben dem Saatgut platziert, ist je nach Abstand bzw. Scharform ein eigenes Düngerablageschar erforderlich. Werden in diesem Falle zinkenförmige Schare eingesetzt, kommt es zu einer breiten, flachen und bandförmigen Bodenlockerung. (vgl. Baumann, 2001)

Weiter besteht die Möglichkeit der Düngerplatzierung unter dem Saatgut. Hier wird der Dünger meist in einer Schulter in der Düngerrillenseitenwand abgelegt. Dabei kommt es zu einer schmaleren und tieferen Bodenlockerung. (Baumann, 2001)

Die Düngerapplikation mit Kombinationsscharen bringt gegenüber der räumlich gemeinsamen Düngerausbringung den Nachteil eines höheren Zugkraftbedarfes durch breitere und aufwändiger konstruierter Schare und in der Folge einen höheren Investitionsbedarf mit sich.

Eine dritte Möglichkeit der Düngerplatzierung ist Ablage diagonal unter dem Saatgut. Diese Option lässt sich sehr gut mit dem Cross- Slot- Schar realisieren, das auf der einen Seite der zentralen Scheibe eines längeren Messerschars als auf der anderen Seite benötigt. Auf der tiefer arbeitenden Seite wird der Dünger ausgebracht, während auf der Seite mit dem kürzeren Scharmesser die Ablage des Saatgutes erfolgt (Baker, 1996 in Heinzlmaier, 2003)

Eine horizontale Trennung von 10 mm bringt nahezu die dieselben negativen Auswirkungen auf den Feldaufgang, wie eine vertikale Trennung von 20 mm. Im Gegensatz zur gemischten Variante von Saatgut und Dünger und auch zur vertikalen Trennung von 10 mm, hat die Variante der horizontalen Trennung von 20mm einen Vorteil. Baker und Afzal (1986, in: Baker et al. 1996) verwiesen jedoch auf keinen signifikanten Unterschied zwischen horizontaler bzw. vertikaler Trennung von 20 mm und der Nulldüngervariante bestehen, was

bestätigen soll, dass die Keimlinge keine Schaden davon getragen haben.(Heinzlmaier, 2003)

3.2.5 Schare und technische Anforderungen zur Unterfußdüngung

Vor unter Direktsaatbedingungen kommen Scheibenschare vermehrt zum Einsatz. Scheibenschare bringen eine hohe Funktionssicherheit (Baumann, 2001) und einen geringen Wartungsaufwand mit sich. Durch verschiedene Vorspanneinrichtungen kann auf die Scheibenschare ein begrenzter Druck veranschlagt werden, welcher es ermöglicht auch bei schwierigeren Säbedingungen (trockene Böden) in den Boden einzudringen. Durch diesen Vorspanndruck auf die Säscharre kann die exakte Ablagetiefe bei wechselnden Bodenbedingungen gut eingehalten werden.

Der Zugkraftbedarf bei der Saat- Düngungskombination, ergibt sich durch die Summierung des Zugkraftbedarfes der verwendeten Einzelschare. Bei einer Düngerplatzierung in einer Tiefe von 5cm, sind Scheibenschare aufgrund eines geringen Zugkraftbedarfs gegenüber Zinkenscharen deutlich leichtzügiger.

Eine weitere Applikationsmöglichkeit ist die oberflächliche Ausbringung des Düngers während der Saat. Die Technik betreffend müssen hier nur der Düngevorratsbehälter, die Düngedosierung und Verteilung über die Arbeitsbreite berücksichtigt werden. Der Zugkraftbedarf bleibt hierbei unverändert.(Baumann, 2001) Solche Verfahren werden im eigentlichen Sinn nicht mehr der Unterfußdüngung zugeordnet.

Die Kombination von Saat und Düngung stellt höhere Anforderungen an die Arbeitsorganisation als getrennte Arbeitsgänge. Um Schlagkraftverlust und Stehzeiten gering zu halten, muss die Logistik sowohl des Saatgutes als auch des Düngers optimiert werden.

Auch an die Verarbeitungsqualität der Sägeräte mit integrierter Düngung werden höhere Ansprüche gestellt. Vor allem in Bezug auf die hohe Korrosivität der Dünger müssen hier Materialien wie Edelstahl verwendet werden, welche eine entsprechende Nutzungsdauer der Maschinen gewährleisten können.

4 Material und Methoden

4.1 Versuchsstandort Groß Enzersdorf

4.1.1 Großraum und Klima

Der Versuch wurde auf den Flächen der Versuchswirtschaft BOKU in Groß Enzersdorf durchgeführt. Groß Enzersdorf liegt östlich von Wien in Kleinproduktionsgebiet Marchfeld bzw. im pannonischen Klimagebiet. Politisch gesehen gehört es zum Land Niederösterreich und fällt in den Verwaltungsbezirk Gänserndorf.

Das Marchfeld umfasst eine Fläche von 100.000 ha, welche im Süden von der Donau, im Osten von der March, Im Norden vom Hügelland des östlichen Weinviertels und im Westen vom Bisamberg- Zug begrenzt wird. 74 % der Fläche werden landwirtschaftlich genutzt. Wiesen und Weiden haben aufgrund der trockenen klimatischen Bedingungen nur geringe Bedeutung (Szalay, 2003).

Die VW Groß Enzersdorf wird als Marktfruchtbetrieb konventionell geführt. Hiervon werden 26 ha biologisch bewirtschaftet. Sie steht allen experimentell arbeitenden Disziplinen der Agrarwissenschaften an der BOKU für die Durchführung von Forschungsvorhaben zur Verfügung. Die Gesamtfläche von 142,9 ha teilen sich auf 139,5 ha landwirtschaftliche Nutzfläche, 17,9 ha Versuchsflächen und 3,6 ha Flächen und Wege auf. Die klimatischen Verhältnisse in Groß Enzersdorf sind durch stark variierende Temperaturen im Jahreswechsel charakterisiert. Langen, heißen und trockenen Perioden im Sommer folgen oft kalte und schneereiche Winter. Durch die offene Lage wird der Schnee oft verfrachtet.

Die mittlere Jahrestemperatur beläuft sich auf 9,8° C. Die Vegetationsgebiet ist am Versuchsstandort mit 250 Tagen über 5 ° C eher lang. (Bauer, 2000)

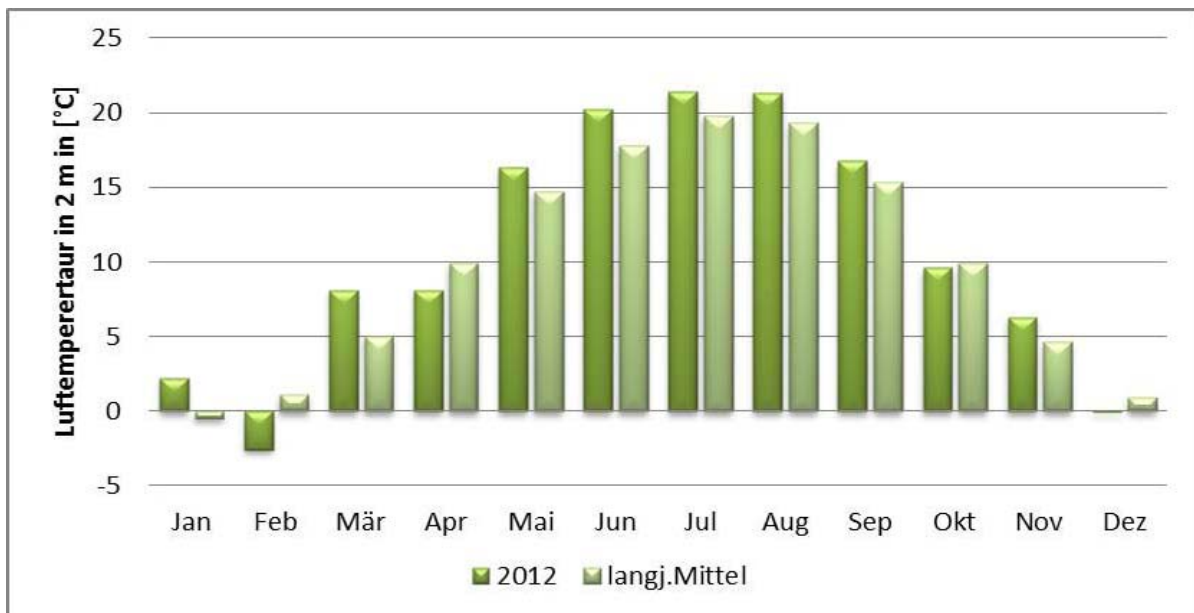


Abbildung 2: Lufttemperatur in 2 m gemessen in [°C], Messstelle Raasdorf

Im Sommer ist häufig mit Gewittern verschiedener Intensitäten zu rechnen. Die Niederschläge unterliegen sehr starken jährlichen Schwankungen und liegen im langjährigen Mittel bei 572 mm. (Abb. 2)

Im gesamten Versuchsjahr fielen am Standort lediglich 415 mm Niederschlag, somit lag das Jahr um 157 mm unter dem langjährigen Mittel und ist so als extrem trockenes Jahr zu charakterisieren.

Der Großteil der Niederschläge fällt auf die Sommermonate, wobei das Frühjahr meist durch Trockenheit gekennzeichnet ist. Besonders erwähnenswert ist die Zahl der Niederschlagstage. Lediglich ein Tag im Jahr, betrachtet im langjährigen Schnitt, bringt mehr als 40 mm, 5 Tage mehr als 20 mm, jedoch 90 Tage zwischen 0 und 5 mm. (Bauer, 2000)

Im Versuchsjahr 2012 lagen auch diese Werte weit unter jenen des langjährigen Mittels. Es konnte keine Tagesniederschlagswerte aufgezeichnet werden, an denen mehr als 20 mm bzw. 40 mm gefallen sind. An 26 Tagen fielen über 5 mm und an 40 Tagen über 3mm.

Tabelle 3: Niederschlagsmenge in [mm], Messstelle Raasdorf

	2012	langj. Mittel
Janner	36	72
Februar	9	30
März	13	35
April	26	41
Mai	28	57
Juni	49	71
Juli	88	65
August	39	57
September	29,20	47
Oktober	49,80	38
November	16,00	42
Dezember	32,20	34

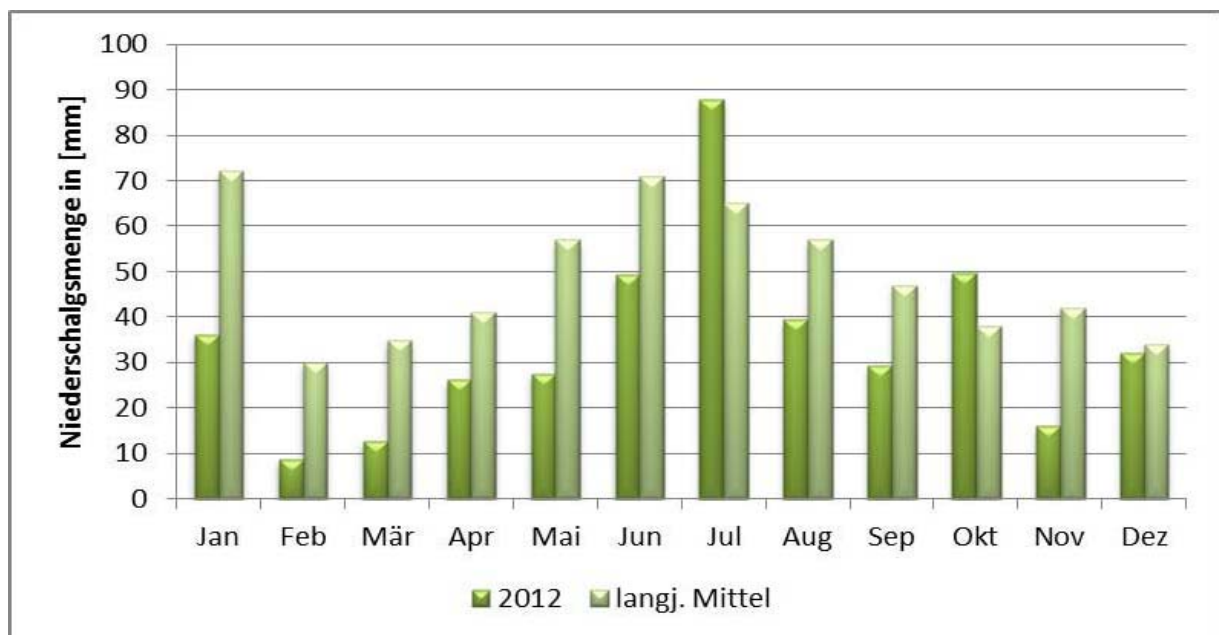


Abbildung 3: Niederschlagsmenge in Groß Enzersdorf im Monatsmittel in [mm] im Jahr 2012 im Vergleich zum langjährigen Mittel, Messstelle Raasdorf.

4.1.2 Boden

Die Landschaftsform des Marchfeldes bildet sich aus eizeitlichen Schotterterrassen mit Auflagen aus Feinsediment.

