

Auswirkung der N-stabilisierten Dünger ENTEC und ALZON auf den Ertrag bei Mais und auf den N_{\min} -Gehalt im Boden, im Vergleich zu herkömmlichen N-Düngevarianten



Diplomarbeit

an der Höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt
Francisco Josephinum
Abteilung Landwirtschaft
in Wieselburg

eingereicht zum Haupttermin 2016 der Reife- und Diplomprüfung
Geschäftszahl: BMBF-26.055/0020-II/4b/2015
eingereicht am 8. April 2016 von

Michael Burger

Allgemeine N-Düngung im Mais
Auswirkung des N-stabilisierten Dünger ENTEC auf den Ertrag bei Mais und auf den N_{\min} -Gehalt im Boden, im Vergleich zu herkömmlichen N-Düngevarianten

Johannes Forstner

Allgemeines über Mais
Auswirkung des N-stabilisierten Dünger ALZON auf den Ertrag bei Mais und auf den N_{\min} -Gehalt im Boden, im Vergleich zu herkömmlichen N-Düngevarianten

In Zusammenarbeit mit
Boden.Wasser.Schutz.Beratung LK OÖ

Betreuer
DI Johannes Refenner

INHALT

1	Kurzzusammenfassung	6
2	Danksagung.....	7
3	Einleitung-Problemstellung-Zielsetzung	8
4	Ausgewählte Literatur.....	9
4.1	Statistik und geschichtlicher Hintergrund	9
4.1.1	Geschichte des Stickstoffdüngers.....	9
4.1.2	Geschichte der Feldfrucht Mais.....	9
4.1.3	Maisanbau weltweit	10
4.1.4	Maisanbau in Österreich.....	11
4.2	Pflanzenaufbau	12
4.3	Düngung.....	12
4.3.1	Allgemeine Düngung.....	12
4.3.2	Stickstoff(N)- Düngung.....	13
4.3.3	Stabilisierte N-Düngung	13
4.3.4	Der Stickstoffkreislauf im Boden	14
4.3.5	Düngung und Gewässerbelastung	17
4.4	Bestandesführung.....	18
4.4.1	Nährstoffentzüge und Verlauf	18
4.4.2	Empfohlene Düngung	19
4.4.3	Einzelnährstoffe:.....	20
4.4.3.1	Stickstoffdüngung.....	20
4.4.3.2	Phosphatdüngung.....	20
4.4.3.3	Kaliumdüngung.....	20
4.4.4	Nährstoffversorgung mit organischen Wirtschaftsdüngern.....	21
4.4.5	Beizschutz	21
4.4.6	Herbizideinsatz	21
4.4.7	Insektizideinsatz.....	21
4.5	Düngemittel	22
4.5.1	ALZON 46	22
4.5.2	ENTEC.....	23
5	Material und Methoden	24
5.1	Geografische Lage.....	24
5.2	Boden.....	26
5.3	Klima und Witterung 2015.....	27
5.4	Verwendete Gerätschaften	29
5.5	Versuchsanlage	30
5.6	Versuchsdurchführung und -betreuung	33
5.6.1	Standort Bäck, Appersberg.....	33
5.6.2	Standort Pernegger, Mayersdorf	33
5.6.3	Düngung über beide Standorte	34
5.6.4	N _{min} -Ziehung über beide Standorte	35
5.6.5	Ertragsermittlung.....	35
5.6.6	Statistische Auswertung	36
6	Ergebnisse und Diskussion	37

6.1	N_{\min} -Untersuchung.....	37
6.2	Kornertrag.....	41
7	Schlussfolgerung	45
8	Abkürzungsverzeichnis.....	46
9	Abbildungsverzeichnis	47
10	Tabellenverzeichnis.....	47
11	Literaturverzeichnis	48
12	Anhang.....	50
12.1	Rohdaten N_{\min} -Ziehungen 2015.....	50
12.2	Rohdaten N_{\min} -Ziehungen 2014.....	50

Aufteilung der Inhalte

Vorname Nachname	Kap. Nr.
Michael Burger	1
Johannes Forstner	2-4.2
Michael Burger	4.3
Johannes Forstner	4.4-4.5.1
Michael Burger	4.5.2-5.3
Johannes Forstner	4.4-5.6.2
Michael Burger	5.6.3-6.1
Johannes Forstner	6.2-7
Michael Burger	7
Johannes Forstner	8
Michael Burger	12

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche erkenntlich gemacht habe.

Ort, am TT.MM.JJJJ

Michael Burger
Verfasser/in: Vor/Zuname, Unterschriften

Ort, am TT.MM.JJJJ

Johannes Forstner
Verfasser/in: Vor/Zuname, Unterschriften

1 Kurzzusammenfassung

Das Hauptziel der Diplomarbeit war, die Auswirkung einer Düngemittelanwendung, mit N-stabilisierender Wirkung („ENTEC“, „ALZON“), hinsichtlich eines Mehrertrages bei Körnermais zu untersuchen. Zusätzlich wurden N_{\min} -Ziehungen durchgeführt, um den Stickstoffgehalt in den einzelnen Bodenschichten zu verschiedenen Zeitpunkten, vor dem Anbau, im 2-3 Blattstadium, im 6-8 Blattstadium und schlussendlich nach der Ernte zu bestimmen. Dazu wurde ein Düngeversuch mit 6 Varianten auf zwei verschiedenen Standorten ohne Wiederholung angelegt.

Im Kornertrag erreichte die Variante „Gabenteilung (vor Anbau/6-8 Blattstadium)“ an beiden Standorten den relativ höchsten Kornertrag von 138,2 % beziehungsweise 191,2 % höchsten Kornertrag. Den niedrigsten Kornertrag erreichten einmal die Variante „Harnstoff vor Anbau“ mit 125,8 % und einmal die Variante „Entec“ mit 165,1 % höherem Kornertrag.

An beiden Standorten wurden die höchsten N_{\min} -Gehalte zur Hauptvegetationszeit im Juni bei Variante „Gabenteilung (vor Anbau/2-3 Blattstadium)“ gemessen. Die niedrigsten N_{\min} -Gehalte nach der Ernte im auswaschungsgefährdeten Horizont (60-90cm) wurden einmal bei Variante „Gabenteilung (vor Anbau/2-3 Blattstadium und Variante „Entec“ und einmal bei Variante „Gabenteilung (vor Anbau/6-8 Blattstadium)“ und bei Variante „Entec“ gemessen.

Ob der Einsatz von stabilisierten N-Düngern zu einem höheren Erlös führt, müsste betriebswirtschaftlich analysiert und kann nach einem einjährigen Versuch nicht aussagekräftig untersucht werden. Entec erzielte jedoch an beiden Standorten einen N_{\min} -Gehalt von nur 20 % vom höchsten gemessenen Ergebnis nach der Ernte in der auswaschungsgefährdeten Schicht.

Abstract

The main object of this diploma thesis is the analysis of the two N-stabilized fertilizers “ENTEC” and “ALZON”. The analysis is about how different the two fertilizers are in yield and N_{\min} -content of the soil. The N_{\min} -content was measured 4 times, before seeding, in the 2-3 leaf vegetation stage, in the 6-8 leaf vegetation stage and then after harvest. An experiment with 6 different varieties was done on 2 different places without a repetition.

The variety “carbamide division (before seeding/6-8 leaf)” had the relatively highest yield on both places with 138,2 % and 191,2 %. The lowest yield was reached once by variety “carbamide before seeding” with 125,8 % and once by variety “Entec” with 165,1 % higher yield.

The highest N_{\min} -content in the main growing period in June was measured in variety (V3) (on both places). The lowest N_{\min} contents after harvest were measured once in the plot of variety “carbamide division (before seeding/ 2-3 leaf)” and variety “Entec” and once in the plot of variety “carbamide division (before seeding/ 6-8 leaf)” and variety “Entec”.

If the use of N-stabilized fertilizers reaches a higher profit would have to be economically calculated and couldn't be said after a one year experiment. The stabilized fertilizer Entec reached the lowest N_{\min} -content, only 20 % of the highest measured result after harvest in the ground layer most endangered of being washed out on both places.

2 Danksagung

Zu Beginn dieser Diplomarbeit möchten wir, Michael Burger und Johannes Forstner, uns bei allen Personen bedanken, die uns bei der Durchführung des Versuchs bzw. bei der Auswertung und Erstellung der Diplomarbeit geholfen haben.

Besonders bedanken möchten wir uns:

bei DI Johannes Refenner, der uns als Betreuungslehrer immer zum Thema beraten und unterstützt hat,

bei DI Christian Reichinger (Boden-Wasser-Schutz-Beratung der LK Oberösterreich), welcher uns bei der Versuchsplanung unterstützt hat und bei der Versuchsdurchführung beteiligt war,

bei den Landwirten Martin Bäck und Markus Pernegger für die zur Verfügungstellung der Versuchsflächen, sowie der Pflege- und Erntemaschinen,

bei der Boden-Wasser-Schutz-Beratung für die zur Verfügungstellung der einzelnen Düngemittel,

beim CEWE Landwirtschaftslabor Nußbach für die Auswertung der Bodenproben

und zuletzt bei allen, die uns bei jeglichen Arbeiten, beginnend mit der Planung und Anlage des Versuches, der Pflege und Applikationen, der Ernte und den N_{\min} -Ziehungen geholfen haben.

HERZLICHEN DANK!

3 Einleitung-Problemstellung-Zielsetzung

Die Landwirtschaft als das Rückgrat der Gesellschaft!

Die Bäuerinnen und Bauern Österreichs decken nicht nur den Tisch der Menschen mit hochwertigen Lebensmitteln, sie pflegen auch die Kulturlandschaft, sorgen für den Erhalt von Sorten und Arten und produzieren in geringem Umfang erneuerbare Energie.

Tagtäglich wird der Landwirt mit neuen Herausforderungen konfrontiert, die es zu bewältigen gilt. Die österreichische Marktentwicklung, politische Veränderungen und eine umweltgerechte Produktion müssen berücksichtigt werden.

Die landwirtschaftliche Produktion gewährleistet somit die Versorgung mit Nahrung, Futter und nachwachsenden Rohstoffen. Um diese Produktion sicher zu stellen, ist ein sachgerechter Einsatz von Betriebsmitteln wie Saatgut, Pflanzenschutz- und vor allem Düngemittel im erforderlichen Ausmaß notwendig. Nebenbei tragen auch Faktoren wie der Klimawandel sowie das Wetter zu einer erfolgreichen Pflanzenproduktion in Österreich bei. (vgl. BMLFUW, 2016).

Eine Möglichkeit die Probleme einer rasch auftretenden Trockenheits- oder Feuchtigkeitsperiode mit den damit verbundenen Auswaschungen und Erderosionen entgegen zu wirken, ist der Einsatz von stabilisierten Stickstoffdüngern. Der klare Vorteil dieser Düngevarianten liegt in der einfachen Handhabung, da nur eine Überfahrt zur Ausbringung benötigt wird.

Ein Boden mit inaktiven Funktionen bildet die Grundlagen für nachhaltige, optimale Erträge und konstanten Erntequalitäten im Bereich der pflanzlichen Produktion!

Mit dem Einsatz von N-stabilisierten Düngemitteln stehen dem Landwirt neue Möglichkeiten für eine boden- und wasserschonende Bewirtschaftung offen.

Ob diese Verfahren den Kornertrag und den N_{\min} -Gehalt im Boden, im Vergleich zu herkömmlichen N-Düngevarianten beeinflusst, wird in dieser Diplomarbeit behandelt.

Im Zuge dessen wurden zwei Maisdüngerversuche mit stabilisierten Stickstoffdüngern auf Standorten im Raum Oberösterreich angelegt. Dabei wurden die stabilisierten Stickstoffdüngevarianten im Vergleich zu betriebsüblichen Düngungsvarianten auf Ertrag sowie auf N_{\min} -Gehalt in den einzelnen Bodenschichten (0-90cm) getestet.

Die Ergebnisse dieser Streifenversuche sollen für die früheren bzw. für die nachfolgenden Versuchsjahre als Vergleichsobjekt herangezogen werden.

Um deutliche Aussagen über diese Düngevarianten treffen zu können, müssen diese Versuche langjährig geführt werden, damit der Einfluss von Witterungsextremen minimiert werden kann.

4 Ausgewählte Literatur

4.1 Statistik und geschichtlicher Hintergrund

4.1.1 Geschichte des Stickstoffdüngers

Bereits im Bronzezeitalter (ca. 3100 v.Chr.) wurden landwirtschaftlich genutzte Flächen zur Ertragssteigerung mit tierischen und menschlichen Fäkalien gedüngt.

Die Römer und Kelten waren die ersten, die kohlensauren Kalk und abgelagerten Mergel auf ihren Feldern ausbrachten. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts konnte der Chemiker Justus von Liebig die wachstumssteigernde Wirkung von Stickstoff, Phosphat und Kalium nachweisen.

Einige Jahre danach wurde Stickstoff in Form von Guano, einer Substanz, die aus den Exkrementen von Seevögeln gebildet wurde, als Düngemittel verwendet. Schnell erkannte man, dass diese Düngenvorräte begrenzt waren und der Export von Südamerika nicht rentabel war.

Zwischen 1905 und 1910 entwickelte der Chemiker Fritz Haber die katalytische Ammoniak-Synthese. Daraufhin gelang es dem Industriellen Carls Bosch, ein Verfahren zur massenhaften Herstellung von Ammoniak zu entwickeln; das Haber-Bosch-Verfahren.

Dieses Verfahren bildet die Grundlage für die Erzeugung von synthetischem Stickstoffdünger. (vgl. CHEMIE, 2016).

4.1.2 Geschichte der Feldfrucht Mais

Neben einigen Ur-Getreidearten zählt Mais zu den ältesten Kulturpflanzen der Welt. Den Ursprung hatte diese Feldfrucht in Mexiko, wo sie vor ca. 5700 Jahren erstmals genutzt wurde. Mit einer Kolbenlänge von ca. 2,5 cm war diese Form von Mais damals deutlich kleiner, als die heute uns bekannten Sorten. Der Ur-Maiskolben hatte nur wenige runde puffmaisartige Körner, welche an einer etwas dünneren Spindel unter einem männlichen Rispenast saßen.

Durch eine gezielte Auslese und vermutlich auch durch eine gezielte Kreuzung gelang es den Indios, den Mais zu kultivieren. Dies gilt als eine der größten Domestizierungsleistungen der Menschen!

Zu Beginn des 16. Jahrhunderts gelangte Mais in den spanischen und italienischen Raum, über den er bis in den orientalischen Raum des Mittelmeers sich ausbreitete. Im 17. Jahrhundert dominierte Mais in Westeuropa so stark, dass einige heimische Kulturen, wie beispielsweise der Hirseanbau, verdrängt wurden.

Um diese Zeit entwickelte sich der Maisanbau in Österreich sehr stark- und zwar im Rheintal in Vorarlberg. In der Annahme, Mais stamme aus der Türkei, nannte man diese neue Feldfrucht Türggen (Türken). (vgl. MAISANBAU IN ÖSTERREICH, 2016).

4.1.3 Maisanbau weltweit

Mais ist, neben Reis und Weizen, das Grundnahrungsmittel der gesamten Bevölkerung und bildet in vielen Regionen der Erde die Grundlage für die Fütterung von Nutztieren. Eine steigende Weltbevölkerung sowie ein steigender Konsum von verarbeiteten Lebensmitteln und Haushaltsprodukten lässt den Bedarf dieser Kulturpflanzen stetig steigen.

Schätzungen zufolge liefern Weizen, Reis und Mais rund 86 % der Weltgetreideproduktion.

Obwohl Körnermais mit einer Fläche von ca. 177 Mio. ha weltweit zwischen Weizen und Reis liegt, führt Mais in der Erntestatistik mit 988 Mio. t weltweit deutlich vor Weizen (725 Mio. t) und Reis (475 Mio.t). Eine erhöhte Produktivität der Kulturpflanze Mais ist erkennbar. (vgl. MAISKOMITEE, 2016).

In Abbildung 1 sind die weltweiten Anbauflächen für Körnermais in einem Zeitraum von 2011 bis 2014 dargestellt. Die Anbauflächen werden in 1000 ha angegeben.

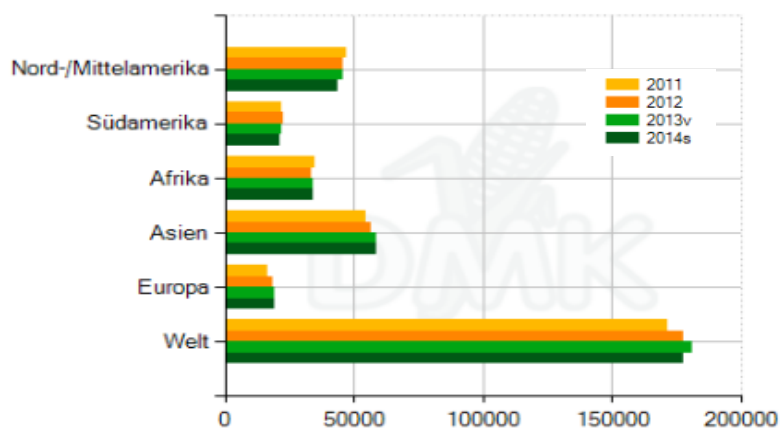


Abbildung 1: Anbaufläche Körnermais weltweit (Maiskomitee, 2016)

In Abbildung 2 werden die weltweiten Ertragsmengen von Körnermais in der Zeitspanne von 2010 bis 2015 dargestellt. Die Daten sind in Mio. t angegeben.

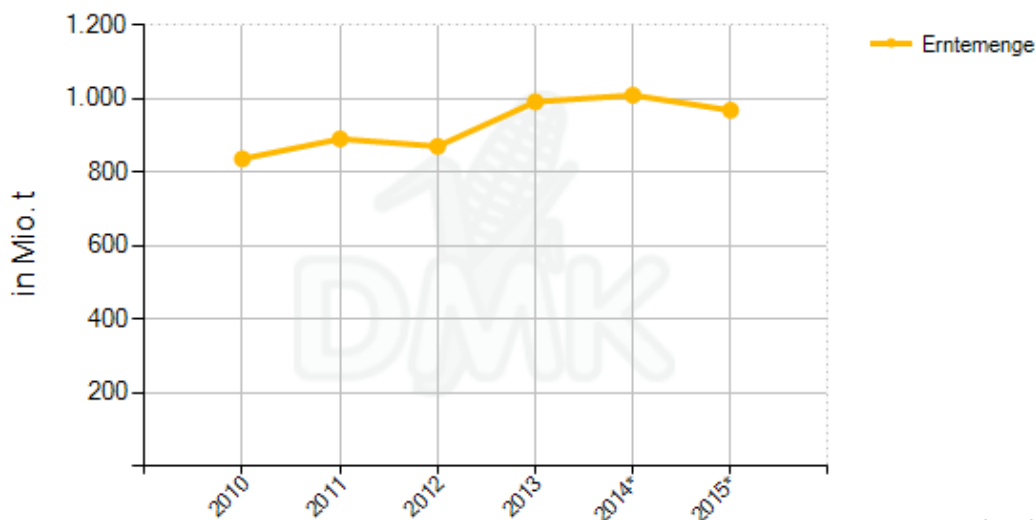


Abbildung 2: Weltmaiserzeugung-Körnermais (Maiskomitee, 2016)

4.1.4 Maisanbau in Österreich

Anfang des 17. Jahrhunderts gelang der Feldfrucht Mais ein großer Aufschwung in Österreich. Neben hohen Ertragsleistungen, im Vergleich zu anderen Kulturen und der vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten, beginnend mit dem Einsatz in der Futtermittelindustrie bis hin zur Lebensmittel- und Energiebranche, steigerte sich die Maisanbaufläche in Österreich jährlich.

Nach dem Zweiten Weltkrieg konnten mit den damals bekannten Getreidesorten, als auch mit Mais, ein Ertrag von zwei Tonnen pro Hektar erzielt werden.

Durch die Entwicklung von Hybridsorten sowie durch den Einsatz von speziellen Maschinen und Verfahren wurden nicht nur die Hektarerträge erhöht, sondern auch die Voraussetzungen für einen großflächigen Maisanbau in Österreich geschaffen.

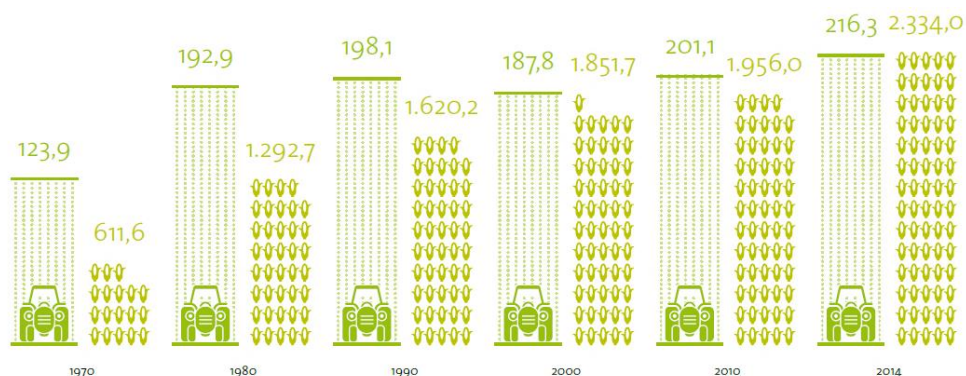


Abbildung 3: Entwicklung der Anbaufläche in ha und des Kornertrags in Österreich (Statistik Austria, 2016)

In Abbildung 3 ist die Relation zwischen Anbaufläche und Ertrag von Mais dargestellt. Die Flächen werden in Hektar, die Daten der Ernte in Tausend Tonnen angegeben.

Deutlich erkennbar ist die ansteigende Flächenproduktivität dieser Kulturpflanze.

Aufgrund der hervorragenden pflanzenbaulichen Eigenschaften von Mais und der guten Klima- und Bodenverhältnisse wird in Österreich Körner- und Silomais in vielen Regionen angebaut. Die Hauptanbauggebiete liegen in den Bundesländern Niederösterreich, Oberösterreich und der Steiermark. Speziell auf Rinderhaltungsbetrieben, aber auch in Schweinemast- und Geflügelhaltungsbetrieben wird Mais in starkem Umfang produziert. (vgl. MAISANBAU IN ÖSTERREICH, 2016).

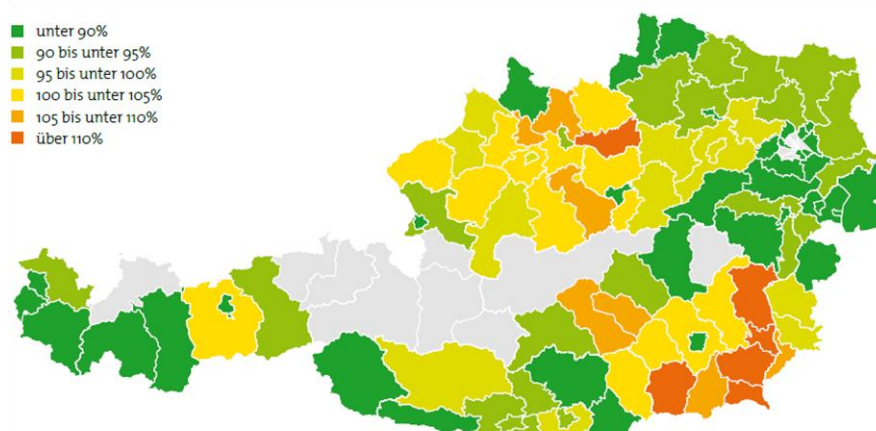


Abbildung 4: Ertragsniveaus für Körnermais (Statistik Austria, 2016)

Die Abbildung 4 zeigt das Ertragsniveau für Körnermais in den einzelnen Bezirken in Österreich. Die Ermittlung erfolgte durch WIFO-Berechnungen.

4.2 Pflanzenaufbau

Mais ist eine kälte- und besonders frostempfindliche C4-Pflanze. Bei dieser Kultur handelt es sich um eine einjährige Kurztagspflanze. Sie gehört zur Familie der Süßgräser (Poaceae).

Der Stängel der Maispflanze besteht, genauso wie die Maisspindel, im Inneren aus einer markigen Substanz. Auf ihm sitzen zahlreiche Blätter, die mit einer dicken Wachsschicht überzogen sind.

Inmitten des Maiskolbens befindet sich die Spindel, auf der reihenweise die weiblichen Blüten angeordnet sind. Diese werden von den Lieschen, umschlossen und geschützt. In der Blüte tritt an der Spitze des Kolbens der Griffel auf. Er besteht aus langfädigen Narben, die als Transportbahn für den männlichen Pollen zur weiblichen Blüte dienen.

Mais ist einhäusig getrenntgeschlechtlich.

Der weibliche Teil der Maispflanze tritt als mittig ständiger Kolben und die männliche Blüte als höchst ständige Rispe in Erscheinung.

Mais besitzt nach dem 8-Blattstadium ein sehr kräftiges, weniger feinfaseriges Wurzelsystem.

Die Wurzelmasse befindet sich im Oberboden.

Typisch für den Mais sind die an den untersten Nodien der Stängel auftretenden Wurzelkränze, die sogenannten Adventivwurzeln.

(vgl. PRANKL, 2015).

In der Abbildung 5 ist eine schematische Darstellung einer Maispflanze ersichtlich. Klar erkennbar sind die männlichen und weiblichen Bereiche der Pflanze.

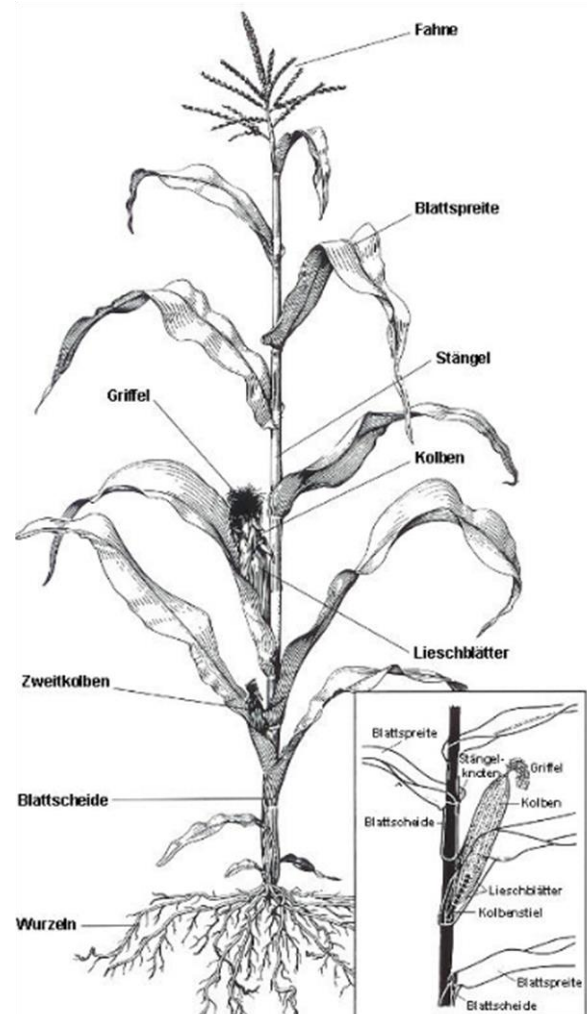


Abbildung 5: Schematischer Aufbau einer Maispflanze (Proplanta, 2016)

4.3 Düngung

4.3.1 Allgemeine Düngung

Mais unterscheidet sich bei der Nährstoffaufnahme und bei der Ertragsbildung wesentlich von anderen Getreidearten. Auf die sehr zögerliche Jugendentwicklung folgt eine Periode mit besonders intensivem Massenwachstum. Daher muss die Maisdüngung besonderen Anforderungen an Verfügbarkeit, Menge und Platzierung der Nährstoffe entsprechen. (vgl. ENTRUP UND OEHMICHEN, 2000).

Mais beginnt ab dem 8-Blattstadium mit einem starken Massenwachstum. Zu diesem Zeitpunkt sollen daher die Hauptnährstoffe in ausreichender Menge und in der oberen Bodenschicht verfügbar sein. Die Nährstoffaufnahme wird ab dem Eintrocknen der Narbenfäden erheblich reduziert. (vgl. HÖLZL, 2014).

4.3.2 Stickstoff(N)- Düngung

Auch bezeichnet als „Motor des Pflanzenwachstums“ ist Stickstoff ein besonderer Produktionsfaktor. Da Stickstoff wesentlicher Bestandteil der Proteine und Proteide, des Chlorophylls und von Wirkstoffen ist, gehört er zu den Grundstoffen pflanzlichen Lebens. (vgl. ENTRUP UND OEHMICHEN, 2006).

90 % bis 95 % des Stickstoffes (N), welche im Boden enthalten sind, liegen im Humus gebunden vor. Der restliche Stickstoff (N) liegt in Ammonium (NH_4^+)- und Nitrat (NO_3^-)- Form vor, beide Formen können von der Maispflanze genutzt werden. (vgl. ENTRUP UND OEHMICHEN, 2000).

Zum Zeitpunkt der Kolbenausprägung im 10-12-Blattstadium muss die höchste N-Verfügbarkeit gegeben sein. Welche Stickstoffform am besten ist, um bis zum Hauptbedarf nach 6-8 Wochen noch vollständig zur Wirkung zu kommen, hängt vom Klima in den Bundesländern ab. Stabilisierter N ist in niederschlagsreichen Gebieten durchaus rentabel. (vgl. ELFRICH, 2016).

Bei der N-Düngung reicht eine Andüngung zwischen 0 und 30 kg N/ha. Die Hauptgabe soll im Acht-Blattstadium erfolgen, wobei ein N_{\min} -Wert von 180 bis 200 kg N/ha angestrebt werden soll. (vgl. DACHLER, 1995).

Teilung der Düngergaben:

Eine zu hohe Düngung, vor allem vor der Saat im Frühjahr ist zu überdenken, da bei leichten Böden eine große Auswaschungsgefahr besteht. Um die Auswaschungsgefahr zu mindern, ist eine Teilung der Gaben sinnvoll.

Schnell wirkende und leicht lösliche Stickstoffgaben von mehr als 100 kg/ha sind laut Aktionsprogramm Nitrat 2012 zu teilen. Ausgenommen sind Gemüsekulturen und Hackfrüchte auf mittel bis hohen sorptionskräftigen Böden. Bei den mittelschweren Böden kann auch vor dem Anbau der gesamte Stickstoff mit nachfolgender Einarbeitung gedüngt werden. Stabilisierte N-Dünger stellen auch eine Möglichkeit dar, sich eine zweite Düngegabe zu ersparen. (vgl. HÖLZL, 2014).

4.3.3 Stabilisierte N-Düngung

Die sogenannten stabilisierten N-Dünger unterscheiden sich von herkömmlichen Ammoniumdüngern und Nitratdüngern durch den Zusatz von Nitrifikationsinhibitoren. Sie bewirken, dass die Umsetzung von Ammonium zu Nitrat durch die Bodenmikroben um einen Zeitraum von 4 bis 10 Wochen verzögert stattfindet. Die Nitratfreisetzung aus Ammonium, wird dadurch im Boden verlangsamt. (vgl. EFFIZIENTDUENGEN, 2016).

Durch stabilisierte N-Dünger wird ein Vorrat an Ammonium, der vor Verlagerung geschützt ist, im Boden aufgebaut. Die Pflanze kann Ammonium genauso wie Nitrat aufnehmen, daher kommt es zu

einer vom Pflanzenwachstum bedarfsgerecht gesteuerten Versorgung mit Stickstoff. Folglich können höhere Stickstoffmengen in einer Applikation ausgebracht werden, Teilgaben sind nicht mehr nötig.

Ein weiterer positiver Effekt von N-stabilisierten Düngemitteln ist der geringe Nitratgehalt im Boden, Stickstoffverluste, die von Nitrat ausgehen, können somit reduziert werden. Zudem trägt die verbesserte Ausnutzung der Nährstoffe dazu bei, dass umweltbelastende Stickstoffverluste so gering wie möglich gehalten werden. (vgl. BRENNER, 2012).

„Die Mehrkosten stabilisierter Stickstoffdünger sind in der Regel über die Einsparung einer Überfahrt schon mehr als ausgeglichen“. (BRENNER, 2012).