Bei den Böden am Versuchsstandort handelt es sich um den Bodentyp Tschernosem, der aus kalkhaltigem Feinsediment entstanden ist. Der Begriff „Tschernosem“ stammt vom russischen Namen für „schwarze Erde“ der Ukraine und wird als einer der ältesten Bodennamen auch international gebraucht. Charakteristisch für diese Böden ist die hohe Fruchtbarkeit und Leistungsfähigkeit, die gute Durchwurzelbarkeit der gute Lufthaushalt (poröses Krümelgefüge) eine optimale Wasserkapazität. Auf einem Quadratmeter Tschernosem können bis zu 20 l Wasser je dm Bodenschicht pflanzenverfügbar gespeichert werden. (Hartge, 1992 in Szalay, 2003)

Das Versuchsfeld grenzt südöstlich gelegen direkt an die Wirtschaftsgebäude der Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf an. Bei den vorherrschenden Böden handelt es sich um Schwemmlandböden der Donau, welche aus Auland hervorgegangen sind. Die Böden sind tiefgründig und weisen einen hohen Schluffanteil auf (64,1 %). Der Humusgehalt im Ap-Horizont schwankt zwischen 2,6 und 3,2 % bis in 25 cm Tiefe. Der Boden ist stark lehmig, mäßig bis stark kalkhaltig und zeigt schwach alkalische Reaktionen (pH- Werte zwischen 7,4 und 7,7). Der Ac -Horizont weist eine Mächtigkeit von 45 cm auf besteht vorwiegend aus Schwemmlöss. Eine weitere, ockerfarbige Schicht aus Schwemmlöss bildet den C- Horizont bis in eine Tiefe von 80 cm, worauf der D- Horizont mit stark wechselnden Schotter folgt.(Bauer, 2000)

Tabelle 4 : Ausgewählte Bodenkennwerte von 0-15 cm und 0- 100 cm Bodentiefe. (Bauer, 2000)

Wassersättigung	45 Vol. %	Rohton	25 %
Feldkapazität	3 Vol. %	Feinsand	10 %
Permanenter Welkepunkt	17 Vol. %	Schluff	64 %
Nutzbares Wasserspeichervermögen	18 Vol. %	Grobsand	1 %



Abbildung 4: Luftaufnahme VW Groß Enzersdorf mit Versuchsfeld. (google, 2013)

4.2 Versuchsziele

Der Versuch soll Ergebnisse über die Auswirkungen von verschiedenen Düngestrategien mit verschiedenen Düngermengen bringen und dabei die Potentiale der Unterfußdüngung bei Durum-Weizen aufzeigen. Mit den gewonnen Ergebnissen kann eine umfassende Gesamtevaluierung dieses Verfahren interpretiert werden. Die Ergebnisse lassen folglich eine Beurteilung der Potentiale und Arbeitsqualität der *Terrasem F6- fertilizer* zu.

Es ergeben sich folgende konkrete Fragestellungen, die durch den Versuch beantwortet werden sollten:

- Bringt die Anwendung der Unterfußdüngung bei Sommergetreide höhere Erträge?
- Welche Dünger bzw. Düngermengen zur Aussaat bringen bei UFD die höchsten Ertragszuwächse?

Alle Fragestellungen können nicht nur auf den Ertrag in [kg/ha] angewendet werden, sondern wurden im Zuge der Versuchsdurchführung auch für folgende weitere agronomische Parameter beantwortet:

- Ertrag (kg/ha)
- Feuchtigkeit (% H₂O)
- Hektolitergewicht (kg/100l)
- Protein (%)
- Ähren pro Quadratmeter
- Kornzahl pro Ähre
- Korn / Stroh Verhältnis
- Biomassezuwachs während der Jugendentwicklung

4.3 Versuchsbeschreibung

Der Versuch wurde als zweifaktorieller Parzellenversuch angelegt. Als Faktor 1 wurden die Auswirkungen verschiedener Düngermengen zur Aussaat, ausgebracht durch Unterfußapplikation, untersucht. Als Faktor 2 die Ausbringungsart des Düngers.

Für alle Varianten wurde eine Gesamtstickstoffgabe zur Vegetation 120 kg N angestrebt.

4.3.1 Varianten:

Im folgenden Teil soll der Aufbau der einzelnen Varianten und ihr Bezug zur den jeweiligen Faktoren beschrieben werden. Die Versuchsvarianten eins bis drei beziehen sich auf Faktor Düngermenge zur Saat und die Varianten vier und fünf auf den Faktor Ausbringungsart des Düngers.

4.3.1.1 Versuchsvariante 1: Einmalgabe der Dünger

Die Düngerarten wurden mittels des Düngedosierungsmodul der Prototypsämaschine als Einmalgabe mit Gesamt 120kg N/ha gleichzeitig mit dem Saatgut ausgebracht und in einem Düngedepot zwischen jeweils 2 Saatreihen unter dem Saatgut (5-8cm Bodentiefe) ausgebracht.

Tabelle 5: Versuchsvariante 1: Einmalgabe.

Menge – Düngerart	1.Gabe (Aussaat)	2. Gabe EC 30- 32	3. Gabe EC 49- 51
120 kg N/ha - NAC	120	0	0
120 kg N/ha - Harnstoff	120	0	0
120 kg N/ha - ENTEC	120	0	0

4.3.1.2 Versuchsvariante 2: Zwei Düngergaben

Die Düngergaben wurden auf zwei Teile gesplittet. Die erste Gabe erfolgt wie bei Variante 1 mit dem Düngedosierungsmodul der Prototypsämaschine in der Höhe von 80 kg N/ha (zwei Drittel des Gesamtstickstoffs). Die zweite Gabe wurde als Qualitätsdüngung bei ca. EC 49 zum Ährenschieben appliziert. Die zweite Düngergabe dieser Variante wird folglich im Versuch als dritte Gabe betrachtet, da diese, im Vergleich zu anderen Varianten, auch erst beim dritten Düngungstermin appliziert wurde. Als Düngerart wird bei der dritten Gabe nur noch NAC verwendet, da die Umsetzung von Harnstoff und ENTEC, abhängig von Temperatur und Bodenfeuchte, einen bestimmte Zeit in Anspruch nimmt und bei nicht optimalen Bedingungen, der Pflanze nicht mehr vollwertig zur Verfügung stehen könnte.

Tabelle 6: Versuchsvariante 2: Zwei Düngergaben.

Menge –Düngerart	1.Gabe (Aussaat)	2. Gabe EC 30- 32	3. Gabe EC 49- 51
120 kg N/ha - NAC	80	0	40
120 kg N/ha - Harnstoff	80	0	40 NAC
120 kg N/ha - ENTEC	80	0	40 NAC

4.3.1.3 Versuchsvariante 3: Drei Düngergaben

Die Gesamtdüngermenge von 120 kg N wurde auf 3 gleiche Teile aufgesplittet und wurde an drei Terminen appliziert. Die erste Gabe erfolgte mit der Prototypsämaschine *Terrasem f6 fertilizer* zur Saat, die zweite Gabe wurde zum Beginn des Schossens gegeben und die dritte Gabe wiederum als Spät-/ Qualitätsdüngung mit NAC gegeben.

Tabelle 7: Versuchsvariante 3: Drei Düngergaben.

Menge – Düngerart	1.Gabe (Aussaat)	2. Gabe EC 30- 32	3. Gabe EC 49- 51
120 kg N/ha - NAC	40	40	40
120 kg N/ha - Harnstoff	40	40	40 NAC
120 kg N/ha - ENTEC	40	40	40 NAC

4.3.1.4 Versuchsvariante 4: Drei Düngergaben – Vorsaat

Die Aufteilung der Gesamt N Menge erfolgte wie bei Variante 3 in den Teilmengen 40/40/40 kg N/ha. Der Unterschied zur Variante 3 liegt aber in der Ausbringungsart der ersten Gabe. Die erste Gabe wird bei dieser Variante vor der Saat flächig ausgestreut und mit einer Kurzscheibenegge, welche in der Prototyp Sämaschine zur Saatbettbereitung inkludiert ist, flächig eingearbeitet.

Tabelle 8: Versuchsvariante 4: Drei Düngergaben Vorsaat.

Menge – Düngerart	1.Gabe (Aussaat)	2. Gabe EC 30- 32	3. Gabe EC 49- 51
120 kg N/ha - NAC	40 VS	40	40
120 kg N/ha - Harnstoff	40 VS	40	40 NAC
120 kg N/ha - ENTEC	40 VS	40	40 NAC

4.3.1.5 Versuchsvariante 5: Drei Düngergaben – Nachsaat

In Variante 5 wird die Gesamt N- Menge ebenfalls auf drei Gaben gesplittet, wobei die erste Düngergabe nach dem Auflaufen ausgebracht wird.

Tabelle 9: Versuchsvariante 5: Drei Düngergaben Nachsaat.

Menge – Düngerart	1.Gabe (Aussaat)	2. Gabe EC 30- 32	3. Gabe EC 49- 51
120 kg N/ha - NAC	40 NS	40	40
120 kg N/ha - Harnstoff	40 NS	40	40 NAC
120 kg N/ha - ENTEC	40 NS	40	40 NAC

4.3.2 Düngerarten

Um die Auswirkungen von verschiedenen Düngern zu untersuchen, wurden alle Versuchsvarianten mit 3 verschiedenen Düngern durchgeführt.

4.3.2.1 NAC (Kalkammonsalpeter)

Tabelle 10: Inhaltsstoffe NAC

Gesamtstickstoffgehalt	27 Gew.%
Ammoniumstickstoff	13,5 Gew.%
Nitratstickstoff	13,5 Gew.%
Magnesiumoxid (MgO) gesamt	4,1 Gew.%
Magnesiumoxid (MgO) wasserlöslich	1,0 Gew. %

4.3.2.2 Harnstoff:

Harnstoff weist einen Gesamtstickstoffgehalt von 46 % N auf, welcher zu 100 % aus Carbamid -Stickstoff besteht.

4.3.2.3 ENTEC

ENTEC verfügt über einen Stickstoffgehalt von 26 % und einem zusätzlichen Schwefelanteil von 13 %.

ENTEC-Dünger sind stickstoffhaltige Mineraldünger, die den Ammoniumstabilisator DMPP enthalten. Dadurch wird die Nitrifikation verlangsamt und damit der Ammoniumstickstoff des Düngers im Boden "stabilisiert". ENTEC enthält neben dem stabilisierten Ammoniumstickstoff auch einen Anteil Nitrat für die schnelle Startwirkung. Das bedeutet, dass die Pflanze beide Stickstoffformen über einen längeren Zeitraum gleichzeitig aufnehmen kann und damit die Effizienz der Stickstoffdüngung erhöht wird. (EuroChem Agro, 2013)

4.4 Versuchsplan

Insgesamt wird ein Versuchsblock mit allen 5 Varianten, zu je drei Düngerarten, gebildet. Zusätzlich wird bei jeder Wiederholung eine 0 Variante ohne Dünger angelegt.

Tabelle 11: Übersicht Versuchsblock

Lfd.Nr	Variante	1.Gabe	2.Gabe	3.Gabe	Code
1	NAC	120	0	0	NAC120
2	NAC	80		40 NAC	NAC80
3	NAC	40	40	40 NAC	NAC40
4	Harnstoff	120	0	0	H120
5	Harnstoff	80		40 NAC	H80
6	Harnstoff	40	40	40 NAC	H40
7	ENTEC	120	0	0	E120
8	ENTEC	80		40 NAC	E80
9	ENTEC	40	40	40 NAC	E40
10	NAC	40VS	40	40	VS NAC
11	NAC	40NS	40	40	NS NAC
12	Harnstoff	40VS	40	40	VS H
13	Harnstoff	40NS	40	40	NS H
14	ENTEC	40VS	40	40	VS E
15	ENTEC	40NS	40	40	NS E
16	0	0	0	0	0

Die Versuchsfläche wies eine Schlaggröße von ca. 2,5 ha auf. Die Prototyp Mulchsaatsämaschine *Terrasem F6 fertilizer* der Firma Pöttinger, welche zur Aussaat zu Verfügung gestellt wurde, weist eine Arbeitsbreite von 6m auf. Diese Arbeitsbreite verlangte einen Zugkraftbedarf von ≥ 150 kW (ca. 200 PS). Durch diese Dimensionierungen der Versuchsmaschine und des Schleppers, musste ein größerer Bereich für Rangierflächen und Vorgewende eingeplant werden. Die Parzellengröße wurde mit 6m x 30 m gewählt (300m²).

Somit wurde eine Bewirtschaftung mit vorhandenen Maschinen und Geräten ermöglicht und auch praxisnahe Ergebnisse geliefert.

Abbildung 5: Schlepper mit Prototypsämaschine Pöttinger Terrasem fertilizer f6



Die Versuchsblocks wurden in 3 Wiederholungen hintereinander randomisiert angeordnet. Um das Versuchsfeld wurde eine Mantelfläche angelegt um eventuelle Randeinwirkungen auszuschließen. Ebenfalls wurde zwischen den Versuchsblocks eine 25m breite Mantelfläche angelegt um bei der Aussaat genügend Platz zum Rangieren des Schlepper-Sämaschinen Gespanns zu haben.