Ein Düngeversuch über 5 Jahre vom Versuchsreferat der steirischen Landwirtschaftsschulen zeigt, dass im direkten Vergleich des stabilisierten Dünger Entec mit einem Vergleichsdünger ohne Stabilisator (Ammonsulfatsalpeter) keine gesicherten Ertragsunterschiede festgestellt werden konnten. Bei diesem Versuch zeigte sich eindeutig, dass der stabilisierte Dünger Entec höhere Düngekosten verursachte und tendenziell einen geringeren Ertrag erzielte. (vgl. HÖFLER, 2005).

4.3.4 Der Stickstoffkreislauf im Boden

Im biologischen Kreislauf durchlaufen alle in den abgestorbenen Pflanzen enthaltenen organischen Verbindungen einen mikrobiellen Abbau. Am Ende dieses Prozesses erscheinen sie als anorganisch, pflanzenaufnehmbare Verbindungen.

Ammonifikation

Den ersten Schritt der Mineralisation bezeichnet man als Ammonifikation. Aus Pflanzen- und Tierresten werden bei der Ammonifikation Ammoniak (NH_3) und Ammonium (NH_4^+) frei.

Nitrifikation

Der Ammoniak, welcher entweder bei der ersten Stufe der Mineralisierung gebildet wird oder mit der Düngung zugeführt wird, wird im Boden durch zwei Bakteriengruppen zu Nitrat umgewandelt.

- von Ammonium (NH_4^+) zu Nitrit (NO_2^-) durch Nitrosomonas
- von Nitrit (NO_2^-) zu Nitrat (NO_3^-) durch Nitrobacter

Denitrifikation

Der Prozess bei dem bestimmte Bakterien- und Bodenpilzarten Nitrat (NO_3^-) zu molekularem Stickstoff (N_2) umsetzen, der dann in die Luft entweicht, wird als Denitrifikation bezeichnet. Die N-Verluste, welche durch Denitrifikation verursacht werden, können je nach Boden- und Klimabedingungen gering bis beachtlich sein.

Die N-Verluste durch Nitrifikation sind aus landwirtschaftlicher Sicht, so wie alle Nährstoffverluste, als nachteilig einzustufen, aus wasserwirtschaftlicher Sicht jedoch sind sie als Vorteil zu sehen, da der mit dem Sickerwasser ins Grundwasser gelangende Nitratanteil teilweise abgebaut wird.

N-Bindung im Boden

Im N-Haushalt des Systems Pflanze-Boden stellt die biologische N-Bindung schon immer eine wichtige Position dar. In früheren Jahrhunderten war die biologische N-Bindung die einzige Möglichkeit, Stickstoff für die Ernährung der Pflanzen zu binden.

Bei den N-bindenden Organismen unterscheidet man drei verschiedene Gruppen:

- freilebende Mikroorganismen
- Assoziationen zwischen Mikroorganismen und höheren Pflanzen
- Symbiosen, wichtigste Gruppe sind die Rhizobien. (vgl. STURM ET AL, 1994)

Körnerleguminose	Stickstoffbindung in kgN/ha und Jahr	
	Variationsbreite	Durchschnittswerte
Ackerbohne	100-450	170
Erbse	50-300	100
Linse	30-150	80
Sojabohne	60-300	100
Klee	50-350	250
Luzerne	100-400	250

Tabelle 1: N-Fixierleistung Körnerleguminosen (Freyer et al, 2005)

Die Stickstoff-Verlagerung und –Auswaschung

Zu den natürlichen Vorgängen des N-Kreislaufes zählt die Verlagerung von N-Verbindungen im Boden. Diese Verlagerung erfolgt über 90 % in der leichtlöslichen und leichtbeweglichen Nitratform (NO_3^-).

Wenn der Stickstoff aus der durchwurzelten Zone in den Unterboden verlagert wird, spricht man von Auswaschung. (vgl. STURM ET AL, 1994).

Auswaschungsgefährdet ist zunächst der Stickstoff, der in 60-90 cm Bodentiefe vorliegt. Bei fehlendem Pflanzenbewuchs und höheren Niederschlagsmengen in den Herbst- und Wintermonaten kommt es zu einer abwärts gerichteten Wasserbewegung, Nitrat kann mit dieser in tiefere Bodenschichten oder ins Grundwasser ausgewaschen werden. Es ist entscheidend, dass zu Herbstbeginn, nach der Ernte, keine hohen Nitratgehalte im Boden vorhanden sein dürfen. (vgl. EFFIZIENTDUENGEN, 2016)

Die Abbildungen 6 und 7 zeigen ein Schema der Nitratauswaschung sowie des N-Kreislaufes in der Natur.

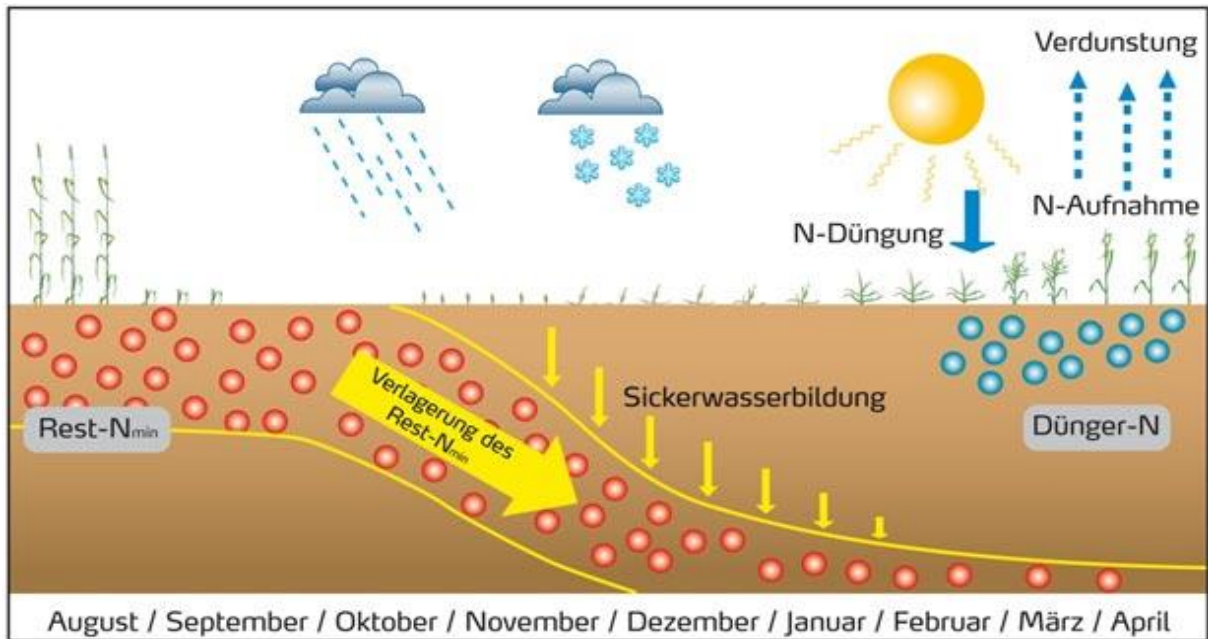


Abbildung 6: Schema der Nitratauswaschung (EFFIZIENTDUENGEN, 2016)

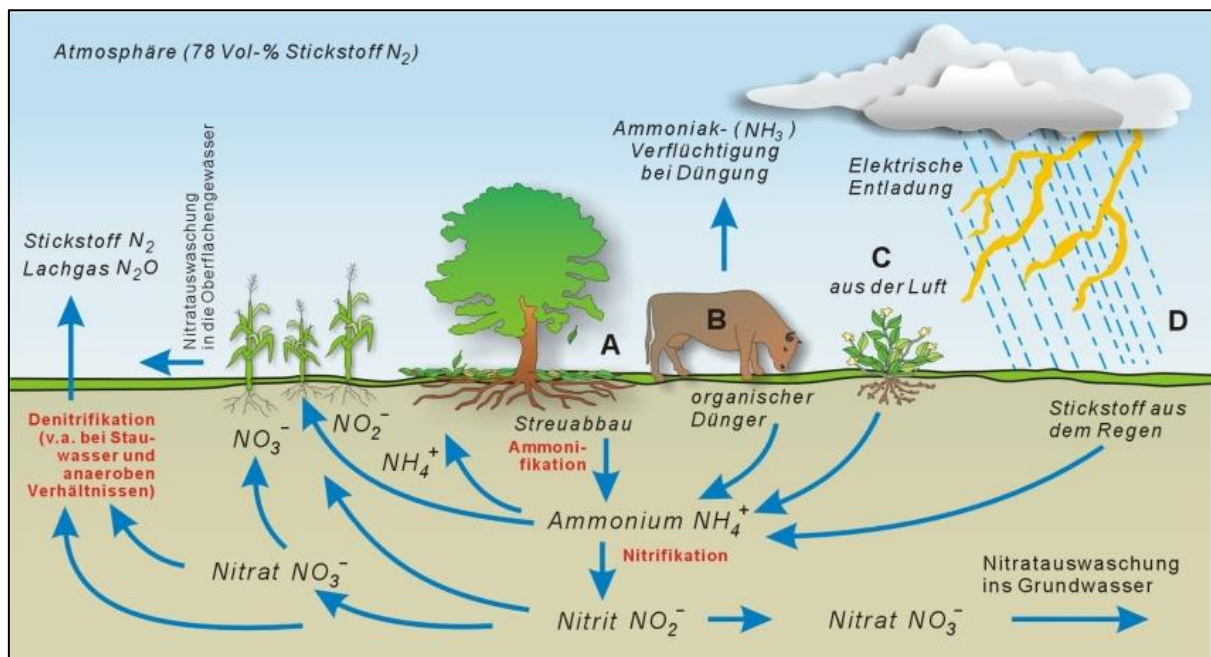


Abbildung 7: N-Kreislauf (STMUV Bayern, 2006)

4.3.5 Düngung und Gewässerbelastung

Ein Überschuss an Nitrat, welcher von Pflanzen nicht aufgenommen wird, kann bei Schneeschmelze und Regen in tiefere Bodenschichten ausgewaschen werden. Nitrat in höherer Konzentration wird durch die intensive landwirtschaftliche Nutzung sowie Abwasserversickerungen verursacht.

Der aktuelle Grenzwert für Nitrat im Trinkwasser liegt laut Trinkwasserverordnung bei 50 mg Nitrat/l. Die Qualitätsverordnung Chemie Grundwasser hat die Grundwasserschwellenverordnung abgelöst und einen Vorsorgewert von 45 mg Nitrat/l beibehalten.

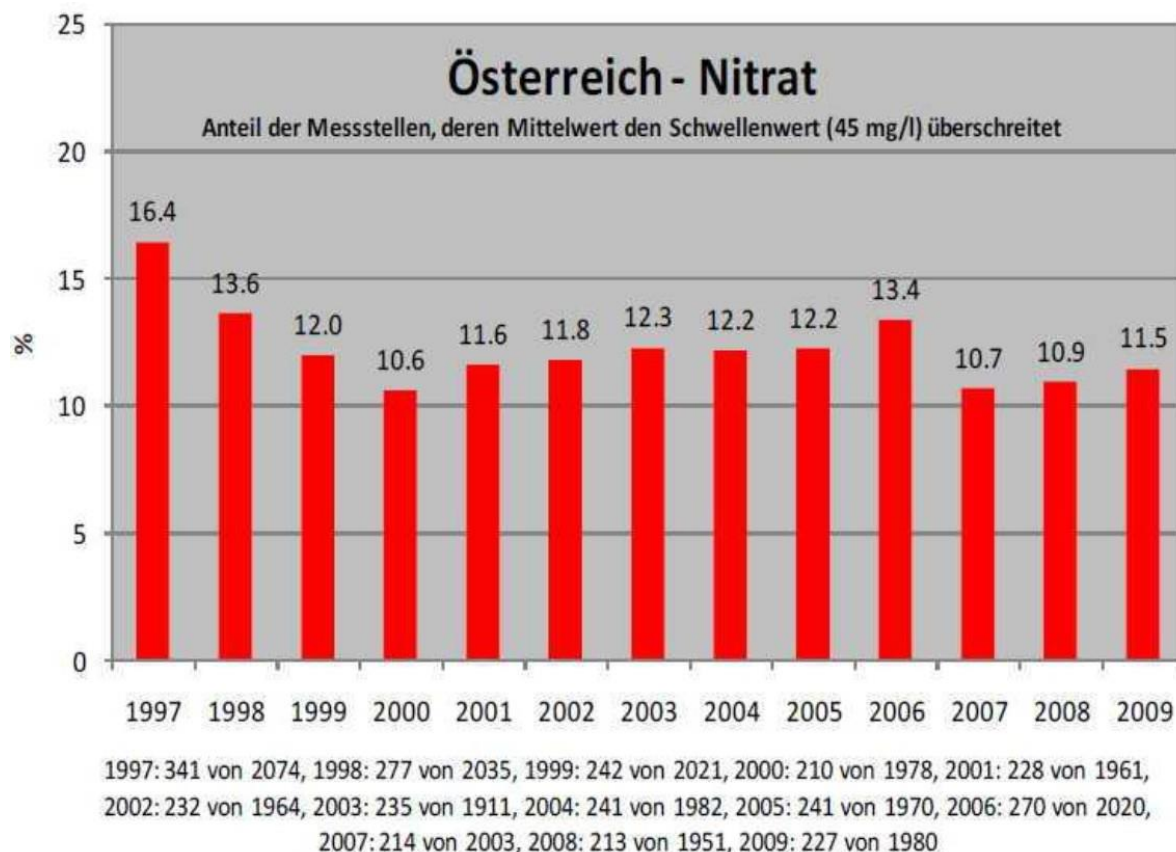


Abbildung 8: Österreich-Nitrat (BMLFUW, 2016)

Die Abbildung zeigt den Anteil jener Messstellen, deren Mittelwert den Schwellenwert (Vorsorgewert 45 mg/l) überschreitet. Seit 1997 zeigt die Entwicklung der Nitratgehalte eine Abnahme der Belastung mit deutlichen Schwankungen von wenigen Prozentpunkten. Dies kann auf natürliche gegenläufige Effekte wie Niederschlagsschwankungen oder Bodenverhältnisse zurückgeführt werden.

(vgl. BMLFUW, 2016).

In Österreich decken rund 1 Million Menschen ihren Wasserbedarf selbst durch Hausbrunnen ab und sind daher selbst für die Qualität verantwortlich. Aus WasserCheck-Analysen zeigen die östlichen Bundesländer wie Niederösterreich, Burgenland und Wien ein starkes Nitratproblem auf. So überschritten in Niederösterreich 21,5 %, im Burgenland 22,5 % und in Wien 22,6 % der Proben den Grenzwert. Im hygienischen Zustand liegt der absolute Tiefpunkt bei Hausbrunnen, rund 40 % der Hausbrunnen sind als „nicht genusstauglich“ einzustufen.

Die Abbildung 9 zeigt die Nitrat Mittelwerte von Hausbrunnen nach Postleitzahlgebieten. Die rot eingefärbeten Gebiete sind jene, wo der Grenzwert der Trinkwasserqualität von 50 mg Nitrat/l in Hausbrunnen überschritten wird. (vgl. SUPERMED, 2016).