Abbildung 6: Übersichtsplan Versuchsfläche

1. Wdh		2. Wdh		3. Wdh	
Nr.	Variante	Nr.	Variante	Nr.	Variante

Mantel	Mantel												Mantel
	1	0		17	H120		33	VS NAC					
	2	Nac120		18	NS H		34	NAC 40					
	3	Nac80		19	E 40		35	E 80					
	4	H120		20	NAC 40		36	0					
	5	Nac40		21	H80		37	VS E					
	6	H80		22	E80		38	H 40					
	7	H40		23	NS E		39	H 80					
	8	E120		24	NAC 120		40	NS NAC					
	9	E80		25	0		41	NAC 120					
	10	E40		26	E120		42	VS H					
	11	Vs Nac		27	NS NAC		43	NS E					
	12	Ns Nac		28	H40		44	H 120					
	13	Vs H		29	VS E		45	E 40					
	14	Ns H		30	VS H		46	NAC 80					
	15	Vs E		31	NAC 80		47	NS H					
	16	Ns E		32	VS NAC		48	E 120					
Mantel													
50m			25m	50m			25m	50m					

4.5 Versuchsdurchführung

Boden:	Tschernosem (Marchfeld, NÖ)
Vorfrüchte:	Zwischenfrucht 2011/12: Senf (abgefrostet) Hauptfrucht 2012: Wintergerste
Saattermin:	5. März 2012
Saatstärke:	201,5 kg/ ha
Sorte:	Floradur (Probstdorfer Saatzucht) Zertifiziertes Saatgut (Z1)
Saattiefe:	3,5- 4 cm
Düngerablagetiefe:	8 cm
Sämaschine:	Pöttinger TERRASEM C6 fertilizer, 6m Arbeitsbreite
Düngung:	1. Düngung bei der Aussaat (Unterfußapplikation) am 5. März 2012 ; EC 00 2. Düngung am 9. Mai 2012 ; EC 24- 30 3. Düngung am 19. Juni 2012 ; EC 47- 55
Ernte:	17. Juni 2013

4.6 Mulchsaatsämaschine Pöttinger TERRASEM C6 fertilizer

Die zur Aussaat verwendete Mulchsaatsämaschine wurde von der Firma Pöttinger zum Zwecke dieses Versuchs zur Verfügung gestellt. Diese Sämaschine gehört zur Baureihe der TERRASEM Produktlinie. Die Sämaschinen dieses Bautyps eignen sich für den Einsatz zur Mulchsaat bei konventioneller Saatbettbereitung nach Pflugfurche. Die TERRASEM Produktlinie vereint die Schritte der Bodenbearbeitung, Rückverfestigung und Aussaat.

Abbildung 7: Skizze Pöttinger TERRASEM (ohne Düngerapplikation). (Foto: Pöttinger)



Die Bodenbearbeitung übernimmt eine Doppelscheibenegge mit gezackten oder glatten Hohl­scheiben. Die Scheibenegge kann auch bei schweren Böden und großen Mengen an organischer Substanz an der Bodenoberfläche eingesetzt werden. Die Hohl­scheiben sind auf zweireihigen, gekapselten Schrägkugellagern wartungsfrei gelagert und zusätzlich mit einer Kassettendichtung sicher abgedichtet.

Anschließend an die Scheibenegge befinden sich die Scheibenschare zur Düngerablage. Diese sind im Abstand von jeweils 25 cm angeordnet, um in einer variabel einstellbaren Tiefe von bis zu 8 cm, jeweils zwischen zwei folgenden Saatreihen, den Mikro- oder Makronährstoffdünger abzulegen. Das Dual-Disc Exaktschar platziert somit dann ein Düngedepot in direkter Nähe zum ausgesäten Korn.

Abbildung 8: : Integrierte Scheibenegge mit anschließender Düngerablage bei der TERRASEM C6 fertilizer.



Abbildung 9: Schema Dünger- und Saatgutablage Pöttinger TERRASEM. (Foto: Pöttinger)

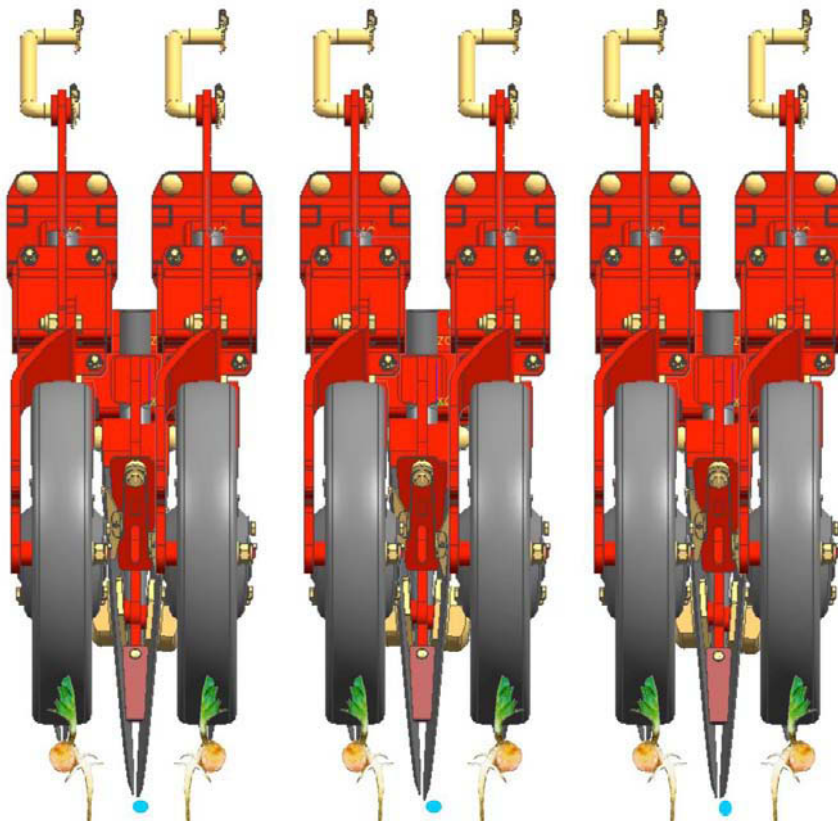


Abbildung 10: Dual Disc Exaktschar zur Düngerablage vor der Rückverfestigung des Saatbetts durch den Reifenpacker.



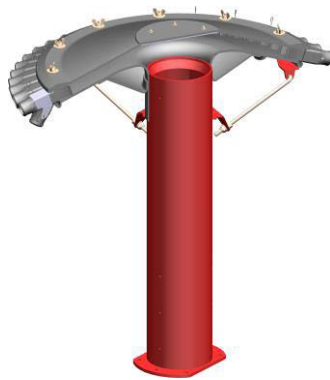
Eine weitere Möglichkeit der Düngerausbringung bei der TERRASEM C6 fertilizer ist eine Applikation durch Prallteller. Hierbei wird der Dünger ganzflächig über Prallbleche verteilt und räumlich eingemischt

Anschließend an die Düngerausbringung folgt die Rückverfestigung durch den Reifenpacker. Dieser besteht aus 12 luftbereiften Rädern, welche neben der Rückverfestigung auch das Gewicht der Sämaschine tragen und über die gesamte Arbeitsbreite verteilen. Ein Packerreifen übernimmt die Rückverfestigung für jeweils vier folgende Saatreihen. Die versetzte Anordnung der Räder erhöht die Laufruhe während des Einsatzes und macht die Sämaschine leichtzügiger. Durch die Einzelradaufhängung wird ein freies Drehen der Räder bei der Kurvenfahrt ermöglicht.

Die Saatgutdosierung wird von einem elektrischen Dosierantrieb übernommen, welcher über Radarsensor oder ISOBUS Signalen vom Schlepper gesteuert wird. Für verschiedene Saatgutarten bzw. Saatgutmengen gibt es zwei verschiedene Dosierräder für Normal- bzw. Feinsaatgut.

Das elektrisch dosierte Saatgut wird durch einen Luftstrom, welcher von einem hydraulischen Gebläse erzeugt wird, zum Verteilerkopf transportiert. Das großdimensionierte Gebläse erzeugt bereits im mittleren Drehzahlbereich hohe Luftmengen bei niedriger Luftgeschwindigkeit. Dies führt zu einer ruhigeren Arbeitsweise und schonender Saatgutförderung. In einem Steigrohr vor dem Verteilerkopf wird das Saatgut gleichmäßig in der Luft verwirbelt und dem Verteilerkopf zugeführt. Vom Verteilerkopf weg führen 48 Kunststoffschläuche zu den Säscharen.

Abbildung 11: Skizze Verteilerkopf TERRASEM Mulchsaatsämaschinen. (Foto: Pöttinger)



Die Doppelscheibenschare sind über ein Parallelogramm aufgehängt und passen sich somit den Bodenunebenheiten an. Alle Schare werden gleichmäßig über Druckrollen in der Tiefe geführt. Die Sätiefenverstellung und auch die Schardruckverstellung erfolgt zentral. Die Säscharre können hydraulisch mit 40 bis 120 kg pro Schar beaufschlagt werden. (Pöttinger, 2011)

4.7 Messung und Erfassung der Versuchsparmeter

4.7.1 Agronomische Parmeter

Die Versuchsparzellen wurden am 17. Juni mit einem Parzellenmähdrescher der Type Wintersteiger Delta geerntet. Dieser Parzellenmähdrescher verfügt über eine automatische Datenerfassung über folgende Versuchsparmeter:

- Ertrag
- Feuchtigkeit
- Hektolitergewicht

Um die Ertragsdaten bei einem gleicher Feuchtigkeit vergleichen zu können wurden alle Erträge zuerst auf kg/ha aufgerechnet und dann auf 14% Feuchtigkeit umgerechnet:

Formel 1: Umrechnung der Erträge in [kg/ha] auf 14 % Feuchtigkeit

$$[(\text{Ertrag in [kg/ha]}/100) + (\text{H}_2\text{O d. Parz.-14})] \cdot 100 = \text{Ertrag in [kg/ha] bei 14 \% H}_2\text{O}$$

Auch die Umrechnung auf den Hektarertrag wird automatisch vom Parzellenmähdrescher durchgeführt und in [kg/ha] ausgegeben.

4.7.2 Messung des Proteingehalts

Die Proben wurden mittels einem NIR- Gerät (near infrared transmission) am Betrieb Hasitschka Agrarhandel, Standort Raasdorf gemessen. Die genaue Typenbezeichnung des Messgeräts lautet „Foss Infratec 1241 Grain Analyzer“ und wird von der Firma Grintec Scientific Pty Ltd, Australien hergestellt.

4.7.3 Messung des Tausendkorngewichts

Das Tausendkorngewicht wurde mit Hilfe einer Kornzählmaschine ermittelt. Nach 1000 abgezählten Körnern wurden diese gewogen.

4.7.4 Messung der Parameter Kornzahl/Ähre, Ähren/Quadratmeter und Korn Stroh Verhältnis

Am 2.7.2012 (EC 89) wurden in jeder Parzelle acht Mal jeweils ein Meter Ganzpflanzen abgeschnitten. Bei dem ausgesäten Reihenabstand von 12,5 cm ergibt dies eine repräsentative Probe für einen Pflanzenbestand von einem Quadratmeter. Dabei wurden die Pflanzenzahl sowie die Anzahl der Ähren pro Quadratmeter bestimmt.

Die Proben wurden abgewogen, um die gesamte aufgewachsene Biomasse zu bestimmen. Um die Kornzahl pro Ähre bestimmen zu können, wurden die Ähren mit einer Ährendreschmaschine der Firma Wintersteiger ausgedroschen.

Die gewonnenen Körner wurden abgewogen und mit dem Gesamtbiosseaufwuchs verglichen und so das Korn – Verhältnis zu ermitteln.

Die Kornzahl pro Ähre wurde mithilfe der ermittelten Tausendkornmassen ermittelt.

4.7.5 Messung der Keimzahl

Bei EC 22-26 wurde in den Versuchspartzen die aufgelaufenen Pflanzen gezählt. Dabei wurden jeweils Messstrecken mit einem Meter Länge in dreifacher Wiederholung angelegt. Die ausgezählten Messungen wurden auf die Fläche von 1 m² hochgerechnet.

4.7.6 Messung der Bodenbedeckung

Die Bodenbedeckung wurde mithilfe der Software Sigmascan ermittelt.

Um eine kontinuierliche Messung der Bodenbedeckung zu erhalten, wurden dazu ab dem 2. April (ca. EC 11- 12) im Rhythmus von ca. 7- 10 Tagen Fotomessungen vorgenommen. Mit einer Digitalkamera PENTAX OptioRZ10, welche auf die exakten Anforderungen der Software eingestellt wurde (640x480 Pixel, Autofokussierfeld, Weißabgleich: Tageslicht, Datumseindruck, ISO: 800), wurden pro Messung jeweils 5 Fotos von den Parzellen gemacht. Dabei wurde darauf geachtet keine Kahlstellen oder mit Unkraut bedeckte Stellen zu erfassen. Die Stelle der Aufnahme wurde so gewählt, damit diese für den jeweiligen Pflanzenbestand möglichst repräsentativ sind.