Nitrat in Österreichischen Hausbrunnen

Datenbasis: WasserCheck Proben 2003 bis 2014
NO₃ Mittelwerte über Postleitzahlgebiete

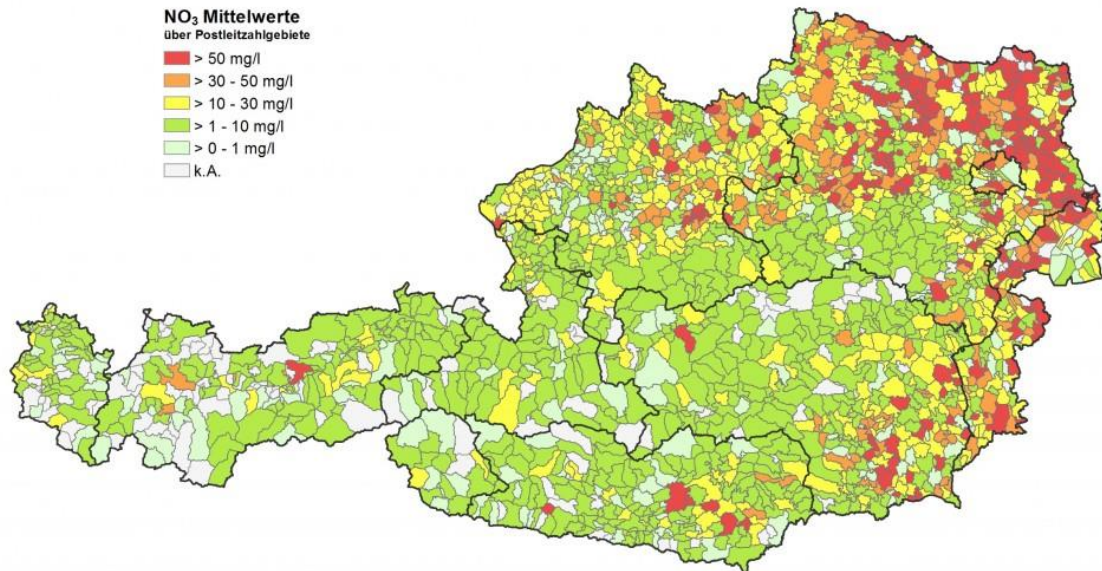


Abbildung 9: Nitrat in Österreichischen Hausbrunnen (AQA, 2015)

4.4 Bestandesführung

Ein gleichmäßiger, gesunder Bestand kann nur durch Sorgfalt beim Anbau erzielt werden.

Eine Winterfurche im Herbst nach einer Zwischenfrucht oder nach der Ausbringung von Wirtschaftsdünger ist im Maisanbau sehr zu empfehlen. Dieser Vorgang gewährleistet neben einem reinen Tisch, die Unterdrückung von Schädlingen und Beikräutern.

Im Frühjahr wird eine seichte Saatbettbereitung durchgeführt, um Verdunstungen gering zu halten. Neben einem feinen Saatbett wird eine Lockerungstiefe entsprechend der optimalen Saattiefe von 4 bis 6 cm angestrebt.

Auch der mögliche Einsatz von Voraufbauherbiziden zeigt nur bei ausreichend feinem Saatbett Wirkung. Es ist jedoch eine „goldene Mitte“ zu finden, denn bei zu feinem Saatbett besteht die Gefahr der Verkrustung und erhöhte Wind- oder Wassererosion. (vgl. PRANKL, 2015).

4.4.1 Nährstoffentzüge und Verlauf:

Bei der Kulturart Mais kann weder mit der Düngung noch mit Wachstumsregulatoren der Bestand gezielt reguliert werden. Mais entwickelt sich in der Jugend sehr langsam, benötigt dabei auch weniger Nährstoffe. Gegen Ende Juni kommt es zu einem raschen Wachstum und somit auch zu einem erhöhten Nährstoffbedarf. (vgl. KWS, 2016).

Nährstoff	Silomais (28 %TS)	Körnermais (86 % TS)	
	je 100 dt Frischmasse	Körner (10 dt)	Stroh (10 dt)
Stickstoff (N)	30-40	12-16	5-9
Phosphat (P ₂ O ₅)	15-25	6-11	5-7
Kalium (K ₂ O)	35-50	4-6	15-25
Magnesium (MgO)	7-13	2-3	2-4
Kalk (CaO)	10-18	2-3	5-7
Schwefel (S)	3-5		

Tabelle 2: Nährstoffentzüge bei verschiedenen Mais-Nutzungsarten (Mais-Anbauplaner, 2016)

In Tabelle 2 werden die Nährstoffentzüge bei der Silo- und Körnermaisnutzung dargestellt. Die Daten werden in kg/ha je 100 dt Silomais-Frischmasse [28 % TS] und 10 dt Körnermais [86 % TS] angegeben.

4.4.2 Empfohlene Düngung

In Tabelle 3 ist ein Überblick über den Düngemiteleinsatz in der Kultur Mais dargestellt. Neben der Art des Düngemittels sind auch der Einsatzzeitpunkt und die Einsatzmenge ersichtlich.

Art	Menge [kg/ha]	Applikationszeitpunkt
Stickstoffdüngung	140 – 200	vor der Saat, Unterfuß, vor oder nach dem Auflaufen
Phosphatdüngung	40 – 80	Unterfuß
Kaliumdüngung	200 – 250	vor der Saat (Frühjahr, Herbst)
Schwefeldüngung	30 – 40	vor der Saat, Unterfuß, vor oder nach dem Auflaufen
Magnesiumdüngung	40 – 70	vor der Saat, Unterfuß, vor oder nach dem Auflaufen

Tabelle 3: Empfohlene Düngemengen (vgl. KWS, 2016)

Zum Zeitpunkt der Blüte, 10-15 Tage vor und 25-30 Tage danach, herrscht der höchste Nährstoffentzug. In diesem Zeitraum werden dem Boden ca. 85 % des gesamten Stickstoffbedarfs, 73 % des Phosphat- und 96 % des Kaliumbedarfs entzogen. Auch während der Kolbenreife nimmt die Pflanze größere Mengen an Stickstoff und Phosphat auf. Die Kaliumaufnahme ist bis zu diesem Zeitpunkt abgeschlossen. (vgl. KWS, 2016).

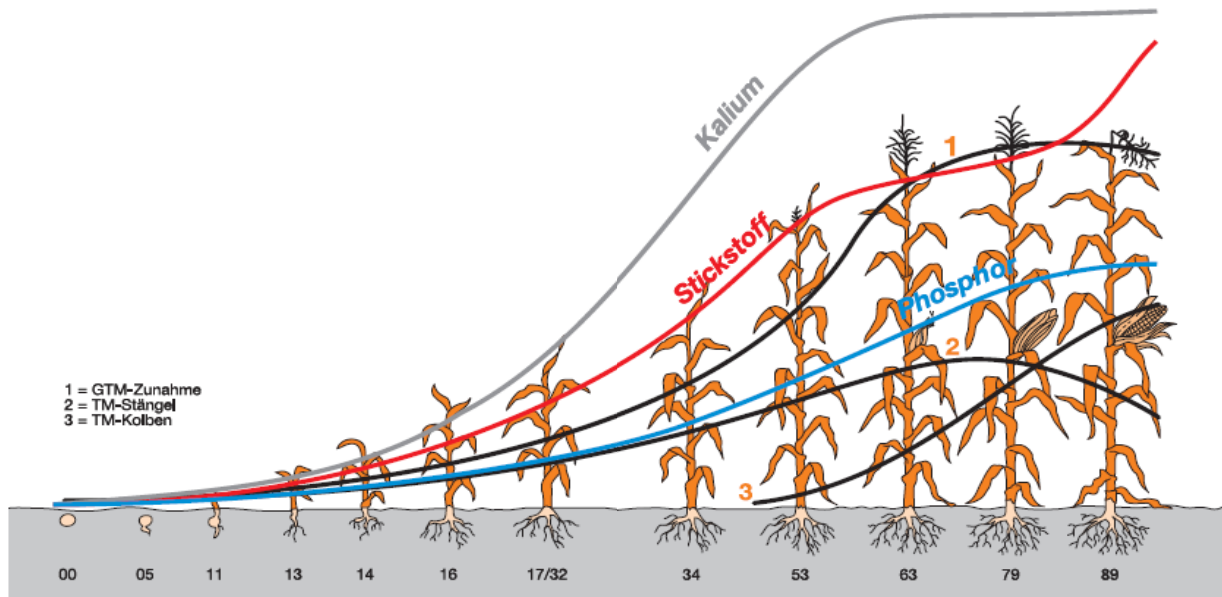


Abbildung 10: Wachstums- und Vegetationsverlauf der Maispflanze (vgl. KWS, 2016)

In Abbildung 10 wird neben den Entwicklungsstadien von Mais der Nährstoffelementbedarf in den einzelnen Wachstumsphasen dargestellt. Klar ersichtlich ist der ansteigende Düngemittelbedarf im Zeitraum der Blüte.

4.4.3 Einzelnährstoffe:

4.4.3.1 Stickstoffdüngung

Bei der Düngung mit Stickstoff besteht die Gefahr einer Verlagerung in tiefere Bodenschichten (siehe Kapitel 4.3.2). Grund dafür ist die Auswaschung durch Niederschläge. Um die Stickstoffversorgung optimal zu betreiben, sind sowohl die N_{\min} -Gehalte, als auch die Stickstoffnachlieferung im Laufe der Periode zu beachten. (vgl. ENTRUP UND OEHMICHEN, 2006).

4.4.3.2 Phosphatdüngung

Problematisch ist die Phosphatdüngung in der Jugendphase bei Mais, da das Wurzelsystem der Jungpflanzen noch gering ausgebildet ist. Besonders auf kalten, unberührten Böden, sowie bei kühler Witterung ist das Phosphataneignungsvermögen besonders gering. Unterfußdüngungen, welche mit einer Stickstoffdüngung kombiniert werden, können hierbei Aushilfe schaffen. Stickstoffhaltiger Dünger beeinflusst die Verfügbarkeit von Phosphat positiv.

Die empfohlene Düngung unter Berücksichtigung des Phosphatgehalts im Boden beträgt 50-70 kg Phosphat (P_2O_5). (vgl. MAISKOMITEE, 2016).

4.4.3.3 Kaliumdüngung

Neben einer Verbesserung der Standfestigkeit und der Widerstandskraft gegen Stängelfäule dient Kalium auch zur Aufrechterhaltung des osmotischen Drucks und der Regulierung des Wasserhaushalts. Kalium ist auch an der Aktivierung zahlreicher Enzyme im Stoffwechsel der Pflanzen beteiligt.

Bei der Kaliumdüngung ist auf den Magnesiumgehalt zu achten, denn nur in Verbindung mit Magnesium ist eine optimale Wirkung von Kalium zu erzielen. Kalium und Magnesium sollen immer in einem Verhältnis von 2:1 zueinander stehen.

Die empfohlene Düngung beträgt rund 200-240 kg/ha Kalium. (vgl. KWS, 2016).

4.4.4 Nährstoffversorgung mit organischen Wirtschaftsdüngern

Eine ausgeprägte Schleimentwicklung der Wurzeln ermöglicht es dem Mais, Nährstoffe aus organischen Verbindungen effektiv zu nutzen. Der Grund für einen erhöhten Wirtschaftsdüngereinsatz im Maisanbau ist das Zusammentreffen der jahreszeitlich hohen Mineralisationsraten und des Hauptnährstoffbedarfs im Juli.

Oberstes Ziel bei der Ausbringung von organischem Wirtschaftsdünger muss die Erhöhung der N- und P-Effizienz sowie die Verbesserung der Humusbilanz sein. Dieses Ziel kann durch eine Minimierung der Lager- und Ausbringungsverluste erreicht werden.

Innovationen wie die Gülleausbringung mit dem Schleppschlauchsystem fördern einerseits die Reduktion der landwirtschaftlich klimarelevanten Emissionen und andererseits die Minimierung der Geruchsemissionen. Dieses System sorgt für eine bodennahe Ausbringung und trägt zu einer schonenden und effizienten Düngung bei. (vgl. HÖLZL, 2014).

4.4.5 Beizschutz

Der Hauptnutzen einer Beizung ist neben der Sicherung eines möglichst hohen Feldaufgangs, der Schutz der Saat und der jungen Maispflanzen vor Vogelfraß, Pilzbefall und Insekten.

Das Beizmittel bildet eine Art Schutzschicht um das Korn, welche bis nach dem Aufgang bestehen bleibt.

4.4.6 Herbizideinsatz

Wie bei anderen Kulturen gilt es auch bei Mais, diesen bestmöglich in der Jugendentwicklung zu unterstützen. Mais ist, besonders wenn der Reihenschluss noch nicht gegeben ist, sehr empfindlich gegenüber Unkrautkonkurrenzen. Die Unkräuter überwuchern die Maispflanzen und konkurrieren mit ihm, neben Licht und Wasser, auch um wichtige Nährstoffe. Unkräuter wie Gänsefuß-Arten, Vogelmieren oder Knöterich-Arten kommen verstärkt vor. Herbizidmaßnahmen sind zu ergreifen, um einen sicheren und verlässlichen Aufwuchs zu gewährleisten. Bei einem unsachgemäßen Einsatz von Herbiziden kann es zu direkten Schäden der Maispflanze und im Zuge dessen zu einer Ertragsminderung kommen.

4.4.7 Insektizideinsatz

Durch den Einsatz von geeigneten Beizmitteln und dem bislang geringen Schädlingsdruck, spielt der Einsatz von Insektiziden derzeit nur eine untergeordnete Rolle. In manchen Regionen Österreichs ist er dennoch notwendig, um größere Schäden in den Beständen durch den Maiszünsler zu vermeiden. Durch das späte Auftreten dieses Schädlings sind spezielle Gerätschaften für die Applikation erforderlich. (vgl. KWS, 2016).

4.5 Düngemittel

4.5.1 ALZON 46

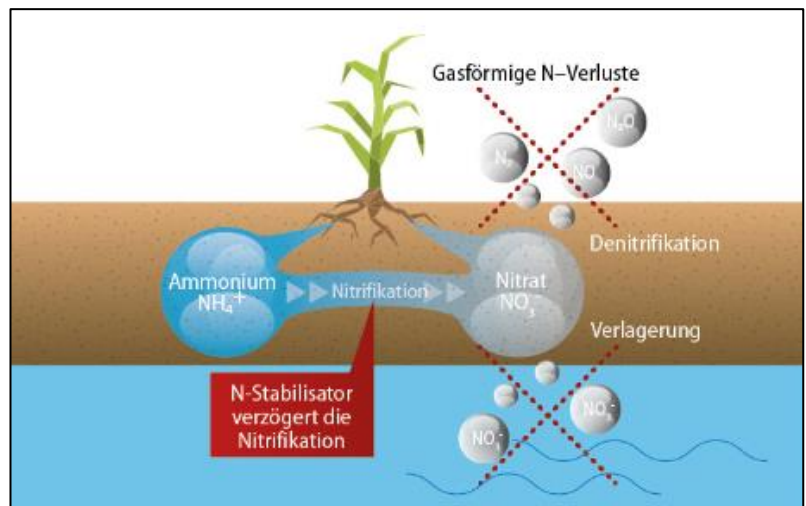
Produkteigenschaften:

Der Stickstoffdünger „ALZON 46“ ist ein Markenprodukt der SKW Stickstoffwerke Piesteritz GmbH. Er ist ein Gemisch aus Dicyandiamid und 1H-1,2,4-Triazol, genauer gesagt Harnstoff 46 mit einem Nitrifikationshemmstoff, der rund 46 % Gesamtstickstoff als Carbamidstickstoff enthält. Charakteristisch für diesen chemischen Dünger sind neben seiner hellblauen Farbe ein mittlerer Korndurchmesser von 3,5 mm und eine Korngröße von rund 1,6-5,0 mm.

Durch den Nitrifikationshemmstoff können nicht nur Teilgaben eingespart werden, auch eine zeitlich variable Einteilung des Düngezeitpunktes ist möglich. Eine passende Witterung, genauer gesagt ausreichend Niederschläge in der vegetativen Phase, sorgen für eine bedarfsgerechte Stickstoffanlieferung, welche in Folge höhere Erträge und bessere Qualität bringt. Dieser Dünger ist hoch wirtschaftlich, da einerseits durch die eingesparten Teilgaben eine Einsparung von Arbeitszeit erzielt wird und andererseits gute Erträge einen kalkulierbaren Gewinn erreichen (vgl. SKWP, 2016).

Wirkungsprinzip:

Wie bereits in dem Kapitel 4.3.2 erwähnt, unterliegt Stickstoff in Form von Ammonium oder Carbamid im Boden der Nitrifikation. In kurzer Zeit wird der Stickstoff von Bakterien durch eine mikrobielle Oxidation zu Nitrat umgewandelt. Diese Form von Stickstoff unterliegt jedoch großer Gefahr der Auswaschung und der Einlagerung in



Pflanzen unerreichbaren Schichten, **Abbildung 11: Funktion eines N-stabilisierten Düngemittels (SKWP, 2016)** da er in der Bodenlösung frei beweglich ist.

Die Pflanze kann den Stickstoff in Nitratform nicht in stetig benötigten Mengen aufnehmen und wird somit nach der Ausbringung übertersorgt. Die Folgen einer Übertersorgung sind nicht selten Lagergetreide, sowie verstärkte Anfälligkeit auf Krankheiten und Schädlinge. Lösung für dieses Problem wäre eine Teilung der Düngergaben, welche die Düngung von Stickstoff erheblich aufwendiger machen würde.