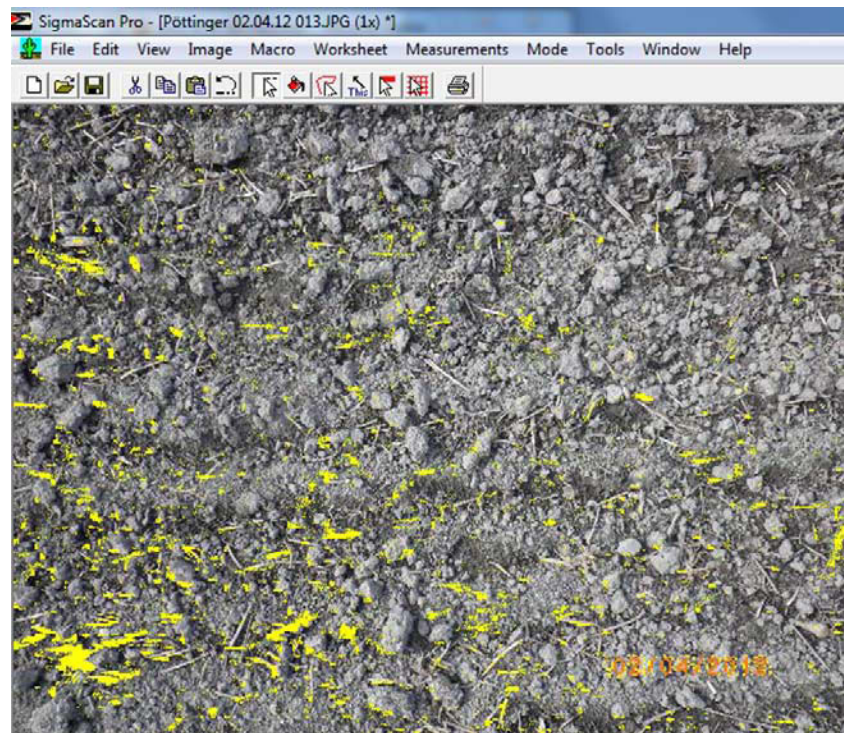
Die Aufnahme erfolgt immer von Brusthöhe senkrecht nach unten, parallel zur Säreihe. Die Aufnahmen erfolgten immer am Nachmittag in gleicher Ausrichtung, um keine Schatten auf dem Bild zu erfassen.

Bei stärkerem Wind, Regen oder bedeckter Witterung, wurden keine Messungen vorgenommen.

Mit der Software SigmaScan können Bilder in digitale Daten umgewandelt werden. Dabei können durch verschiedene Einstellungsmöglichkeiten einzelne Farbpixelanteile aus dem Gesamtbild analysiert werden und so in digitale Datenform ausgegeben werden. (Systat Software Inc, 2013)

In der Anwendung zu diesem Versuch wurde von den erfassten Bilddateien die Anzahl der grünen Pixel erfasst und in einem prozentualen Wert zum Gesamtpixelanzahl des Bildes ausgegeben. Der Anteil an Grünpixel nimmt mit dem Zuwachs an Biomasse bzw. mit dem Aufwuchs des Bestandes zu. Nach Ende der Bestockung erreichen die Werte bei normalem Wachstumsverlauf den Bereich um 100 %. Durch Anordnung der Blätter und dem dichten Pflanzenbestand zu diesem Zeitpunkt, ist der Boden (senkrecht von oben betrachtet) vollständig mit Blattmasse überdeckt. Da sich nach dem Stadium der Bestockung die Bestände in verschiedenen Abständen nahezu angleichen, wurden für die Ermittlung der Ergebnisse nur die ersten fünf Messungen herangezogen und so lediglich der Biomassezuwachs während der Jugendentwicklung beurteilt.

Abbildung 12: Screenshot Sigma Scan



4.7.7 Auswertung und Verarbeitung der ermittelten Daten

Die ermittelten Ergebnisse wurden mit dem Programm Microsoft Excel 2010 verarbeitet und dokumentiert. Dabei wurden auch die Umrechnung der verschiedenen Parameter vorgenommen, um diese vergleichen zu können. Die erhaltenen Ergebnisse wurden für die statistischen Auswertungen in das Programm SPSS 15 exportiert. Die Daten wurden in SPSS mehrfacher Varianzanalysen unterzogen. Die angenommene Irrtumswahrscheinlichkeit lag bei 10%. Als signifikante Unterschiede wurden somit die Ergebnisse der Varianzanalyse mit $p < 0,1$ betrachtet.

Bei der Auswertung der Ergebnisse wurden Werte aus Parzellen, bei welchen Versuchsfehler in der Durchführung auftraten, nicht berücksichtigt. Dadurch gab es bei den Varianten VS NAC und E100 nur jeweils zwei anstatt der sonst üblichen drei Wiederholungen.

5 Ergebnisse

Tabelle 1 enthält die Ergebnisse der jeweils zweifaktoriellen Varianzanalysen für alle Merkmale in den beiden orthogonalen Faktorstufenkombinationen. Auf Grundlage dieser Ergebnisse, werden in der Folge nachweisbar unterschiedliche Merkmalsmittelwerte graphisch dargestellt, wobei signifikante Effekte ($p < 0,1$) in den meisten Fällen für die zweifach-Interaktionen auftraten. Bei einer Reihe von Merkmalen wurden keine signifikanten Unterschiede gefunden. In diesen Fällen werden die Mittelwerte der jeweiligen zweifach-Interaktion tabellarisch angeführt.

Tabelle 12: Ergebnisse Varianzanalyse der gemessenen Parameter

alpha: 0.10	E [kg/ha]	F [%]	HI [kg/hl]	Protein [%]	PE [kg/ha]	TKG [g]	BD	Stroh	Körner/ m ²	KSV	Kz	Messung der Bodenbedeckung				
												M1	M2	M3	M4	M5
Düngermenge zur Aussat	0,794	0,458	0,497	0,402	0,933	0,569	0,186	0,616	0,932	0,328	0,002	0,419	0,327	0,248	0,621	0,340
Düngerart	0,597	0,212	0,153	0,114	0,608	0,382	0,896	0,913	0,988	0,703	0,003	0,471	0,220	0,020	0,013	0,087
Düngermenge* Düngerart	0,046	0,057	0,392	0,262	0,737	0,615	0,923	0,940	0,658	0,013	0,366	0,515	0,100	0,432	0,216	0,873
Ausbringungsart	0,205	0,147	0,493	0,682	0,680	0,023	0,473	0,609	0,214	0,303	0,437	0,845	0,641	0,161	0,110	0,545
Düngerart	0,684	0,006	0,138	0,206	0,156	0,096	0,746	0,693	0,792	0,936	0,051	0,649	0,499	0,280	0,229	0,480
Düngerart* Ausbringart	0,056	0,030	0,202	0,780	0,844	0,016	0,118	0,762	0,698	0,616	0,167	0,487	0,700	0,876	,0354	0,837

Abkürzungen:

E Ertrag in [kg/ha] bei 14 % Feuchtigkeit

F Erntefeuchtigkeit des Korns in [%]

HI Hektolitergewicht [kg/100l]

TKG Tausendkorngewicht in [g/1000 Korn]

BD Ährentragende Halme pro Quadratmeter

Stroh Stroh pro Quadratmeter in [kg]

KSV Korn – Stroh Verhältnis

PE Proteintrag in [kg/ha]

Kz Keimzahl (Aufgelaufenen Pflanzen pro m² - EC 32)

M1 – M5 Laufende Messungen der Bodenbedeckung

5.1 Ertrag

5.1.1 Düngermenge zur Aussaat

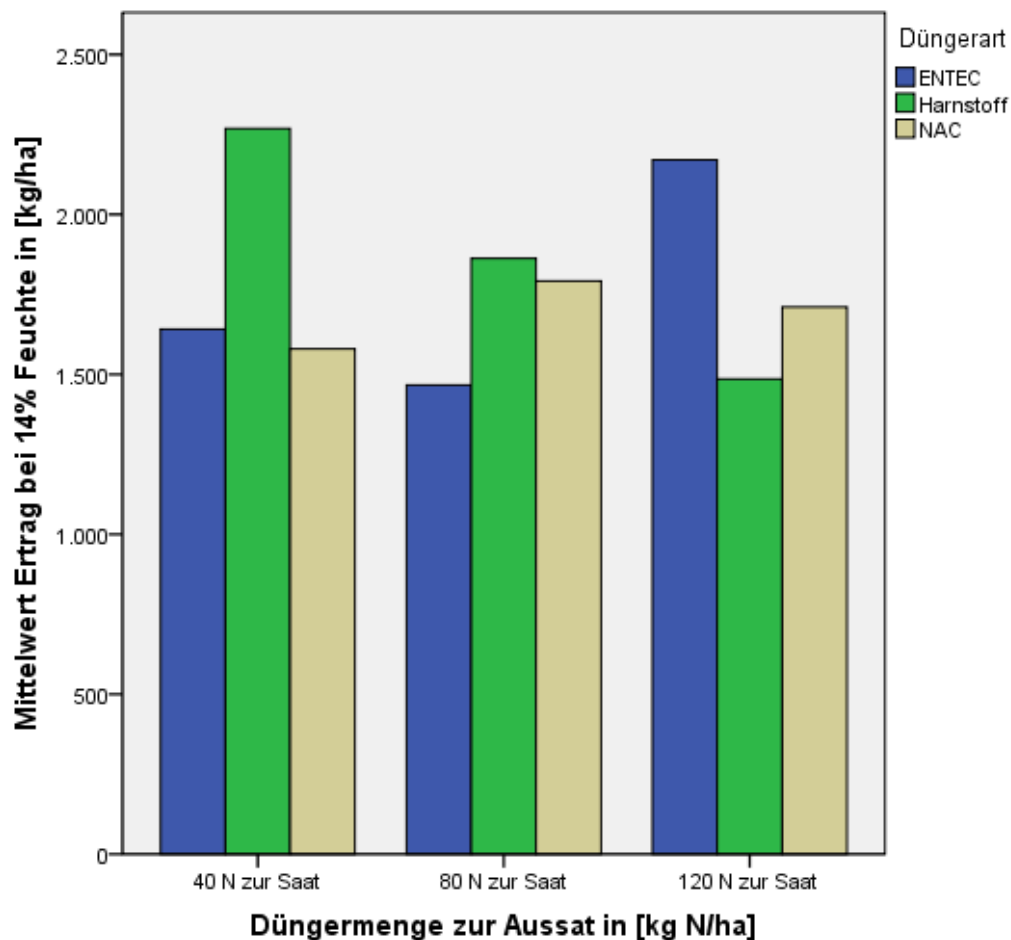


Abbildung 13: Ertragsmittelwerte in [kg/ha] verschiedener Düngerarten bei unterschiedlich hohen Startdüngergaben mit Unterfußapplikation. (GD10%= 525,52)

Bei den Erträgen konnte kein signifikanter Einfluss der beiden Hauptfaktoren Düngermenge oder Düngerart beobachtet werden. Mit einem Signifikanzniveau von 0,046 konnten aber eine Wechselwirkung zwischen diesen beiden Hauptfaktoren beobachtet werden. Die höchsten Erträge lieferte die Variante mit 40 kg N in Form von Harnstoff mit 2268 kg/ha, während dies bei der Düngerart ENTEC bei 120 kg N/ ha zur Saat, der Fall war.

5.1.2 Ausbringungsart

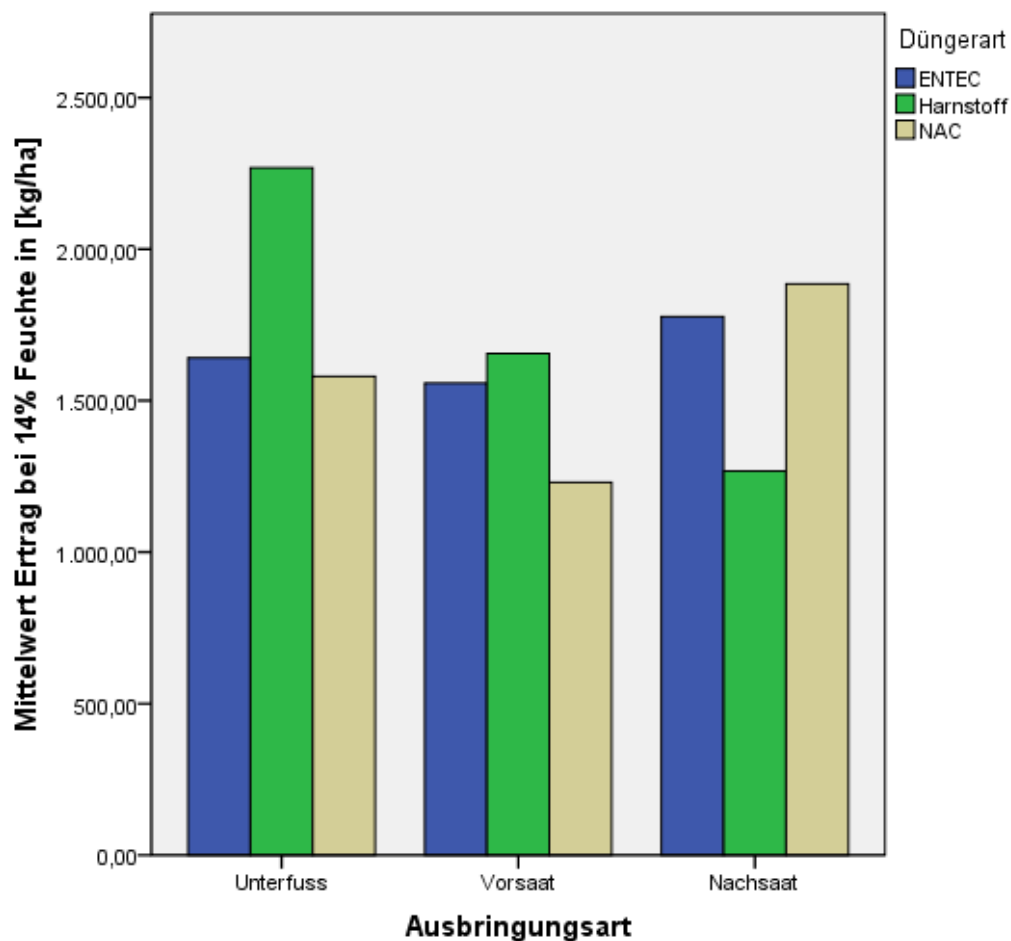


Abbildung 14: Ertragsmittelwerte in [kg/ha] verschiedener Düngerarten bei unterschiedlicher Ausbringungsart. (GD10%= 525,52)

Es konnte weder bei dem Hauptfaktor Ausbringungsart noch bei dem Hauptfaktor Düngerart ein signifikanter Einfluss nachgewiesen werden. Das Signifikanzniveau beider Hauptfaktoren in Kombination zeigt mit 0,056 eine signifikante Wechselwirkung zwischen Düngerart und Ausbringungsart, so zeigt die Düngerart Harnstoff Unterfussapplikation die höchsten Erträge. Die Erträge bei der Variante ENTEC und NAC verhielten sich annähernd gleich.

5.2 Feuchtigkeit

5.2.1 Düngermenge zur Aussaat

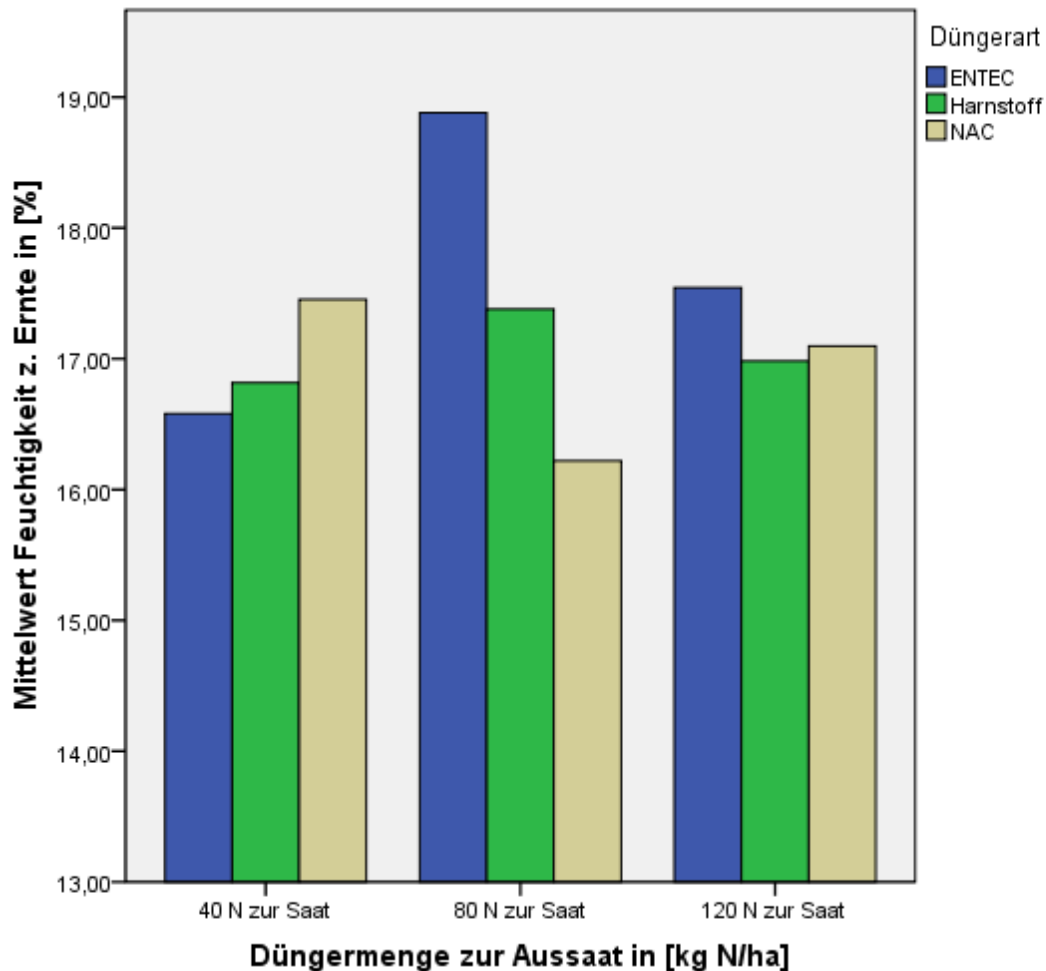


Abbildung 15: Mittelwerte der Kornfeuchtigkeit zur Ernte in [%] verschiedener Düngermengen zur Aussaat in [kg N/ha] bei unterschiedlich hohen Startdüngergaben mit Unterfußapplikation. (GD10%= 1,23)

Bei der Kornfeuchtigkeit zur Ernte konnte kein signifikanter Einfluss der beiden Hauptfaktoren nachgewiesen werden, die Varianzanalyse zeigte aber eine signifikante Wechselwirkung zwischen den beiden Hauptfaktoren Düngermenge zur Aussaat und Düngerart. Die Düngerart ENTEC reagierte bei einer Startdüngergabe von 80 kg N zur Saat mit einer Steigerung der Kornfeuchte zur Ernte.

5.2.2 Ausbringungsart

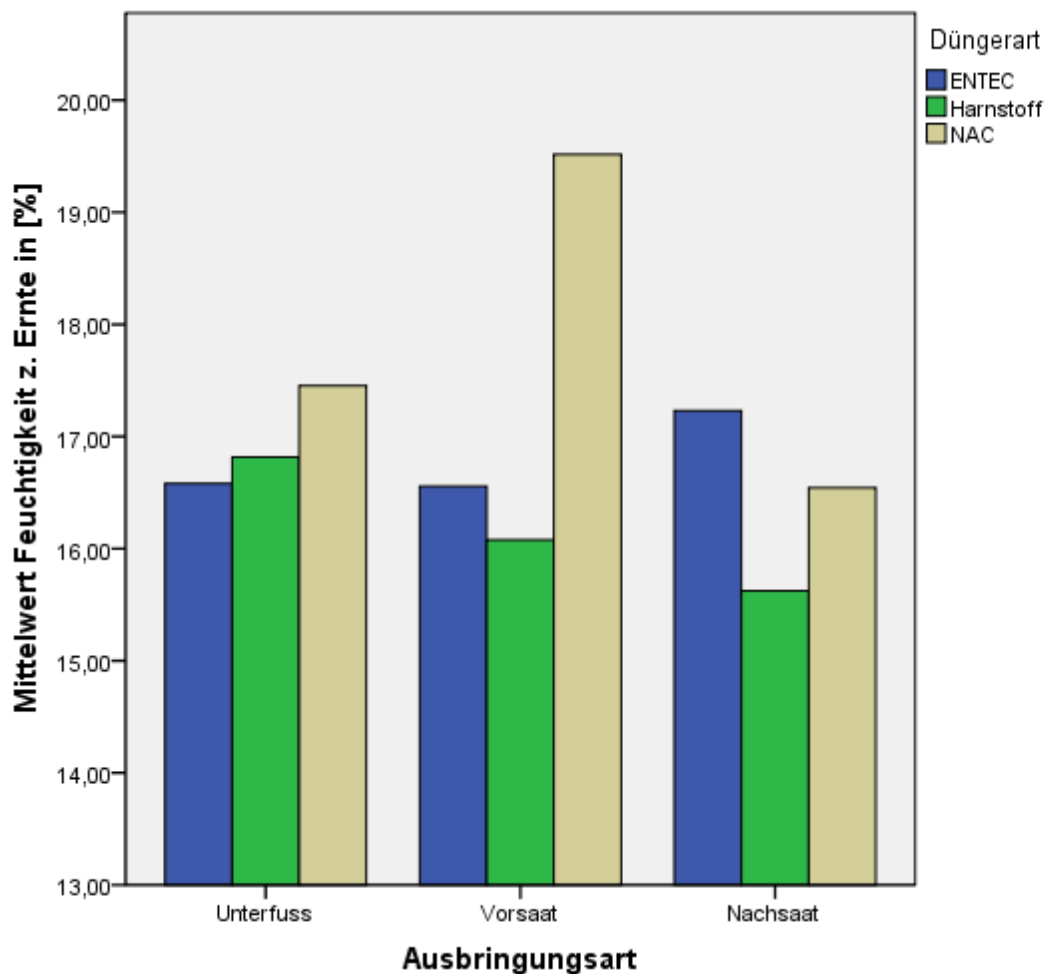


Abbildung 16 : Mittelwerte der Kornfeuchte zur Ernte in [%] verschiedener Düngerarten bei unterschiedlichen Ausbringungsarten. (GD10%= 1,28)

Bei der Feuchte zur Ernte in % konnte ein signifikanter Einfluss des Hauptfaktors Düngerart festgestellt werden. Harnstoff lieferte bei allen Ausbringarten geringere Erntefeuchtigkeit als vergleichsweise NAC. Beim Hauptfaktor Ausbringungsart war dies nicht der Fall. Des Weiteren konnte eine signifikante Interaktion zwischen den beiden Hauptfaktoren Ausbringungsart*Düngerart nachgewiesen werden. Hierbei zeigte sich, dass NAC bei Applikation vor der Saat mit höherer Kornfeuchte zur Ernte reagierte

Harnstoff zeigte bei Unterfuausbringung die höchste Erntefeuchtigkeit, während dies bei den Varianten mit NAC bei der Vorsaatvariante und bei der ENTEC Variante bei der Düngerapplikation nach der Saat, der Fall war.

5.3 Qualitätsparameter

5.3.1 Düngermenge zur Aussaat

Tabelle 13: Mittelwerte Hektolitergewicht in [kg/hl], Proteingehalt in [%] und Proteinерtrag in [kg/ha] unterschiedlicher Düngerarten bei verschiedenen Düngermengen in [kg N/ha] zur Aussaat bei Unterfußapplikation.

Düngerart/ Düngermenge zur Aussaat in [kg N/ha]	HI Gewicht in [kg/HL]	Proteingehalt in [%]	Proteinерtrag in [kg/ha]
ENTEC 40	75,75	16,4	274,8
ENTEC 80	75,39	17,1	288,2
ENTEC 120	74,49	16,6	252,9
Harnstoff 40	74,58	16,1	314,9
Harnstoff 80	74,93	16,4	303,8
Harnstoff 120	74,03	16,3	278,7
NAC 40	71,69	16,4	274,8
NAC 80	74,77	16,1	302,9
NAC 120	73,82	16,7	385,0
	n.s.	n.s.	n.s.

In Tabelle 13 werden verschiedenen Qualitätsparameter dargestellt, welche auf signifikante Einflüsse der Hauptfaktoren Düngerart und Düngermenge zur Aussaat statistisch geprüft wurden. Es konnten weder Einflüsse einzelner Hauptfaktoren, noch eine Interaktion beider Hauptfaktoren statistisch bestätigt werden.

5.3.2 Ausbringungsart

Tabelle 14: Mittelwerte Hektolitergewicht in [kg/hl], Proteingehalt in [%] und Proteinertrag in [kg/ha] unterschiedlicher Düngerarten bei verschiedenen Ausbringungsarten mit 40 kg N/ha zur Aussaat.

Düngerart/ Ausbringungsart	HL Gewicht in [kg/HL]	Proteingehalt in [%]	Proteinertrag in [kg/ha]
ENTEC Vorsaat	74,21	16,83	226,3
ENTEC Unterfuß	75,75	16,4	274,8
ENTEC Nachsaat	74,08	16,8	203,1
Harnstoff Vorsaat	74,74	16,33	288,6
Harnstoff Unterfuß	75,58	16,06	314,9
Harnstoff Nachsaat	74,74	16,43	307,3
NAC Vorsaat	72,74	16,3	252,4
NAC Unterfuß	71,69	16,43	274,8
NAC Nachsaat	75,38	16,2	298,7
	n.s.	n.s.	n.s.

In Tabelle 14 werden Qualitätsparameter HL- Gewicht, Proteingehalt und Proteinertrag dargestellt, welche auf signifikante Einflüsse der Hauptfaktoren Düngerart und Ausbringungsart statistisch geprüft wurden. Es konnten weder Einflüsse einzelner Hauptfaktoren noch eine Interaktion beider Hauptfaktoren signifikant nachgewiesen werden.