Daher empfiehlt sich der Einsatz von N-stabilisiertem Dünger, welcher nicht nur eine Zusammenfassung der N-Einzelgaben sondern auch einige Düngerüberfahrten einsparen kann.

Die Pflanzen können somit bedarfs- und termingerecht versorgt und witterungsbedingte Wachstumsprobleme überbrücken bzw. vermindern. Eine Steigerung der N-Effizienz und eine Wirtschaftlichkeit der Unternehmung sind somit möglich. (vgl. SKWP, 2016).

4.5.2 ENTEC

ENTEC 26 ist ein granulierter, grün eingefärbter stabilisierter N-Dünger. Im Handel bezeichnet ENTEC jenes Düngemittel, das den Ammonium-Stabilisator 3,4-Dimethylpyrazolphosphat, kurz DMPP enthält. Durch den Stabilisator DMPP wird die Aktivität der Nitrosomonas Bodenbakterien reduziert und gehemmt. Die Nitrifikation, wie in Kapitel 4.3.4 genauer beschrieben wird, wird dadurch im Boden verzögert. Abhängig von der Bodentemperatur, der Bodenart und der Bodenfeuchte wirkt ENTEC 4-10 Wochen lang.

ENTEC enthält einen geringen Nitratanteil (30 %) und einen hohen Ammoniumanteil (70 %), der Nitratanteil ist schnell wirksam und deckt damit, zusammen mit dem Bodenstickstoff, den Sofortbedarf von Mais ab.

Parallel zum ansteigenden N-Bedarf der Pflanze im Laufe der Vegetation, wird der Wirkstoff DMPP im Düngemittel abgebaut, dadurch lässt die Stabilisierung nach, und es wird vermehrt Ammonium in Nitrat umgewandelt. Dadurch kann der mehr werdende N-Bedarf der Pflanze kontinuierlich abgedeckt werden, sodass kaum N-Verluste auftreten.

Da die Pflanzen den Stickstoff erst bei ausreichender Schwefelversorgung optimal nutzen können, enthält ENTEC auch wasserlöslichen Schwefel. Der Wirkstoff DMPP ist sehr gut pflanzenverträglich, wird im Boden vollständig abgebaut und kann somit im Erntegut nicht nachgewiesen werden. DMPP ist zudem auch unschädlich für Regenwürmer, Wasserorganismen und zusätzlich wegen der starken Bindung an die oberen Bodenhorizonte nicht auswaschungsgefährdet.

ENTEC wirkt selektiv auf die Aktivität der Nitrosomonas Bodenbakterien, andere Bodenmikroorganismen werden nicht beeinflusst. Eine der Eigenschaften von ENTEC ist die Reduktion der Nitrat-Verlagerung und Nitrat-Auswaschung im Boden. Der Einsatz von ammoniumstabilisierten Düngern führt daher zu einer Reduktion des Nitratgehaltes im Grundwasser.

Die Vorteile des ENTEC-Düngers im Mais liegen darin, dass die zu Beginn verhaltene, nach und nach aber sichere Nitrat-Anlieferung den Ansprüchen der Maispflanze entspricht. Der geringe Nitratgehalt sichert den N-Bedarf in der Jugendentwicklung von Mais.

Mit ENTEC wird die gesamte Menge an Stickstoff schon zur Saat gedüngt. Somit kann die 2. Überfahrt im 6-8-Blattstadium eingespart werden, welche bei der Gabenteilung der Düngung mit Harnstoff erforderlich wäre. (vgl. OMYA, 2016).

5 Material und Methoden

5.1 Geografische Lage

Beide Versuchsstandorte befinden sich in Oberösterreich. In den folgenden Abbildungen sind die Standorte jeweils rot markiert.

Der erste Versuch wurde bei Familie Bäck in Appersberg, Gemeinde Wilhering angelegt. Appersberg liegt süd-westlich von Linz.

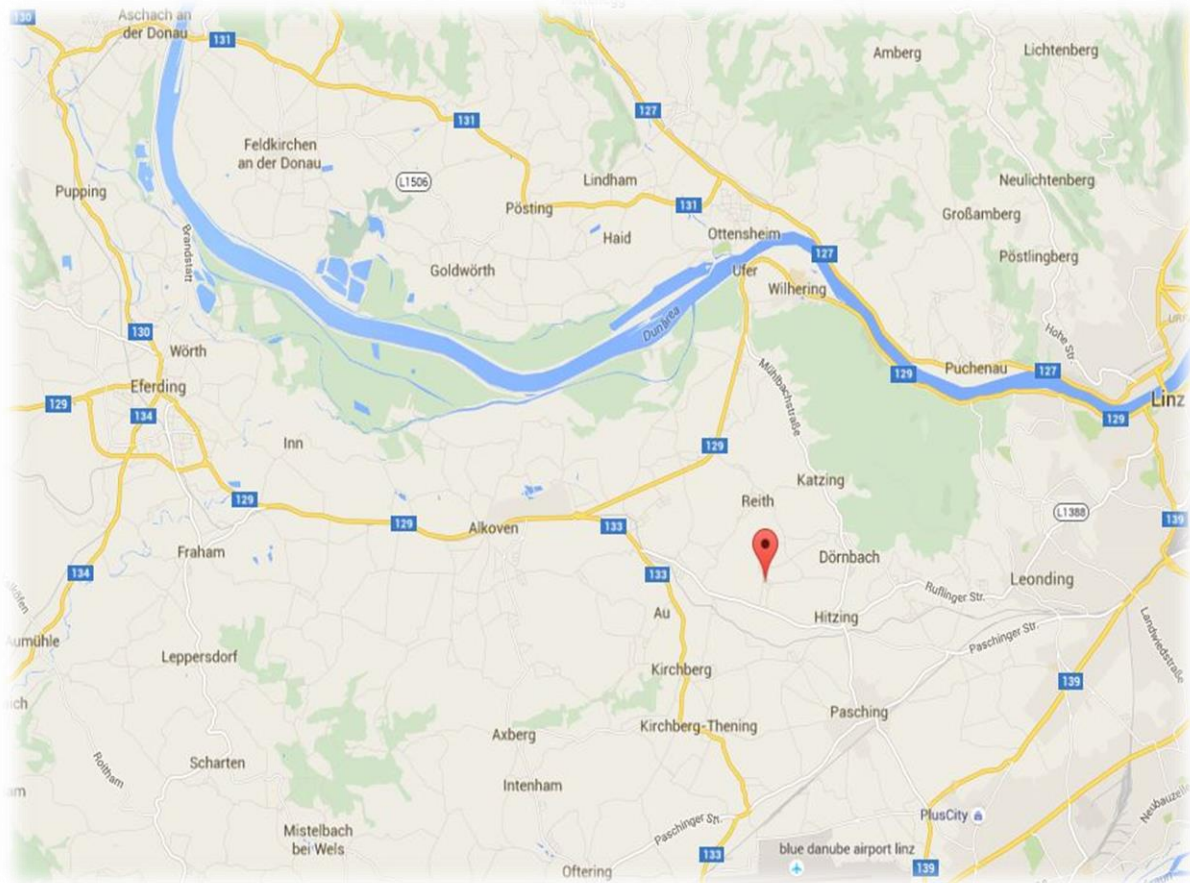


Abbildung 12: Geographischer Standort Betrieb Bäck (Google maps, 2016)

Der zweite Versuchsstandort liegt in Mayersdorf, Gemeinde Eberstalzell und wurde bei Familie Pernegger angelegt. Mayersdorf liegt süd-westlich von Sattledt und ist rund 30 km Luftlinie von Appersberg entfernt.

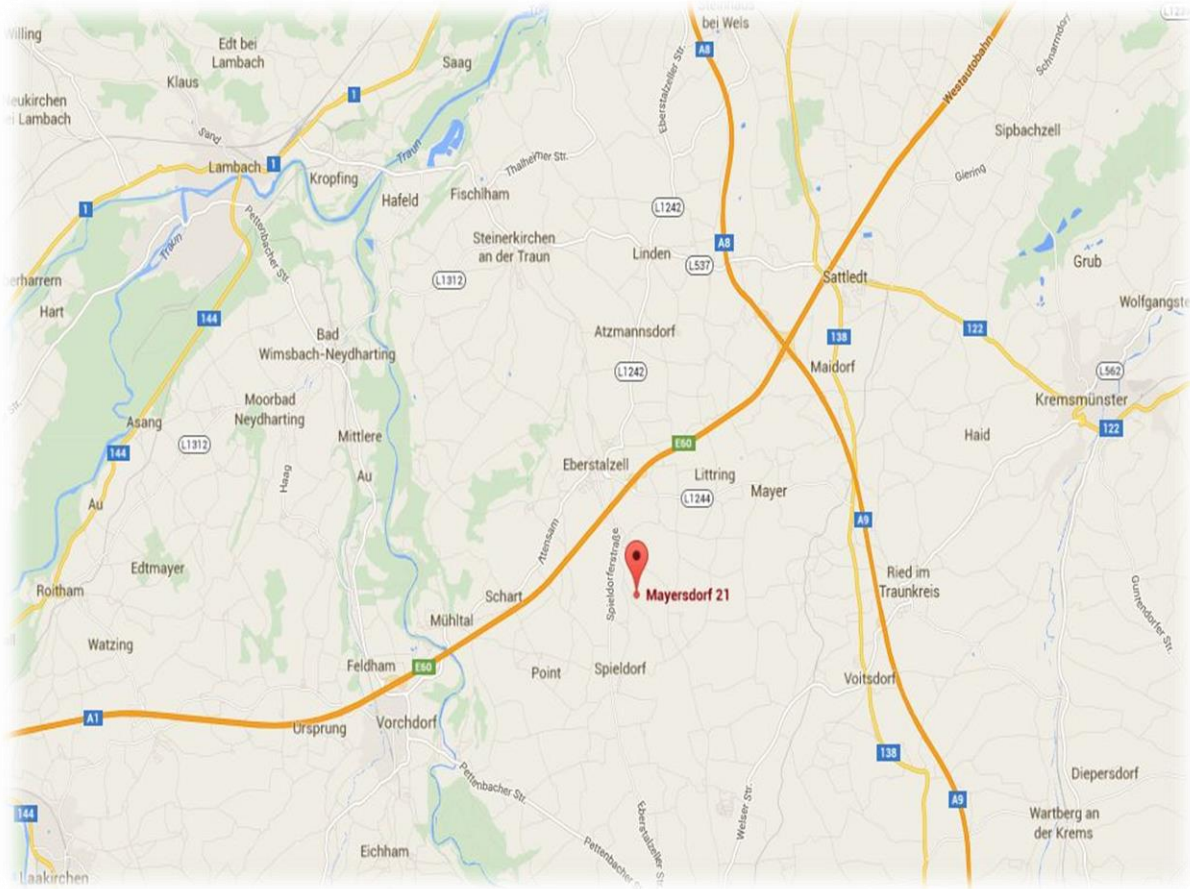


Abbildung 13: Geographischer Standort Betrieb Pernegger (Google maps, 2016)

5.2 Boden

In Tabelle 4 und Tabelle 5 sind die Eigenschaften der Böden von beiden Versuchsstandorten ersichtlich. Beide Böden weisen eine Ähnlichkeit in deren Eigenschaften auf, 6 von 8 Eigenschaften sind ident.

Bodenbeschreibung Bäck, Appersberg	
Bodenart	Lehmiger Schluff
Bodentyp	Lockersediment Braunerde
Gründigkeit	tiefgründig
Wasserverhältnisse	gut versorgt
Durchlässigkeit	mäßig
Humusform	Mull
Kalkgehalt	kalkarm bis schwach kalkhaltig
Ausgangsmaterial	Decklehm

Tabelle 4: Bodenbeschreibung Betrieb Bäck, Appersberg (www.ebod.at, 2016)

Bodenbeschreibung Pernegger, Mayersdorf	
Bodenart	Schluff
Bodentyp	Lockersediment Braunerde
Gründigkeit	tiefgründig
Wasserverhältnisse	gut versorgt
Durchlässigkeit	mäßig
Humusform	Mull
Kalkgehalt	kalkfrei
Ausgangsmaterial	Decklehm

Tabelle 5: Bodenbeschreibung Betrieb Pernegger, Mayersdorf (www.ebod.at, 2016)

5.3 Klima und Witterung 2015

Das folgende Diagramm zeigt die Wetterdaten von Appersberg 2015. Der Maisbestand musste im Jahr 2015 mit sehr hohen Temperaturen im Juli und August und zudem mit sehr geringem Niederschlag von Juni bis Oktober auskommen. Der Jahresniederschlag betrug 550 mm.

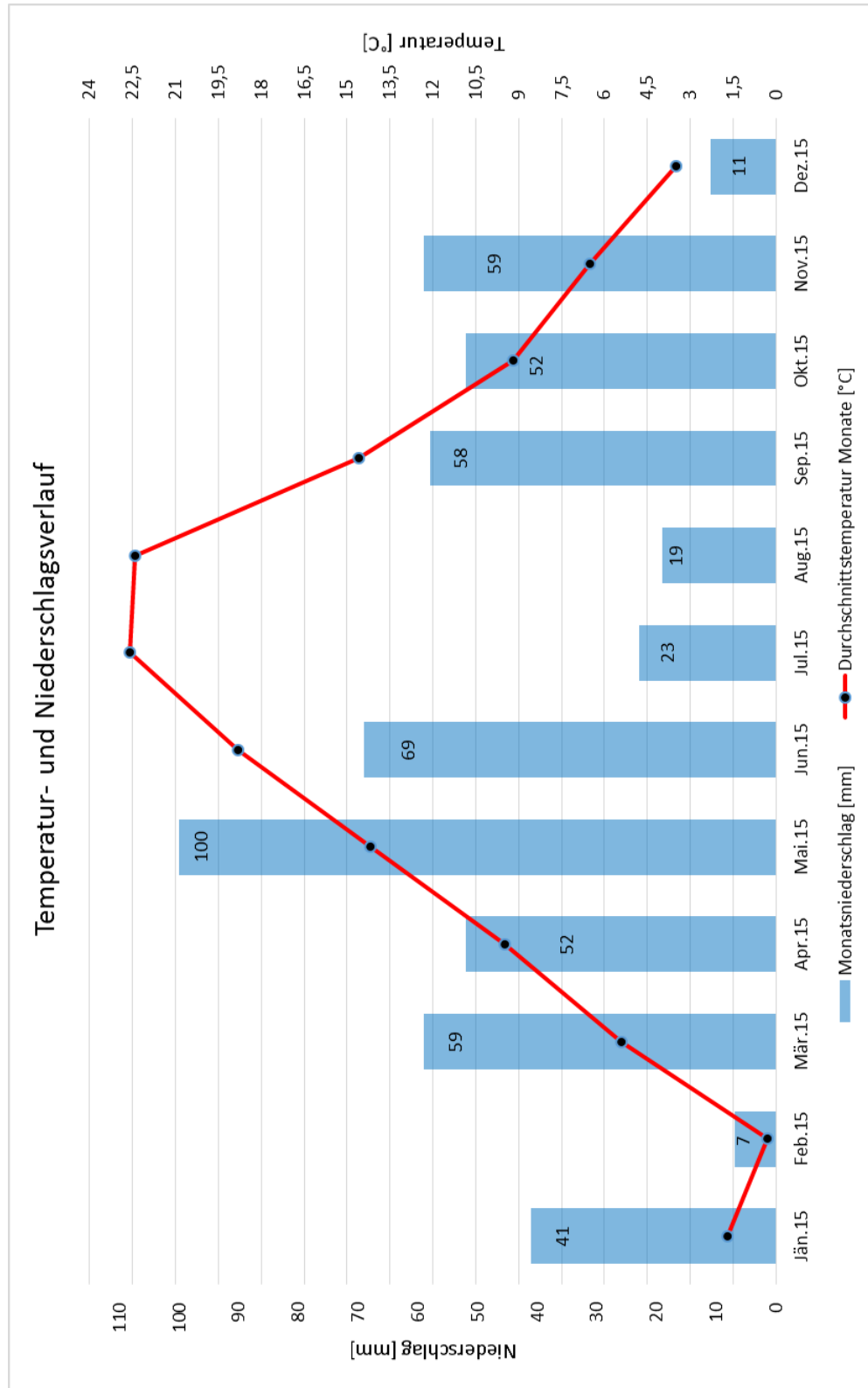


Abbildung 14: Wetterdaten Betrieb Bäck Appersberg (ZAMG, 2015)

Das folgende Diagramm gibt den Wetterverlauf von Betrieb Pernegger wieder. Beide Standorte weisen einen ähnlichen Verlauf mit hohen Temperaturen im Juli und August und geringem Niederschlag in den Sommermonaten, lediglich der Jahresniederschlag liegt in Mayersdorf bei 710 mm. Im Vergleich um 160 mm mehr als in Appersberg.

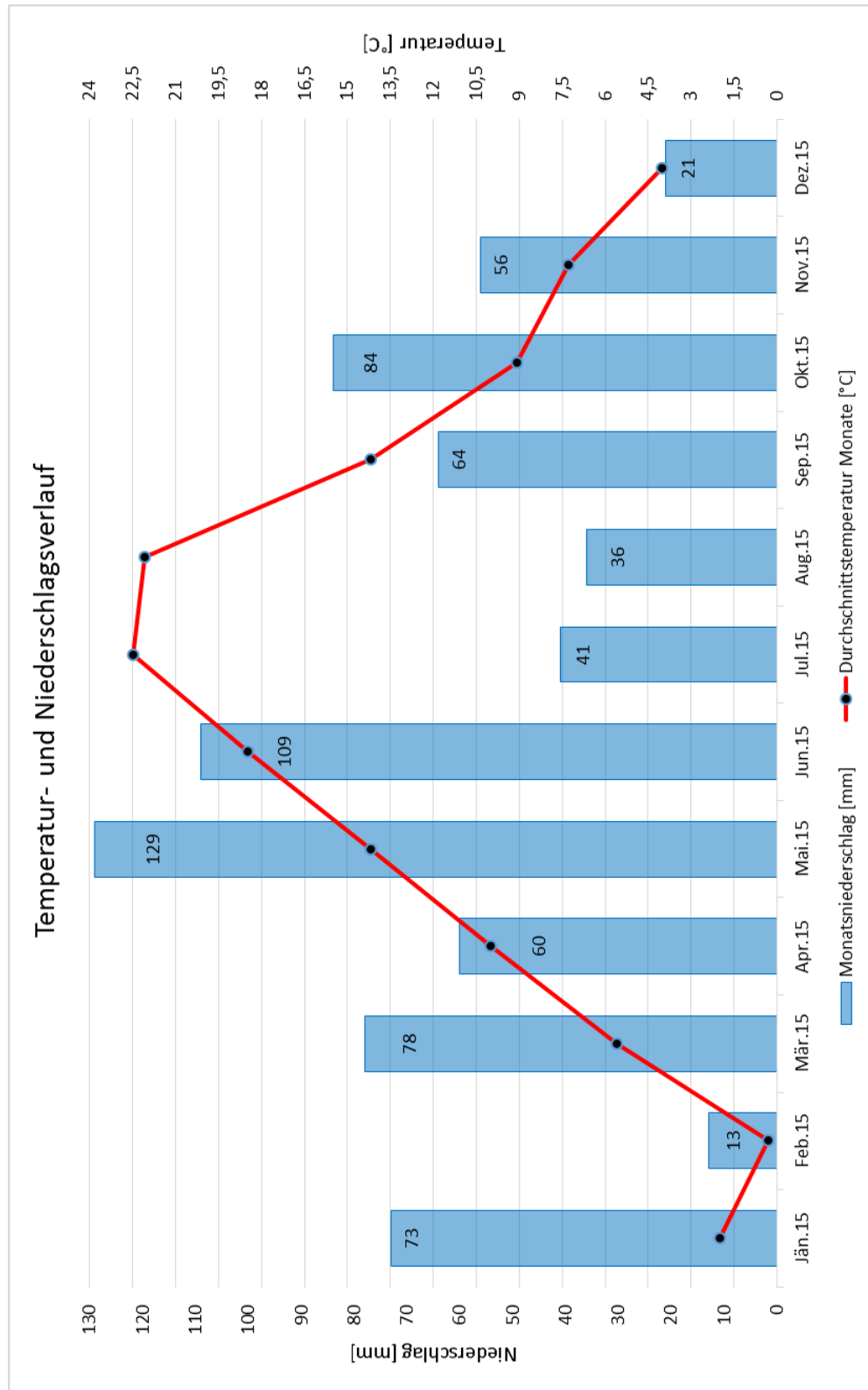


Abbildung 15: Wetterdaten Betrieb Pernegger Mayersdorf (ZAMG, 2015)

5.4 Verwendete Gerätschaften

Wiegeplatten

Unter Wiegeplatten, auch mobile Radlastwaage genannt, versteht man ein Wiegesystem, welches durch dessen flache Bauform und geringem Eigengewicht den Einsatz vor Ort ermöglicht.

Bei diesem Versuch waren vier Wiegeplatten im Einsatz, mit denen die Erntemengen der verschiedenen Varianten ermittelt wurden.

Die einzelnen Wiegeplatten wurden auf einem asphaltierten Untergrund abgestellt, kalibriert und das Leergewicht des Anhängers ermittelt. Im weiteren Verlauf wurde nach jeder geernteten Variante das Gewicht der Erntemasse ermittelt, elektronisch erfasst und verarbeitet.

Feuchtigkeitsmessgerät

Bei der Diplomarbeit wurde ein Getreidefeuchtigkeitsmessgerät verwendet, bei dem die Kornfeuchte im Ganzen, ohne Zerkleinerung, gemessen wurde.

Nach jeder geernteten Variante wurde die Feuchtigkeit ermittelt und elektronisch erfasst. Diese Daten wurden für die Ermittlung des Kornertrags trocken in kg/ha herangezogen.

Bodenprobenstecher

Ein Bodenprobenstecher hat eine rohrartige Form mit einer einseitigen Ausnehmung, welche das Herausschälen der Bodenprobe ermöglicht. Durch eine Skalierung an der Außenseite des halbmondförmigen Rohres, werden die einzelnen Tiefen angezeigt und erleichtern das Trennen der Proben nach der Ziehung.

Bei einer Bodenprobenziehung wird das Rohr mittels Gummihammer in den Boden geschlagen. Tiefen von 0 bis 90 cm sind erreichbar. Danach wird das Eisen mit Hilfe eines Rundeisens verdreht und aus dem Boden gezogen. Im weiteren Verlauf stehen drei Gefäße bereit, in denen die einzelnen Tiefen gesammelt werden.



Abbildung 16: N_{\min} -Ziehung (Burger, 2016)



Abbildung 17: N_{\min} -Ziehung (Burger, 2015)

5.5 Versuchsanlage

Für diese Diplomarbeit wurden bei zwei verschiedenen landwirtschaftlichen Betrieben, an zwei verschiedenen Standorten, Streifenversuche angelegt. Zusätzlich zu den N-stabilisierten Düngevarianten („ENTEC“ und „ALZON“) wurden eine Kontrollvariante (V0) sowie Varianten mit Harnstoff-Gabenteilungen zum Vergleich angelegt.

Um den Einfluss auf den Kornertrag von Phosphor oder Kalium zu vermeiden, wurden diese Nährstoffe ausreichend über alle Varianten, außer über die Null-Düngungsvariante, gedüngt.

Nährstoffdüngung über alle Varianten (ausgenommen V0):

200 kg/ha DAP in Form einer Unterfußdüngung zum Anbau

500 kg/ha 40erKali breitflächig vor dem Anbau

V0: N-Nulldüngung

V1: 270 kg/ha Harnstoff vor Anbau

V2: 270 kg/ha Alzon vor Anbau- N stabilisiert

V3: Harnstoff Gabenteilung (130 kg/ha vor Anbau, 140 kg/ha 2-3 Blatt)

V4: Harnstoff Gabenteilung (130 kg/ha vor Anbau, 140 kg/ha 6-8 Blatt)

V5: 475 kg/ha Entec vor Anbau- N stabilisiert

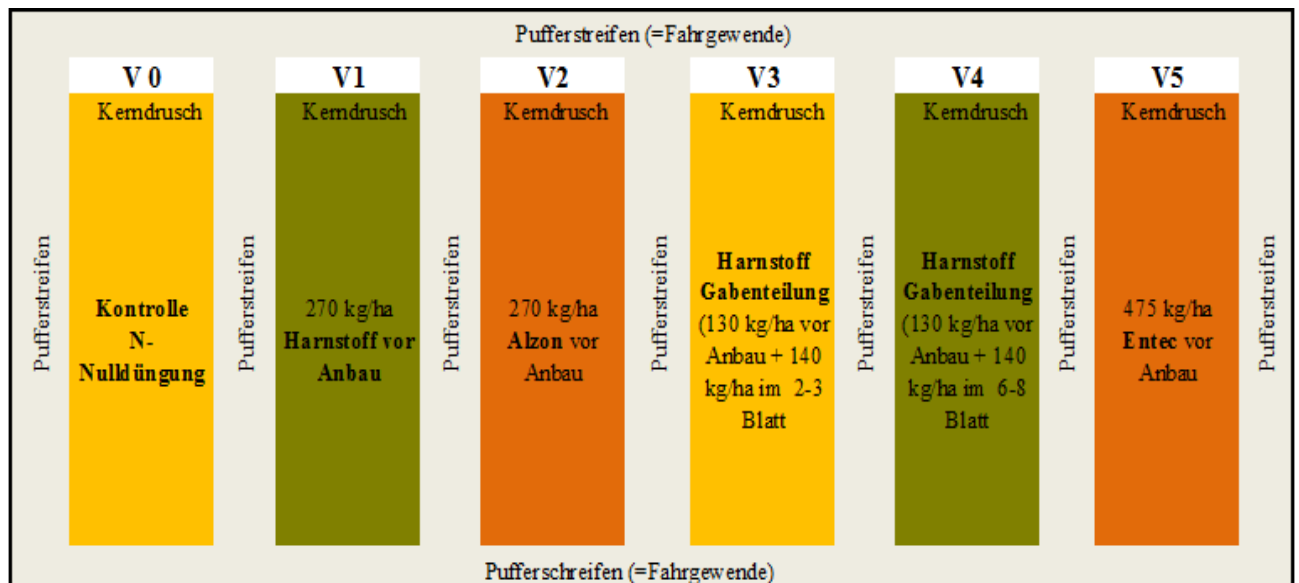


Abbildung 18: Versuchsplan (Forstner, 2016)



Abbildung 19: Versuchsstandort Betrieb Bäck Appersberg (Google Maps, Forstner, 2016)

In Abbildung 19 sind die Parzellenabmessungen des Versuchsstandorts Bäck in Appersberg angegeben. Die Abmessungen wurden mittels Messrad kontrolliert und händisch abgesteckt. Zur Orientierung wurde für jede Variante ein Schild angefertigt.

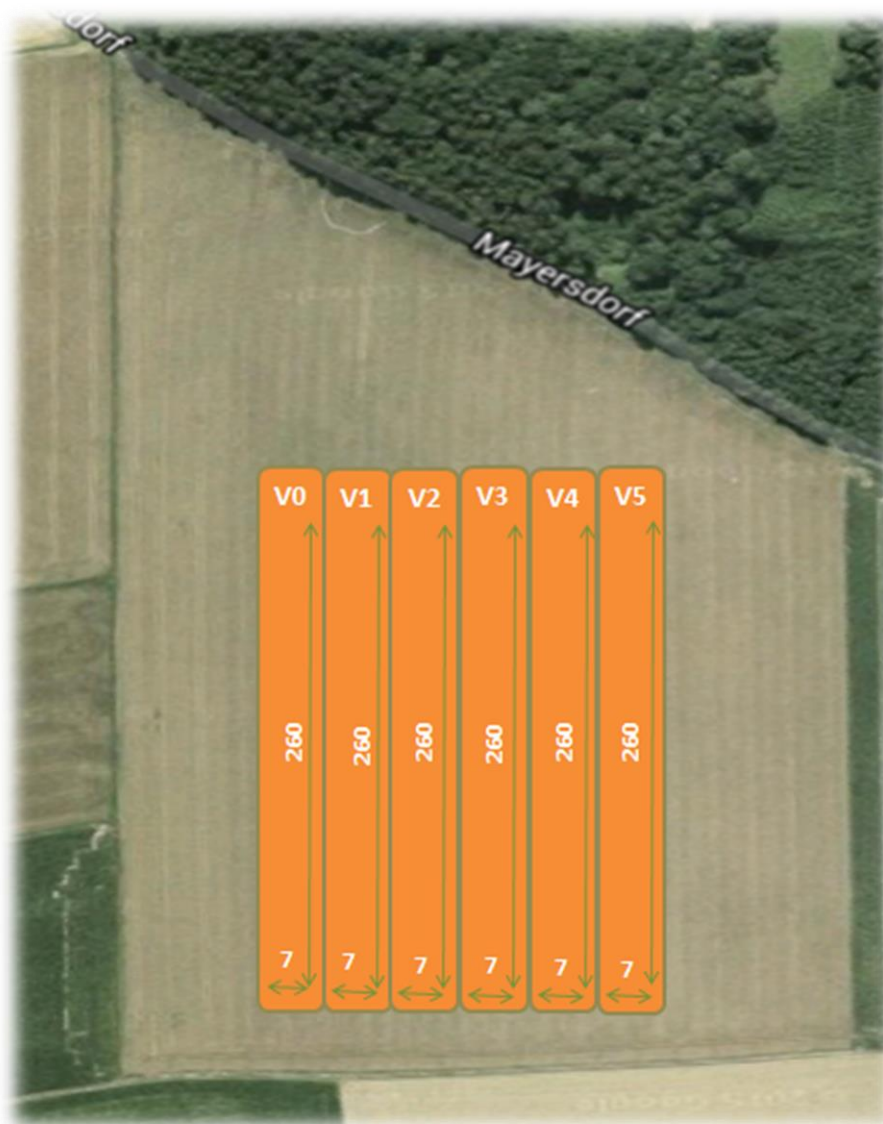


Abbildung 20: Versuchsstandort Betrieb Pernegger Mayersdorf (Google Maps, Forstner, 2016)

In Abbildung 20 sind die Parzellenabmessungen des Versuchsstandorts Pernegger in Mayersdorf angegeben. Die Abmessungen wurden mit GPS-Einsatz festgelegt und händisch mittels Messrad kontrolliert und nachgebessert. Jede Variante wurde mit einem Schild zur Orientierung versehen.

5.6 Versuchsdurchführung und -betreuung

5.6.1 Standort Bäck, Appersberg

Bei diesem Versuchsstandort wurde eine Minimalbodenbearbeitung betrieben. Nach der Vorfrucht Zuckerrübe wurde eine Grundbodenbearbeitung mit einem Grubber durchgeführt. Die ausgebrachten Düngemittel wurden mit einer Saatbettkombination in den Oberboden eingemischt.

Anschließend wurde am 16. April 2015 die Körnermaissorte „DKC3632“ im Reihenabstand von 70 cm ausgesät. In Verwendung war eine siebenreihige, pneumatische Einzelkornsämaschine mit Unterfußdüngung. (siehe Kapitel 5.5) Die Sämaschine wurde auf 89.000 Körner/ha eingestellt.

Bei der Versuchsanlage sowie bei der weiteren Versuchsbetreuung war ein Düngerstreuer mit einer Arbeitsbreite von 12 m im Einsatz. Neben den Düngegaben wurde auch chemischer Pflanzenschutz betrieben. An beiden Standorten wurde jeweils eine Pflanzenschutzmaßnahme durchgeführt. Am Versuchsstandort Bäck in Appersberg waren die chemischen Pflanzenschutzmittel „Laudis + Spectrum + Buctril“ im Einsatz. Die Arbeitsbreite der verwendeten Feldspritze betrug 12 m.

Aufwandmengen der PSM:

- Laudis: 1,50 l/ha
- Spectrum: 2,00 l/ha
- Buctril: 1,50 l/ha

Wasseraufwandmengen:

- Laudis: 200-400 l/ha (BAYER, 2016)
- Spectrum: 200-300 l/ha (BASF, 2016)
- Buctril: 200-400 l/ha (KWIZDA, 2016)

5.6.2 Standort Pernegger, Mayersdorf

Bei dem Versuchsstandort Pernegger in Mayersdorf wurde nach der Vorfrucht Winterweizen, Gülle ausgebracht und eine Zwischenfruchtmischung, bestehend aus Alexandriner-Klee, Phacelia und Buchweizen, angesät. Durch Einsatz des Pfluges im Frühjahr wurden die abgefrorenen bzw. ausgetrockneten Pflanzenreste eingearbeitet. Die vor dem Anbau ausgebrachten Düngemittel wurden mit einer Federzinkenegge in den Oberboden in einer Tiefe von rund 5-7 cm eingemischt.