5.4 Agronomische Parameter

5.4.1 Tausendkorngewicht

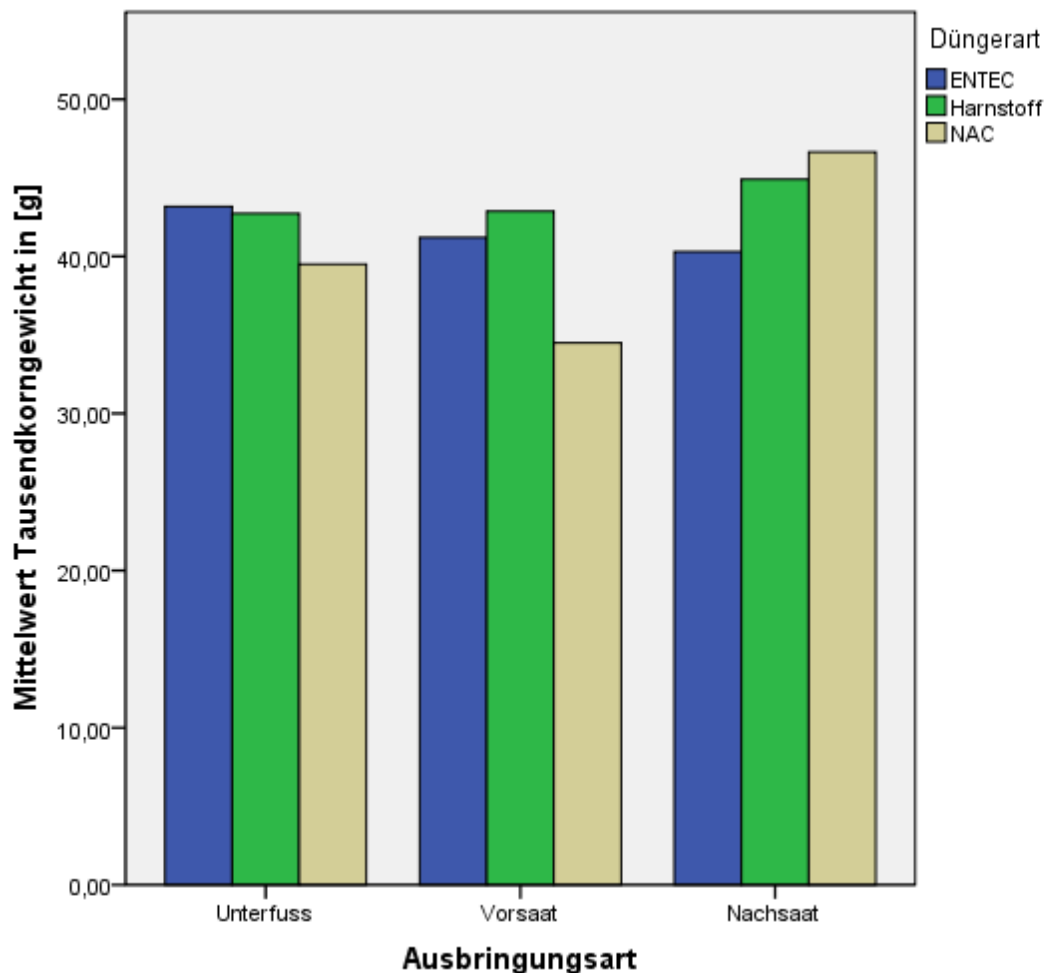


Abbildung 17: Mittelwerte des Tausendkorngewichtes verschiedener Düngerarten bei unterschiedlichen Ausbringungsarten. (GD10%= 4,14)

Bei der Varianzanalyse des Faktors Tausendkorngewicht konnte ein signifikanter Einfluss des Faktors Düngerart sowie des Hauptmerkmals Ausbringungsart nachgewiesen werden. Die Variante Nachsaat erzielte ein signifikant höheres Tausendkorngewicht als die Variante Vorsaat. Beim Hauptfaktor Düngerart, konnte ein höheres Tausendkorngewicht durch den Einsatz von Harnstoff gegenüber dem Einsatz von NAC festgestellt werden. Ebenfalls ist eine eindeutige Interaktion beider Hauptfaktoren Ausbringungsart*Düngerart nachweisbar. NAC lieferte bei der Nachsaatvariante gegenüber ENTEC ein höheres Tausendkorngewicht. Bei der Vorsaatvariante brachte ENTEC gegenüber NAC ein höheres Tausendkorngewicht.

5.4.2 Korn- Stroh Verhältnis

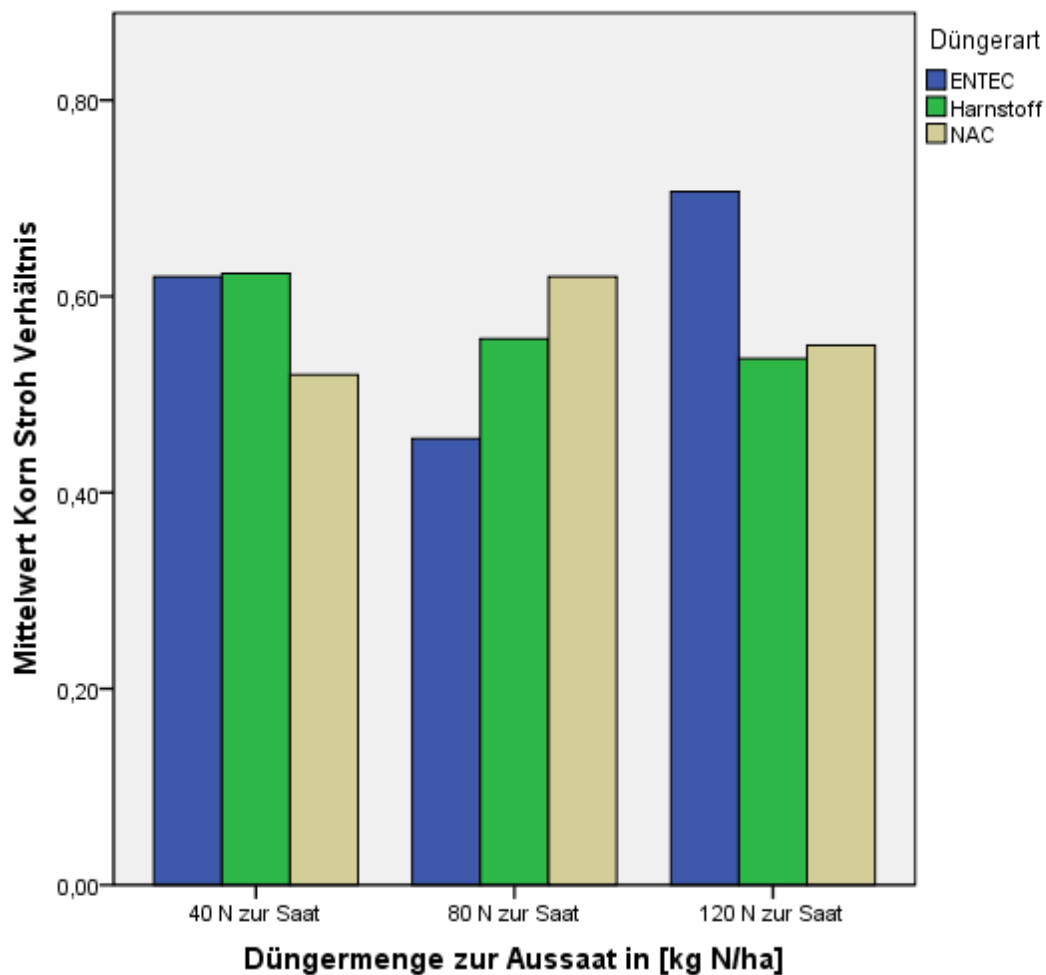


Abbildung 18 : Mittelwerte des Korn Stroh Verhältnisses verschiedener Düngermengen zur Aussaat in bei unterschiedlich hohen Startdüngergaben mit Unterfußapplikation. (GD10%= 0,11)

Beim Korn-Stroh-Verhältnis konnte kein signifikanter Einfluss der beiden Hauptfaktoren Düngermenge zur Saat oder Düngerart statistisch nachgewiesen werden. Eine signifikante Wechselwirkung mit $p = 0,013$ besteht zwischen beiden Hauptfaktoren Düngermenge*Düngerart, so hat die ENTEC- Variante bei hohen Startdüngergaben von 120 kg N zur Saat vergleichsweise ein höheres Korn- Stroh- Verhältnis als bei geringerer Startdüngergabe von 80 kg N.

5.4.3 Keimzahl

5.4.3.1 Düngermenge zur Aussaat

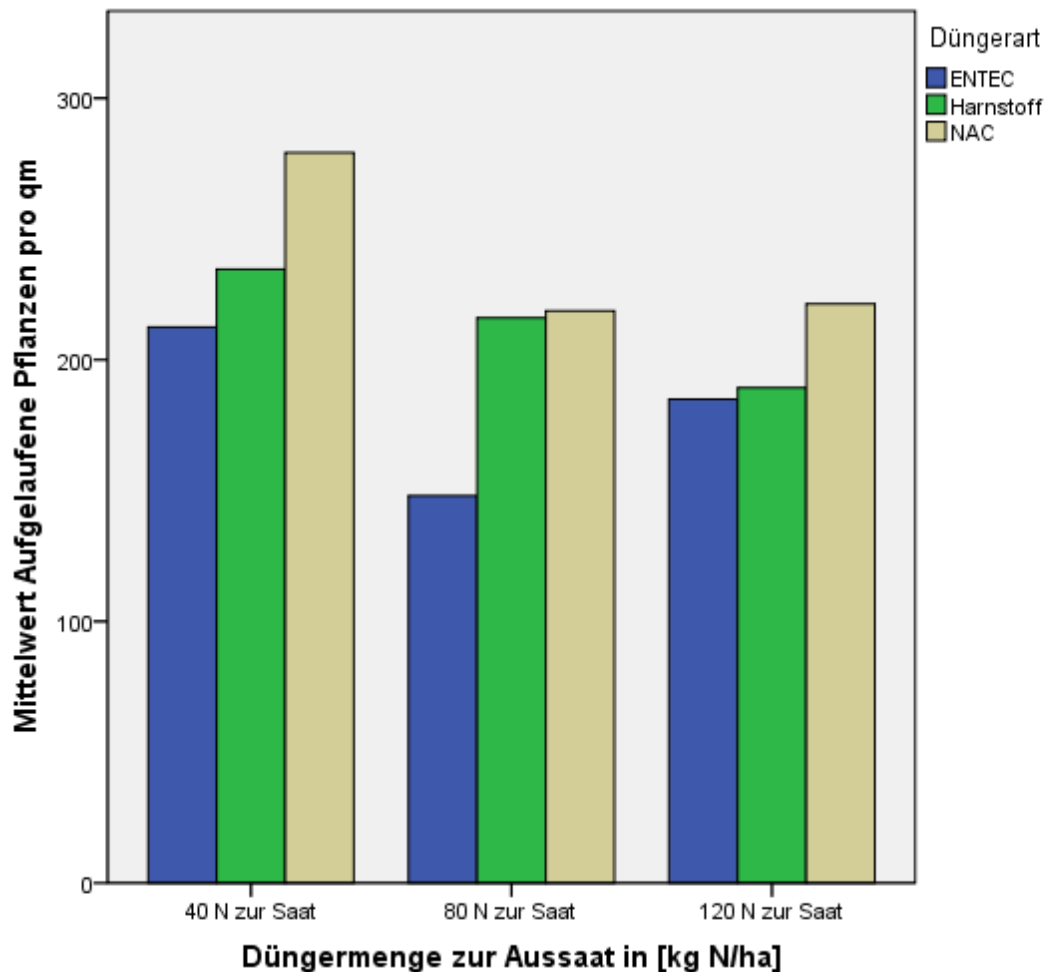


Abbildung 19: Mittelwerte der Keimzahlen in [aufgelaufenen Pflanzen pro m²] bei verschiedenen Düngermengen zur Aussaat in [kg N/ha] bei unterschiedlich hohen Startdüngergaben mit Unterfußapplikation (GD10%= 47,55).

Bei den gemessenen Keimzahlen konnte bei beiden Hauptfaktoren ein signifikanter Einfluss nachgewiesen werden. Bei einer geringeren Düngermenge zur Aussaat von 40kg N/ha pro Hektar konnten signifikant höhere Keimzahlen erreicht werden als bei Startdüngergaben von 80 kg N/ha oder 120 kg N/ha.

Beim Hauptfaktor Düngerart konnte bei den Varianten mit der Düngerart NAC signifikant höhere Keimzahlen gemessen werden als bei den Varianten mit ENTE.

5.4.3.2 Düngerart

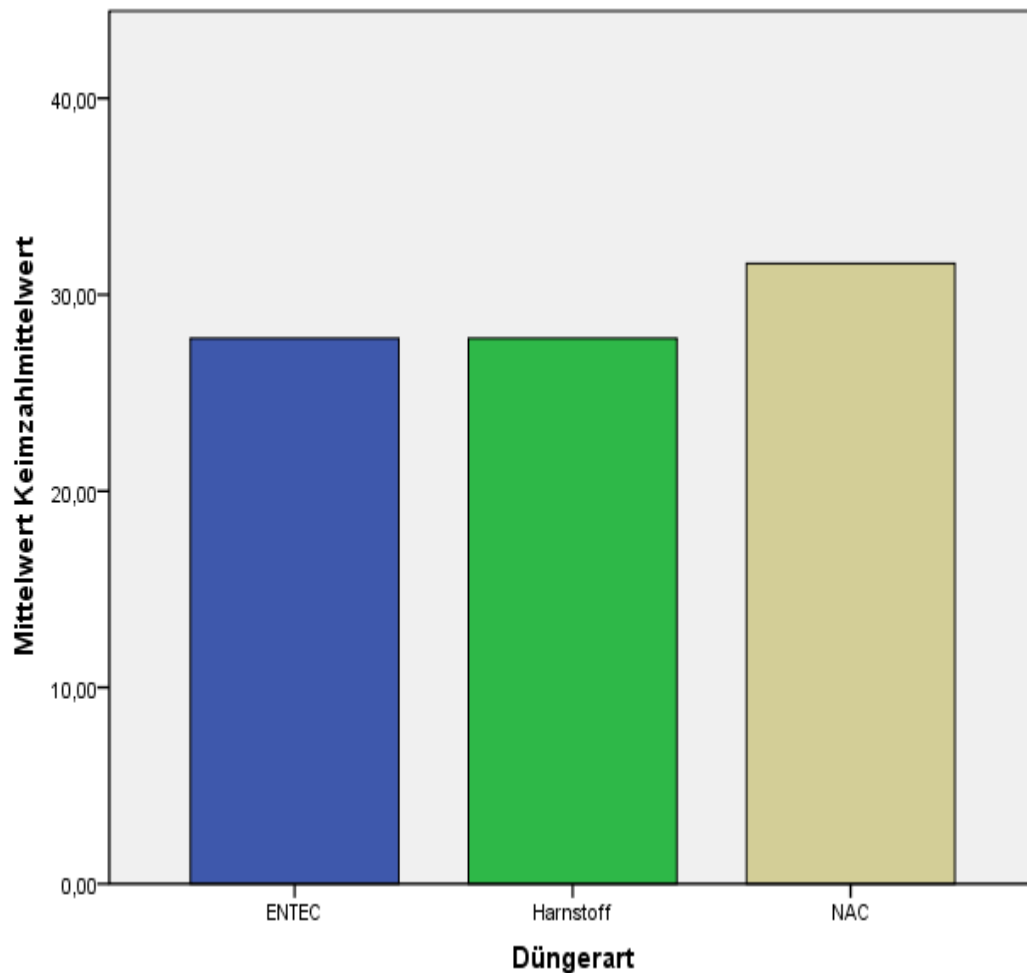


Abbildung 20: Keimzahlmittelwert bei verschiedenen Ausbringungsarten mit unterschiedlichen Düngern beim 40 kg N/ha zur Aussaat mit Unterfußapplikation (GD10%=4,15).

Bei den Keimzahlen konnte ein signifikanter Einfluss des Hauptfaktors Düngerart nachgewiesen werden. Die mit NAC gedüngten Varianten führten zu signifikant höheren Keimzahlen als jene mit ENTEC oder Harnstoff.

Für den Hauptfaktor Düngerart sowie für die Interaktion der beiden Hauptfaktoren konnte kein signifikanter Einfluss nachgewiesen werden.

5.5 Bodenbedeckung

5.5.1 Düngerart

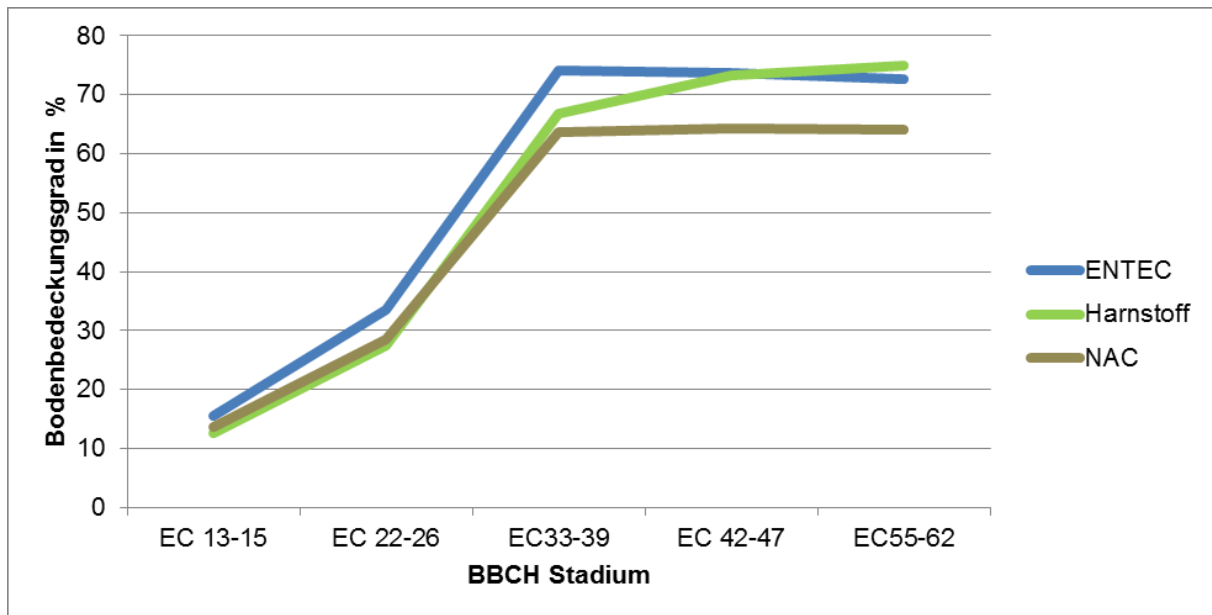


Abbildung 21: Bodenbedeckungsgrad in [%] verschiedener Düngerarten bei unterschiedlichen Düngermengen zur Aussaat mit Unterfußapplikation während der Jugendentwicklung. (GD10% EC 13-15 = 4,45; GD10% EC22-26 = 6,47; GD10% EC33-39 = 5,98; GD10% EC55-62 = 4,19; GD10% EC 55-62 = 5,60)

Der Verlauf der Bodenbedeckung lieferte ab der dritten laufenden Messung ab BBCH-Stadium 33-39 signifikante Unterschiede beim Hauptfaktor Düngerart. Die Düngerart ENTEC wies ab EC 33-39 bis hin zum Stadium EC 55-62 signifikant höhere Bodenbedeckung als die Varianten mit der Düngerart NAC. Bei der Variante Harnstoff konnte ab EC 42-47 ein Unterschied zu NAC festgestellt werden.

Düngermenge zur Aussaat

Tabelle 15: Mittelwerte der Bodenbedeckung in [%] verschiedener Düngerausbringmengen zur Aussaat in [kg N/ha] bei verschiedenen Entwicklungsstadien nach BBCH.

	EC 13-15	EC 22-26	EC33-39	EC 42-47	EC55-62
40 kg N	18,89	37,44	80,56	77,67	81,78
80 kg N	13,67	29,22	74,44	79,00	78,22
120 N	13,56	32,33	70,78	76,00	73,00
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Bei den verschiedenen Düngermengen zur Aussaat konnte kein signifikanter Einfluss des Faktors Düngermenge sowie des Faktors Düngerart nachgewiesen werden. Ebenso konnte kein Einfluss beider Faktoren in Wechselwirkung nachgewiesen werden.

6 Diskussion

Die Erträge im Versuchsjahr 2012 im Allgemeinen fielen deutlich niedriger aus als im langjährigen Durchschnitt. Die Erträge der Versuchspartzen lieferten Erträge von 855 kg/ha bis zu 2552 kg/ha. Unter der Betrachtung, dass auf allen Partzen die gleiche Stickstoffmenge gedüngt wurde, und lediglich die Verteilung eine andere war, zeigt sich eine große Schwankungsbreite. Der Ertragsmittelwert über alle Varianten von 1778 kg/ha liegt auch weit unter den angestrebten bzw. regional üblichen Erträgen.

Die Ergebnisse wurden im Zeitraum von 5. März bis zum 17. Juli 2012 erhoben. Liebhard (1995) erläuterte, dass nur Langzeitversuche die Interaktion zwischen Produktionssystem und den Witterungseinflüssen wiedergeben.

Da es sich bei dem Versuchsjahr 2012 um ein sehr trockenes Jahr mit wenig Niederschlag handelte, können die Ergebnisse nicht als allgemein gültig betrachtet werden. Sie lassen sich somit auch nur bedingt vergleichen, da der ausbleibende Niederschlag am Versuchsstandort das Pflanzenwachstum limitierte und somit auch die Ertragscharakteristika der einzelnen Varianten stärker beeinflusst hat als die Versuchsfaktoren.

6.1 Einfluss der Unterfußdüngung mit verschiedenen Düngerarten auf den Ertrag und ausgewählte agronomische Parameter.

Basten (2007) beschreibt, dass zum einen Niederschläge und zum anderen die Einarbeitung des Düngers wesentlich zur Reduzierung des Risikos der Ammoniakverluste beitragen. Durch die ausreichende Bodenfeuchtigkeit bei der Aussaat im Versuchsjahr 2012 ist davon auszugehen, dass die Dünger ausreichend hydrolisiert wurden.

Weiters erwähnt Knittel et al. (2007), dass Bedingungen, die die Nitrifikation unmittelbar verzögern, in der Regel die Verluste fördern. Dies ist auch unter ungünstigen Bodentemperaturen 6-8 ° C der Fall, da hier das Ammonium zwar hydrolisiert, aber nicht unmittelbar nitrifiziert wird. Solch ungünstige Bedingungen traten bei der Aussaat in diesem Versuch auf. Die Bodentemperatur am Tag der Aussaat (5.3.2012) lag laut der Wetterstation Raasdorf (BOKU) bei 2,8 ° C. Eine für eine rasche Nitrifizierung des Ammoniums erforderliche Bodentemperatur von 8° C wurde erstmals nach 2 Wochen am 19. März erreicht. Ladewig und Jungk (1991) beobachteten in diesem Zusammenhang dass sich die Hydrolyse unter den gegebenen Bedingungen nicht nur bei eingearbeiteten Düngern sondern auch bei oberflächlich ausgebrachten. Unter kühlen Bedingungen und oberflächlicher

Ausbringung ist nach Ladewig und Jungk (1991) mit einer deutlich längeren Hydrolysedauer zu rechnen ist, sofern die Niederschläge den Harnstoff nicht im Boden verteilen.

Bezugnehmend auf die Ausbringart des Düngers, konnten wie in Abbildung 5.1.2 gezeigt keine signifikanten Einflüsse der Faktoren Ausbringart bzw. Düngerart nachgewiesen werden. Eine Wechselwirkung beider Hauptfaktoren, aus der die bessere Eignung von Harnstoff bei Unterfußdüngung sowie höhere Erträge bei NAC im Nachsaatverfahren hervorgehen, spiegelt die positiven Eigenschaften von NAC wieder. NAC reagiert bei oberflächlicher Ausbringung nach Amberger und Gutser (1991) weniger stark anfällig auf Verluste als Harnstoff. Basten (2007) unterstreicht diese Ergebnisse, indem er auf die erhebliche Verminderung der Ammoniakverluste aus Harnstoff durch die Einarbeitung in den Boden verweist.

Rochette et al. (2009) beobachteten, dass sich bei der Bandearbeitung von Harnstoff im Vergleich zur breitwürfigen Ausbringung, die Stickstoff Verluste von 64 % auf 31% reduzierten. Die insgesamt hohen Verluste von 31% traten auch bei diesem Versuch infolge fehlender Niederschläge und hoher Temperaturen auf. Die genannten Bedingungen dieses Versuchs gleichen jenen im Versuchsjahr 2012.

Die höheren Erträge von NAC bei der breitflächigen Ausbringung nach der Saat, wie in Abbildung 5.1.2 angeführt, lassen sich zum Teil mit den Ergebnissen von Basten (2010) begründen. Diese Versuche zeigen, dass Ammoniumnitrat (NAC) gegenüber Harnstoff wesentlich weniger anfällig gegenüber Verlusten ist. Diese Unterschiede zwischen Harnstoff und NAC lassen sich bei der Ausbringungsart Nachsaat laut Abb. 5.1.2 auch bestätigen.

Nach den Versuchen von Rochette et al. (2009) lässt sich für diesen Versuch ableiten, dass die Unterfußdüngung vor allem bei der Düngerart Harnstoff einen wesentlichen Beitrag zur Steigerung der Effizienz bei der Düngerausbringung leistet. Neben der Minderung der gasförmigen Verluste bei der Umsetzung im Boden, sollen auch die verfahrenstechnischen Vorteile nicht vernachlässigt werden. Harnstoff oder granulierter Dünger im Allgemeinen, ist bei der breitflächigen Ausbringung durch die vergleichsweise geringere Schüttdichte und Körnung anfälliger gegenüber Windabdrift. Eine optimale Verteilung über die Bestände wird bei windigen Verhältnissen negativ beeinflusst. Dem entgegen steht die von Witterungseinflüssen weitgehend unabhängige Ausbringungsart mit Unterfußapplikation. Auch hinsichtlich des Stickstoffeintrages in schlagangrenzende Gewässer, bringt die exakte Unterfußausbringung Vorteile mit sich. Nachteilig wirken sich in diesem Verfahren jedoch die höheren Anschaffungskosten für die Technik aus.

6.2 Einfluss verschiedener Düngerarten und verschiedenen Düngermengen zur Aussaat bei Unterfußapplikation auf den Ertrag und weitere ausgewählte agronomische Parameter.

In Abbildung 15 ist ersichtlich, dass sich weder Düngerart noch die Düngermenge auf den Ertrag auswirkt. Es konnte eine signifikante Wechselwirkung zwischen niedriger Startdüngermenge bei Harnstoff bzw. einer hohen Startdüngermenge bei ENTEC beobachtet werden. Knittel et al (2007) verweist hinsichtlich der trockenen Bedingungen im Versuchsjahr auf keinem positiven Effekte von ENTEC. Positive Effekte lassen sich laut seinen Aussagen jedoch durch die Verteilung der Düngermenge und die Terminierung der Düngung begründen.