Darauf wurde am 16. April 2015 die Körnermais-Sorte „Falcon“ mit einem Reihenabstand von 70cm angesät. Im Vergleich zum Standort Bäck war am Standort Pernegger in Mayersdorf eine fünfreihige pneumatische Einzelkornsämaschine ebenfalls mit Unterfußdüngung im Einsatz.

Die Sämaschine wurde auf 89.000 Körner/ha eingestellt.

Der pillierte Dünger wurde auf eine Arbeitsbreite von 12 Metern ausgebracht.

Der chemische Pflanzenschutz, welcher bei allen Varianten gleich war, wurde ebenfalls auf eine Arbeitsbreite von 12 Metern durchgeführt.

Am Standort Mayersdorf wurde das chemische Pflanzenschutzmittel „Kelvin-Star Pack“ appliziert.

Aufwandmenge der PSM:

- Kelvin-Star Pack: 2,00l/ha

Wasseraufwandmenge:

- Kelvin-Star Pack: 200-400l/ha (BASF,2016)

5.6.3 Düngung über beide Standorte

Die Düngung der Versuchspartzen wurde von den Landwirten zur vorgegebenen Zeit und mit der vorgegebenen Ausbringmenge durchgeführt.

Damit bei allen Varianten von einem einheitlichen Düngenniveau ausgegangen werden konnte und damit ein Ertragseinfluss durch Phosphormangel (P) oder durch Kalimangel (K) ausgeschlossen werden konnte, erfolgte eine Nährstoffdüngung über die Varianten (V1)-(V5) mit 92 kg P/ha und 200 kg K/ha. Die P-Düngung erfolgte in Form einer Unterfußdüngung mit Diamonphosphat (DAP 18% N und 46% P) in der Höhe von 200 kg/ha. Die Kalidüngung in Form von 40-er Kornkali.

Der Zeitpunkt der Düngung war vor dem Anbau bei allen Partzen gleich. Bei jenen Partzen mit der Gabenteilung wurde unmittelbar am selben Tag nach der N_{min}-Ziehung gedüngt. Die Partze (V3) am 11. 05. 2015 nach der 2. N_{min}-Ziehung und die Partze (V4) am 03. 06. 2015 nach der 3. N_{min}-Ziehung.

Datum	Variante	Dünger	kg/ha	kg N/ha	kg P/ha	kg K/ha
10.04.2015	V1-V5	40er Kali	500			200
15.04.2015	V1	Harnstoff	270	124,2		
15.04.2015	V2	ALZON	270	124,2		
15.04.2015	V3	Harnstoff	130	59,8		
15.04.2015	V4	Harnstoff	130	59,8		
15.04.2015	V5	ENTEC	475	123,5		
16.04.2015	V1-V5	DAP Unterfuß	200	36	92	
11.05.2015	V3	Harnstoff	140	64,4		
03.06.2015	V4	Harnstoff	140	64,4		

Tabelle 6: Düngelplan (Reichinger, 2016)

5.6.4 N_{min}-Ziehung über beide Standorte

Die Bodenproben wurden nach der gleichen Vorgehensweise mit dem Bodenprobenstecher durchgeführt. Die N_{min}-Ziehungen wurden deswegen durchgeführt, damit der N_{min}-Gehalt in den jeweiligen Bodenschichten, 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm bestimmt werden konnte.

Der Bodenprobenstecher wurde mit einem Hammer acht Mal pro Parzelle 90 cm tief in den Boden gerammt. Es wurde im Bereich zwischen den mittleren zwei Zeilen gezogen, damit wurde sichergestellt, dass die Überlappung der Düngung in den Randbereichen der Parzelle die Werte nicht verfälschen. Der Stecher wurde dann wie in Abbildung 16 ersichtlich, in 30 cm Abschnitten getrennt in die jeweiligen Kübel entleert. Die Proben wurden anschließend in Säckchen gefüllt und gekühlt gelagert.

Diese Analyse wurde vom CEWE-Landwirtschaftslabor in 4542 Nußbach nach ÖNORM L1091: „Chemische Bodenuntersuchungen-Bestimmung von mineralischem Stickstoff durch Extraktion mit Calciumchloridlösung, N_{min}-Methode“ durchgeführt.

Durchführungsdatum N_{min}-Ziehungen:

- 09. 04. 2015 vor dem Anbau
- 11. 05. 2015 2-3 Blattstadium
- 03. 06. 2015 6-8 Blattstadium
- 22. 09. 2015 nach der Ernte

5.6.5 Ertragsermittlung

Für die Ermittlung des Ertrages wurde bei beiden Versuchen ein Kerndrusch von jeder Parzelle durchgeführt.

Am Standort Appersberg wurde mit einem 6-Schüttler-Mähdrescher und einem 7-reihigen Maispflücker geerntet. Es wurden die mittleren sieben Reihen der Parzelle von insgesamt 17 geerntet.

Am Standort Mayersdorf wurde mit einem 5-Schüttler-Mähdrescher, jedoch nur mit einem fünfreihigen Maispflücker, geerntet. Es wurden die mittleren zehn Reihen der insgesamt 20 geerntet.

Auf beiden Standorten erfolgte die Ernte nach dem gleichen Prinzip. Der Mähdrescher tankte nach jeder Parzelle auf einen Anhänger ab, der auf Wiegeplatten stand. Während des Abtankens wurde eine Probe für die Feuchtigkeitsbestimmung entnommen, die Feuchtigkeit wurde unmittelbar mit einem Feuchtigkeitsmessgerät der BWSB bestimmt.

$$\text{Ertrag in } \frac{\text{kg}}{\text{ha}} (14\%) = E * \frac{100 - (A - B) * 1,325}{100}$$

A ... Feuchtigkeit bei Ernte (z.B.: 25%)

B ... Feuchtigkeit trocken (14%)

E ... Kornertrag in kg/ha feucht



Abbildung 21: Ernte Appersberg (Burger, 2015)

5.6.6 Statistische Auswertung

Bei der statistischen Auswertung kam es zu folgendem Problem:

Im April 2015 wurde ein Exaktversuch mit den 6 Varianten (V0-V5) mit 4 Wiederholungen in Bad Wimsbach und die 2 Streifenversuche in Appersberg und Mayersdorf (V0-V5) angelegt.

Ursprünglich war geplant, dass der Exaktversuch für diese Diplomarbeit mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) statistisch ausgewertet wird, für eine ANNOVA ist auch ein vorhergehender Pretest, der LEVENE-Test notwendig.

Ein standortbedingter Einfluss führte Mitte bis Ende Juli dazu, dass der gesamte Mais in Bad Wimsbach ins Lager ging, keine nennenswerten Kolben und Körner ausbildete und somit nicht geerntet werden konnte. Aufgrund dieses Tatbestandes wurden die Ergebnisse der 2 Streifenversuche für die Diplomarbeit herangezogen.

LEVENE-Test:

Um eine ANNOVA durchführen zu können, muss die Varianzenhomogenität gegeben sein. Der LEVENE-Test überprüft die Varianzenhomogenität aller Varianten. Durch eine Varianzeninhomogenität würde die ANOVA an Aussagekraft verlieren und wird teilweise sogar inkorrekt.

ANOVA:

Eine ANOVA dient zur Überprüfung, ob ein signifikanter Unterschied zwischen mehreren Gruppen (Varianten) zu erkennen ist. Es werden bei einer ANOVA zwei Varianzen verglichen, der Mittelwert aus den Varianzen der einzelnen Gruppen und die Varianz der Mittelwerte. (vgl. WIESER, 2015).

6 Ergebnisse und Diskussion

6.1 N_{min}-Untersuchung

In der folgenden Grafik sind die N_{min}-Gehalte in den einzelnen Bodenschichten (farblich gekennzeichnet) von jeder N_{min}-Ziehung dargestellt. Der Verlauf der Gehalte zeigt die Entwicklung des N_{min}-Gehaltes während der Vegetationszeit. Die höchsten N_{min}-Gehalte wurden zur Hauptvegetationszeit im Juni bei Variante V1 und V3 in der Höhe von bis zu 200 kg gemessen. Nach der Ernte stellten die Varianten V3 und V5 den geringsten N_{min}-Gehalt von nur 4 kg N/ha in der auswaschungsgefährdeten Schicht dar. Den höchsten N_{min}-Gehalt nach der Ernte verzeichnete die Variante V4. Der starke Abfall von Juni bis nach der Ernte zeigt, dass die Pflanzen den N sehr gut verwerten und aufnehmen konnten.

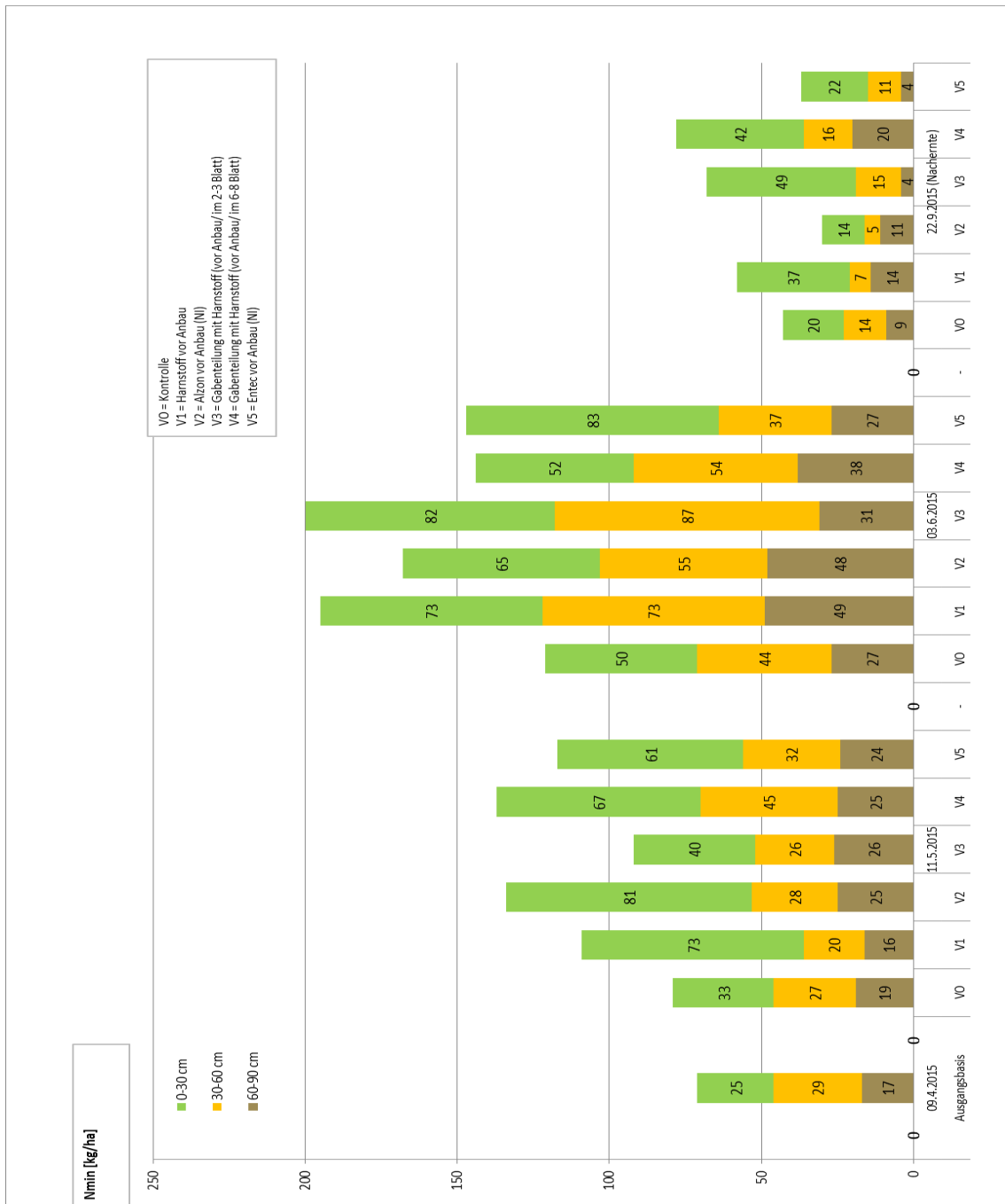


Abbildung 22: N_{min}-Ergebnisse Betrieb Bäck Appersberg (Reichinger, 2015)

In Abbildung 23 werden die N_{min} -Gehalte von Standort Pernegger, Mayersdorf dargestellt. Der N_{min} -Gehalt der Variante V0 im Frühjahr vor jeglicher Bearbeitung zeigt, dass der Boden ein natürliches Stickstoffpotenzial von rund 60 kg N/ha aufweist. Es erzielte ebenfalls die Variante V3, wie auch am Standort Bäck, Appersberg, den höchsten N_{min} -Gehalt zur Hauptvegetationszeit im Juni von rund 220 kg N/ha. Die niedrigsten N_{min} -Gehalte nach der Ernte wurden bei Variante V4 und V5 verzeichnet. Es wurden wiederum nur rund 5 kg N/ha in der auswaschungsgefährdeten Schicht von 60-90 cm gemessen. Der höchste Gehalt an N_{min} im untersten Bodenhorizont wurde bei Variante V3 mit rund 48 kg N/ha festgestellt. Die Varianten V2 und V5 zeigen an beiden Standorten einen relativ niedrigen N_{min} -Gehalt über die gesamte Vegetationszeit im Vergleich zu den anderen Varianten. Es wurden max. 103 kg N_{min} /ha bei V2 und max. 116 kg N_{min} /ha bei V5 gemessen, dass aus Sicht des Grundwasserschutzes nur positiv ist.

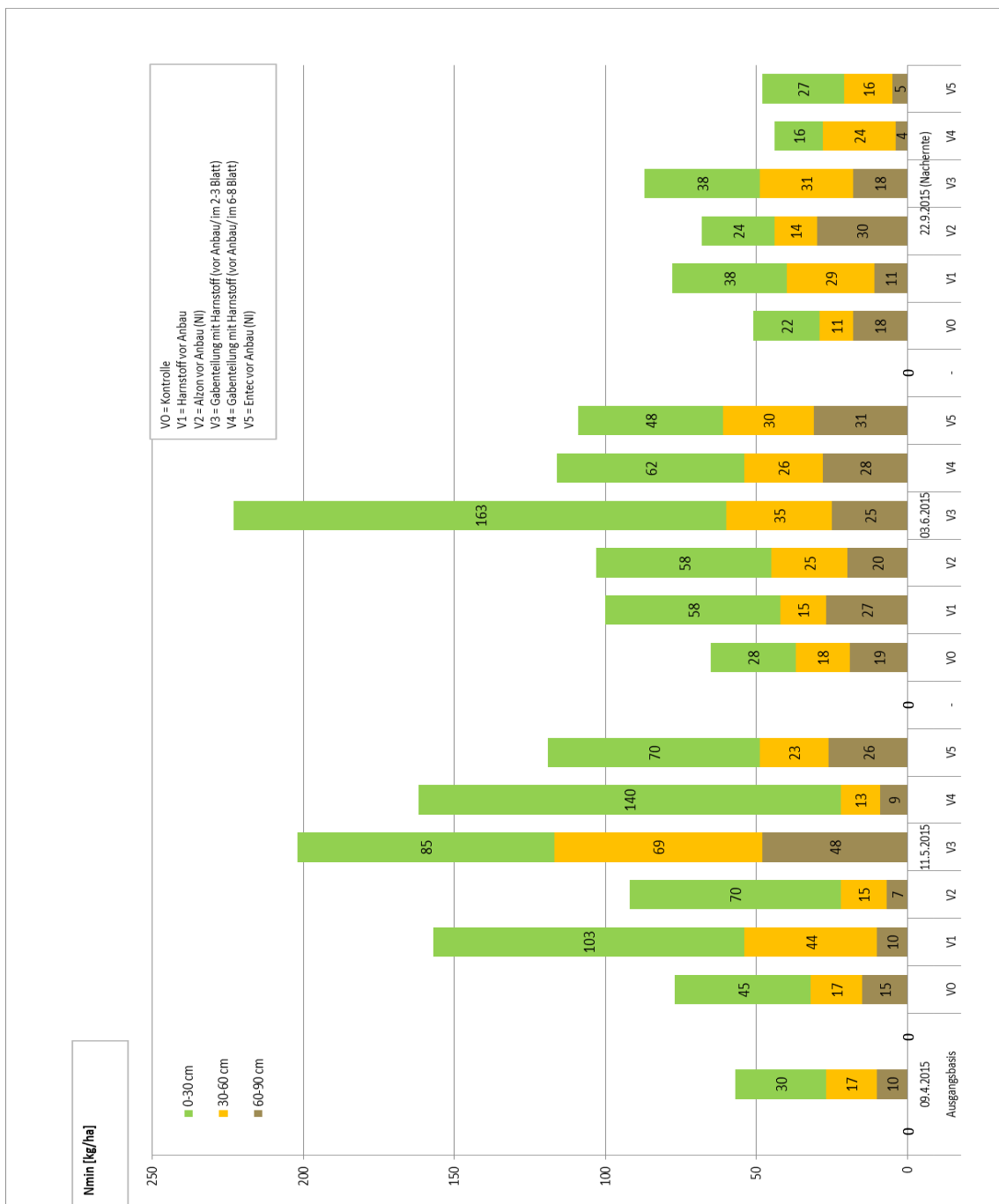


Abbildung 23: N_{min} -Ergebnisse Betrieb Pernegger Mayersdorf (Reichinger, 2015)

Der Verlauf der N_{\min} -Gehalte der Variante V0 zeigt das natürliche N-Nachlieferungspotenzial aus dem Boden, welches im Laufe der Vegetation freigesetzt wurde. Am Standort Bäck, Appersberg konnten im Juni bis zu 120 kg N/ha aus dem Boden verfügbar gemacht werden. Am Standort Pernegger, Mayersdorf war das natürliche Nachlieferungspotenzial nicht so hoch, es betrug nur rund 65 kg N/ha.