Betrachtet man die Düngerart Harnstoff, isoliert so ist eine deutliche Abnahme der Erträge hin zu höheren Startdüngergaben zu erkennen. Dies untermauert zum einen die Aussagen von Knittel et al. (2007) die Terminierung der Düngung betreffend und gibt auch Hinweise auf die höheren Verluste in Form von Ammoniak bei der Umsetzung von Harnstoff. Vor allem bei höheren Harnstoffgaben als Unterfußapplikation zur Aussaat konnte diese Düngerart ihre Wirkung zur Förderung des Pflanzenwachstums/Ertrags nicht voll entfalten.

Wie aus der beschriebenen Wechselwirkung hervorgeht, reagiert Harnstoff bei hohen Düngermengen zur Aussaat mit niedrigeren Erträgen. Bei den gemessenen agronomischen Parametern sowie den Qualitätsparametern konnten hier keine Signifikanzen nachgewiesen werden. Bereits Baker et al. (1996) erwähnten eine toxische Wirkung von Düngemittel auf das Saatkorn, die unter dem Begriff „seed burn“ bekannt ist. Die Höhe der Toxizität des Düngers auf den Keimling ist vor allem vom Feuchtigkeitsgehalt des Bodens abhängig. In Trockenen Böden kommt es zu höheren Konzentrationen der Düngesalze in der Bodenlösung, diese können den Keimling schädigen oder töten (Baker et al., 2006). Anhand der untersuchten Keimzahlen pro Quadratmeter, wie in Abbildung 5.4.3.1 ersichtlich, konnten diese Aussagen bestätigt werden. Sowohl die Düngerart als auch die Düngermenge, übten bei den Ergebnissen einen signifikanten Einfluss auf die Keimzahl auf. Niedrigere Düngergaben zur Aussaat mit 40 kg N/ha führten zu signifikant höheren Keimzahlen als Düngergaben von 80 kgN/ha oder 120 kg N/ha.

7 Zusammenfassung

Im Produktionsgebiet Marchfeld wurde im Jahr 2012 im Rahmen eines Diplomarbeitsversuch an der Versuchswirtschaft Groß- Enzersdorf ein Düngungsversuch mit Sommerdurum (*Triticum aestivum*) angelegt. Ziel des Versuches war es, die Potentiale der Unterfußapplikation hinsichtlich Düngerart und Düngermenge zur Aussaat zu evaluieren. Neben Düngerart und Düngermenge wurde auch drei verschiedene Ausbringungsarten (Unterfuß-, Vorsaats- und Nachsaatsapplikation) miteinander verglichen, um deren Auswirkungen auf Ertrag, weitere ausgewählte agronomische Eigenschaften sowie Qualitätsparameter zu untersuchen.

Es wurden Düngungsstufen von 40 kg N/ha, 80 kg N/ha und 120 kg N/ha zur Aussaat mit Unterfußapplikation angelegt, wobei alle Varianten über die gesamte Vegetation mit 120 kg N/ha gedüngt wurden. Bei der Variante 40 kg N/ha zur Aussaat folgten zwei Teilgaben zum Schossen bzw. zum Ährenschieben zu jeweils 40kg N/ha und bei der Variante mit 80 kg N/ha zur Aussaat folgte eine Teilgabe zum Ährenschieben mit 40 kg N/ha.

Durch fehlenden Niederschlag im Jahr 2012 sowie die einjährige Versuchsdurchführung lassen sich die gewonnenen Ergebnisse nur bedingt mit anderen Versuchen vergleichen und somit nicht auf eine allgemeine Düngerempfehlung umlegen.

Die Düngerart Harnstoff bringt signifikant höhere Erträge bei der Unterfußapplikation. Dies ist mit der effektiveren Ausbringung bzw. der Minderung des Risikos der gasförmigen Ammoniakverluste bei der Umsetzung von Harnstoff im Boden begründbar. Bei den Düngerarten NAC und ENTEC gab es keine eindeutigen Ergebnisse, sehr wohl hat aber die Düngermenge zur Aussaat einen signifikanten Einfluss auf den Ertrag, die Kornfeuchte zur Ernte und das Korn- Stroh Verhältnisses. So reagiert Harnstoff bei niedriger Startdüngung mit Unterfußapplikation mit höheren Erträgen als höherer Startdüngergabe. ENTEC hingegen brachte bei hoher Startdüngung höherer Erträge.

Beim Biomassezuwachs während der Jugendentwicklung konnte ab dem Stadium EC 42-47 ein besserer Bedeckungsgrad bei den Düngerarten Harnstoff und ENTEC gegenüber NAC gemessen werden.

Zusammenfassend kann der Stickstoffverlust, insbesondere bei Harnstoff, durch die Unterfußdüngung gesenkt werden. Die ausgebrachte Düngermenge zur Aussaat spielt dabei eine sehr wesentliche Rolle und kann je nach Düngerart und -menge positive sowie negative Auswirkungen auf Ertrag bzw. agronomische Parameter haben.

8 Abstract

In the production area Marchfeld, this fertilization experiment with spring durum (*Triticum aestivum*) has been conducted as a master thesis at the Experimental Station in Gross Enzersdorf (Lower Austria). The aim was to detect any benefits from deep banded fertilization (8 cm depth) in comparison to pre- and post- seed broadcasted fertilization. Furthermore three different types of fertilizer and amounts of 40 kg N / ha, 80 kg N / ha and 120 kg N / ha were studied with regard to their effects on yield, selected agronomical parameters and on grain quality.

All plots received a total of 120 kg N / ha as on the 40 kg N / ha plots in addition two more times 40 kg N / ha were spread and the 80 kg of N / ha got one more 40 kg N/ha application.

A general recommendation is limited due to the lack of rainfall in 2012 and only an one year performance of the trial. But the data shows a significantly higher yield of urea treader banded fertilization. This could be justified by reducing the risk of gaseous ammonia losses from the soil. No significant differences are detected in NAC and ENTEC plots.

The amount of fertilizer applied while sowing shows a significant effect on yield, grain moisture, and grain-straw ratio. Urea increases yield at a reduced quantity of fertilizer while seeding. ENTEC however brings significantly higher yields at higher fertilizer rates while sowing.

Soil coverage at EC 42-47 in urea and ENTEC treated variants is higher than in NAC plots.

In summary the risk of nitrogen losses, particularly at urea, can be reduced by the fertilization in sub- soil. Furthermore the yield and the determined agronomic parameters are majorly influenced by the quantity and type of fertilizer applied at seeding.

9 Literaturverzeichnis

- AMBERGER, A., GUTSER, R. (1991): NH_3 -Einträge der Landwirtschaft aus organischen und mineralischen Düngern sowie Strategien zur Minimierung. DLG-Kolloquium 3./4.12.1990. Bonn, Röttgen, DLG:88-96.
- BAKER, C. J. (2006): Fertilizer placement. Wallingford, Centre for Agricultural Bioscience International.
- BAKER, C. J., AFZAL, C. M. (1986): Dry fertilizer placement in conservation tillage- Seed damage in direct drilling (no-tillage). Soil and Tillage Research. Volume 7/3: 241-250.
- BAKER, C. J., SAXTON, K. E. (1996): No-tillage seeding science and practice. Wallingford, Oxon, Centre for Agricultural Bioscience International.
- BAKER, C. J., SAXTON, K. E., RITCHIE, W. R., CHAMEN, W.C.T., REICOSKY, D.C., RIBEIRO, M.F.S., JUSTICE, S.E., HOBBS, P.R., (2006): No-tillage seeding in conservation agriculture. Wallingford, Centre for Agricultural Bioscience International.
- BASTEN, M. (2010): Ammoniakemissionen mineralischer Düngemittel- Einflussfaktoren, Ausmaß und Möglichkeiten zur Reduzierung. Emissionen landwirtschaftlich genutzter Böden. Bad Staffelstein, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft. Nr.483: 83-90.
- BAUER, M. M. (2000): Einfluss von Saatstärke und unterschiedlichem N-Düngerangebot auf Ertrag und ausgewählte Qualitätsparameter bei Winterdurum und Sommerdurum (*Triticum durum*) im Vergleich zu Winterweizen (*Triticum aestivum*). Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.
- BAUMANN, J. (2001): Möglichkeiten zur Verbesserung der Düngungseffizienz bei Direktsaat durch verfahrenstechnische und ackerbauliche Maßnahmen. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.
- CHOUDHARY, M. A., BAKER, C. J., STIEFEL, W. (1988): Dry fertilizer placement in direct drilling. Soil and Tillage Research 12: 213-221.
- COLLIS-GEORGE, N., LLOYD, J. E. (1979): The basis for a procedure to specify soil physical properties of a seed bed for wheat. Australian Journal of Agricultural Research 30: 831-846.
- HEINZLMAIER, F. (2003): Saatgutablagetechniken bei Mulch- und Direktsaat unter Einbeziehung der Unterfussdüngung bei Getreide. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.

- SYSTAT, Software, Inc. (2013): SigmaScan - Analyze Images Automatically
<http://www.sigmaplot.com/products/sigmascan/sigmascan.php>, (23.1.2013)
- KNITTEL, H., ALBERT, E., EBERTSEDER, T. (2012): Praxishandbuch Dünger und Düngung. Clenze, Agrimedia.
- KNITTEL, H., PASDA, G., MANNHEIM T. (2007): Düngestrategien beim Einsatz von stabilisiertem Stickstoffdüngern zu Winterweizen- 1. Wechselwirkungen zwischen Düngesystemen, Witterung und Boden. Pflanzenbauwissenschaften, 1(2). Eugen Ulmer KG. S.77-83.
- KÖLLER, K. (1991): Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung- Beurteilung aus Sicht der Praxis. Land- und Verfahrenstechnische Aspekte zur Gesundung der Böden. Band 11, Verein deutscher Ingenieure/ Max Eyth Gesellschaft Kolloquium 1991 in Halle.
- LADEWIG, E., JUNGK, A. (1992): Ammoniakverdunstung nach Harnstoffdüngung: Bedeutung der Harnstoffdiffusion in den Boden für die Höhe der Ammoniakverdunstung. Ökologische Aspekte extensiver Landbewirtschaftung. Darmstadt (Germany). Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten. S. 721-724.
- LEDUC, P., HULTGREEN, G. (1999): Choosing your Machinery- Direct seeding manual, a farming system of the new millenium. Prairie Agricultural Machinery Institute, Saskatoon, Saskatchewan.
- LIEBHARD, P. (1995): Effekte langjähriger unterschiedlicher Primärbodenbearbeitung auf ausgewählte Bodenkennzahlen und das Ertragsverhalten von Winterweizen (*Triticum aestivum* L.), Körnermais (*Zea mays* L.) und Zuckerrübe (*Beta vulgaris* L. ssp. var. *vulgaris altissima* Doell) im semihumiden Ackerbaugebiet Oberösterreichs. Habilitationsschrift, Universität für Bodenkultur, Wien.
- LÜTKE ENTRUP, N., OEHMICHEN, J. (2000): Lehrbuch des Pflanzenbaues- Band 2: Kulturpflanzen. Gelsenkirchen, Bonn, Verlag Th.Mann /AgroConcept GmbH.
- LÜTKE ENTRUP, N., OEHMICHEN, J. (2006): Lehrbuch des Pflanzenbaues- Band 1: Grundlagen. Bonn, Agroconcept GmbH.
- PÖTTINGER (2011): PÖTTINGER Neuheiten 2011, TERRASEM C6 fertilizer. Grieskirchen.
http://www.poettinger.at/landtechnik/download/392.01.1011_Terrasem_fertilizer_folder_de.pdf (25.1.2012)

- ROCHETTE, P., MAC DONALD, J.D., ANGERS, D.A., CHANTIGNY, M.H., GASSER, M.O., BERTRAND, N., (2009): Banding of urea increased ammonia volatilization in a dry acidic soil. *Journal of Environmental Quality* 38: 1383-1390.
- SCHILLING, G. (2000): *Pflanzenernährung und Düngung*. Stuttgart, Ulmer.
- SCHUBERT, S. (2006): *Pflanzenernährung*. Stuttgart, Ulmer.
- SCHÖN, H., AUERNHAMMER H., BAUER, R., BOXBERGER, J., DEMMEL, M., ESTLER, M., GROANUER, A., HAIDN, B., MEYER, J., PIRKELMANN, H., STREHLER, A., WIDMANN, B. (1998): *Landtechnik – Bauwesen*. München: BLV Verlagsgesellschaft.
- SOMMER, C., ZACH, M., DAMBROCH, M. (1981): *Bodenerosion erfordert alternative Formen der Bearbeitung. Berichte über Landwirtschaft*. Stuttgart, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.
- SOMMER, K. (2008): *Bestandesführung beim Getreide nach dem "CULTAN" - Verfahren*. Getreide Magazin. 2/2008. Gelsenkirchen. DLG AgroFood Medien GmbH.
- SZALAY, T. Á. (2003): *Einfluss von stabilisierten Stickstoffdüngern zur Saat als Unterfußdünger bei Durumweizen*. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.