Mais benötigt die Hauptnährstoffe in ausreichender Menge, vor allem Stickstoff im Massenwachstum ab dem 8-Blattstadium. (vgl. HÖLZL, 2014). Bei diesem Versuch wurden bei der N_{\min} -Untersuchung im 6-8 Blattstadium am 03. 06. 2015 am Standort Bäck in Appersberg bei Variante V3 und V1 die höchsten N_{\min} -Gehalte gemessen, der Mais hatte also bei diesen 2 Varianten den höchsten Gehalt an N_{\min} /ha zur Verfügung.

Die Variante V4 zeigte den niedrigsten Gehalt an N_{\min} /ha, rund 25 % weniger als Variante V3, obwohl die Variante V4 den höchsten Ertrag lieferte. Am Standort Pernegger in Mayersdorf erreichte die Variante V3 ebenfalls den höchsten N_{\min} -Gehalt von rund 220 kg N_{\min} /ha, jedoch mit einem enormen Abstand zu den anderen Varianten von durchschnittlich 125 kg/ha mehr an Stickstoff. Die anderen Düngevarianten V1, V2, V4 und V5 liegen alle im Bereich von 100-116 kg N_{\min} /ha, also deutlich unter dem höchsten Wert.

Auffällig ist, dass die N_{\min} -Gehalte der stabilisierten Dünger zwischen den Standorten im 6-8 Blattstadium sehr unterschiedlich sind. Bei der Variante mit Alzon konnten am Standort Bäck in Appersberg um 65 kg N_{\min} /ha mehr mineralisiert werden, als am Standort Pernegger in Mayersdorf, obwohl der Gesamtniederschlag um 160 mm niedriger war. Bei Entec waren es um 38 kg N_{\min} /ha mehr in Appersberg als in Mayersdorf. Die N-stabilisierten Dünger stellten im 6-8 Blattstadium also nicht den höchsten Gehalt an N_{\min} zur Verfügung.

Laut EFFIZIENTDÜNGEN (2016) stellt zunächst der Stickstoff in 60-90 cm Bodentiefe im Herbst nach der Ernte die größte Auswaschungsgefahr dar. Der Versuch für diese Diplomarbeit zeigt, dass am Standort Bäck die Variante V4 das höchste Gefahrenpotenzial und die Variante V3 gleich mit V4 das geringste Gefahrenpotenzial der Auswaschung darstellt, da die Nachernte N_{\min} -Gehalte am geringsten sind.

Am Standort Pernegger in Mayersdorf wurden bei Variante V2 der höchste N_{\min} -Wert in der Bodenschicht von 60-90 cm gemessen, bei Variante V4 und V5 wurden die geringsten Werte gemessen mit nur 4 und 5 kg N_{\min} /ha. Variante V5, welche mit Entec gedüngt wurde, stellt an beiden Standorten ein geringes Auswaschungspotenzial von nur 4 kg N_{\min} /ha in Appersberg und nur 5 kg N_{\min} /ha in Mayersdorf im untersten Bodenhorizont dar.

Gesamt, über alle Bodenschichten wurden bei Variante V3 und V4 in Appersberg und bei Variante V3 in Mayersdorf im Vergleich die höchsten N_{\min} -Werte gemessen. Die Variante V2, bei der mit Alzon gedüngt wurde, zeigt einen um 19 kg N_{\min} /ha höheren Gehalt in Mayersdorf als in Appersberg in der untersten Bodenschicht nach der Ernte. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass Familie Pernegger in Mayersdorf Wirtschaftsdünger einsetzt und daher noch Stickstoffreste vorhanden sind. Familie Bäck in Appersberg setzt keine Wirtschaftsdünger ein.

Beim Vergleich der N_{\min} -Ergebnisse von 2015 mit den Untersuchungsergebnissen nach REICHINGER (2014) sind große Unterschiede erkennbar. In Appersberg startete V0 im Frühjahr 2014 um 37 kg N_{\min} /ha weniger als 2015 und erreichte maximal 74 kg N_{\min} /ha anstatt 121 kg N_{\min} /ha im Jahr 2015.

Den höchsten N_{\min} -Gehalt im 6-8 Blattstadium verzeichneten in beiden Jahren die Varianten V3 und V4. Einziger großer Unterschied, der N_{\min} -Gehalt nahm im Jahr 2014 nicht ab und blieb auch nach der Ernte auf einem äußerst hohen Niveau von 87 kg N_{\min} /ha bei V3 und 136 kg N_{\min} /ha bei V4. Generell kann gesagt werden, dass auch die Gehalte im auswaschungsgefährdeten Horizont 2014 im Durchschnitt um rund 10 kg N_{\min} /ha höher liegen, zurückzuführen auf die deutlich feuchtere Witterung 2014. (vgl. ZAMG, Wetterdaten 2014).

In Mayersdorf startet die Variante V0 mit annähernd gleichem Gehalt an N_{\min} , auffällig ist nur, dass im Jahr 2014 im 6-8 Blattstadium um 45 kg N_{\min} /ha mehr aus dem Boden mineralisiert wurden. Der ebenso höchste Gehalt an N_{\min} wurde bei Variante V3 gemessen. Nach der Ernte war dieser Wert auch in beiden Jahren annähernd gleich, mit nur 8 kg N_{\min} /ha Unterschied. Dies zeigt wiederum, dass die doch sehr unterschiedliche Witterung im Jahr 2014 und 2015 einen geringen Einfluss auf die Nachernte N_{\min} -Untersuchung hatte. Im Durchschnitt wurden im Jahr 2014 von beiden Standorten 66,4 kg N_{\min} /ha in den Bodenschichten nach der Ernte gemessen. Im Jahr 2015 waren es im Durchschnitt von beiden Standorten 57,7 kg N_{\min} /ha. Trotz der höheren Niederschlagsmengen 2014 waren im Durchschnitt nur 8,7 kg N_{\min} /ha mehr in der untersten Bodenschicht nach der Ernte enthalten. Vergleichswerte für diesen Vergleich wurden von REICHINGER (2014) herangezogen.

Ein Versuch von AUFHAMMER (1997) über den Silomaisertrag und den N_{\min} -Gehalt im Boden nach der Ernte zeigt, dass im Jahr 1992 nach der Ernte über alle Varianten ein N_{\min} -Gehalt von 50-80 kg/ha im Bereich von 0-90 cm gemessen wurde. Bei dem Versuch für diese Diplomarbeit konnten ebenfalls N_{\min} -Gehalte bei der Düngevariante (V1), vergleichbar mit dem Versuch von AUFHAMMER (1997), in der Höhe von 58-78 kg N_{\min} /ha nach der Ernte gemessen werden.

Dass bei diesem Versuch von einer sachgerechten Düngung der Kulturart Mais ausgegangen werden kann, wird in folgender Aussage bestätigt. Von einer sachgerechten Düngung ist dann zu sprechen, wenn der N_{\min} -Gehalt nach der Ernte auf bindigen und tiefgründigen Böden unter 80 kg/ha liegt. (vgl. ROBIER et al, 2010). Der Versuch weist bis auf die Variante (V3) am Standort in Mayersdorf, Nachernte N_{\min} -Gehalte von unter 78 kg/ha auf. Daher kann von einer sachgerechten Düngung gesprochen werden.

Mit den N_{\min} -Ergebnissen kann eine weitere Düngung nach der sogenannten N_{\min} -Sollwertmethode durchgeführt werden. Mit einer N_{\min} -Untersuchung Mitte Mai ist es möglich, den bis zum Probenahmetermin mineralisierten N zu erfassen und in der weiteren N-Düngeplanung zu berücksichtigen. Ebenfalls geht aus dem Versuch von WIECKER (2010) hervor, dass eine N_{\min} -Untersuchung Mitte Mai zu einem langfristig geringeren Restnitratgehalt nach der Ernte führt, da durch die N_{\min} -Sollwertmethode, optimale Düngemengen vorgegeben werden und zudem auch Düngerkosten gespart werden. (vgl. WIECKER, 2010).

6.2 Kornertrag

Düngungsvariante	Parzellenfläche [m ²]	Parzellenertrag feucht [kg]	Ertrag/ha bei Erntefeuchtigkeit [kg/ha]	Ernte-feuchtigkeit [%]	Ertrag/ha 14% trocken [kg/ha]	Kornertrag relativ [%]
V0	381,2	344	9.024	25,5%	7.649	100,0%
V1	828,1	1.018	12.293	30,4%	9.622	125,8%
V2	819,8	1.052	12.833	31,3%	9.891	129,3%
V3	840,8	1.104	13.130	31,2%	10.137	132,5%
V4	850,2	1.154	13.574	30,7%	10.570	138,2%
V5	849,7	1.110	13.064	32,6%	9.844	128,7%

Tabelle 7: Kornertrag 2015 Bäck Appersberg (Reichinger, 2015)

Düngungsvariante	Parzellenfläche [m ²]	Parzellenertrag feucht [kg]	Ertrag/ha bei Erntefeuchtigkeit [kg/ha]	Ernte-feuchtigkeit [%]	Ertrag/ha 14% trocken [kg/ha]	Kornertrag relativ [%]
V0	1.820	1.212	6.659	35,2%	4.789	100,0%
V1	1.820	2.160	11.868	32,6%	8.943	186,8%
V2	1.820	2.064	11.341	32,4%	8.576	179,1%
V3	1.820	2.192	12.044	32,6%	9.076	189,5%
V4	1.820	2.192	12.044	32,1%	9.156	191,2%
V5	1.820	1.890	10.385	32,0%	7.908	165,1%

Tabelle 8: Kornertrag 2015 Pernegger Mayersdorf (Reichinger, 2015)

Düngungsvariante	Parzellenfläche [m ²]	Parzellenertrag feucht [kg]	Ertrag/ha bei Erntefeuchtigkeit [kg/ha]	Ernte-feuchtigkeit [%]	Ertrag/ha 14% trocken [kg/ha]	Kornertrag relativ [%]
V0	448,35	640	14.275	37,00	9.924	100,0%
V1	455,7	708	15.537	37,30	10.740	108,2%
V2	463,05	722	15.592	37,10	10.820	109,0%
V3	470,4	740	15.731	37,30	10.875	109,6%
V4	477,75	736	15.406	37,50	10.609	106,9%
V5	485,1	764	15.749	37,80	10.783	108,6%

Tabelle 9: Kornertrag 2014 Bäck Appersberg (Reichinger, 2014)

Düngungsvariante	Parzellenfläche [m ²]	Parzellenertrag feucht [kg]	Ertrag/ha bei Erntefeuchtigkeit [kg/ha]	Ernte-feuchtigkeit [%]	Ertrag/ha 14% trocken [kg/ha]	Kornertrag relativ [%]
V0	1.400	2.034	14.529	37,20	10.062	100,0%
V1	1.400	2.282	16.300	38,00	11.117	110,5%
V2	1.400	2.300	16.429	37,60	11.291	112,2%
V3	1.400	2.352	16.800	36,80	11.725	116,5%
V4	1.400	2.336	16.686	36,70	11.667	115,9%
V5	1.400	2.276	16.257	36,50	11.410	113,4%

Tabelle 10: Kornertrag 2014 Pernegger Mayersdorf (Reichinger, 2014)

Kornertrag aller Varianten beider Standorte 2015

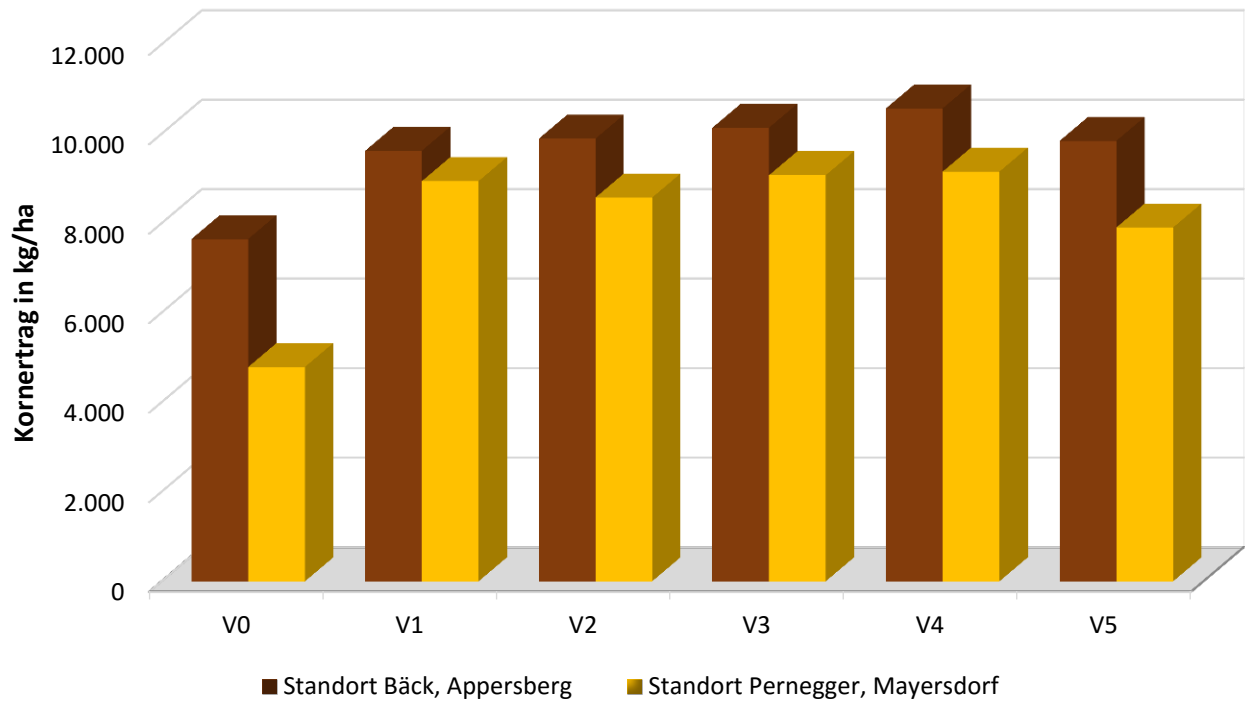


Abbildung 24: Kornerträge aller Varianten 2015 (Forstner, 2016)

Kornertrag Jahresvergleich 2014-2015

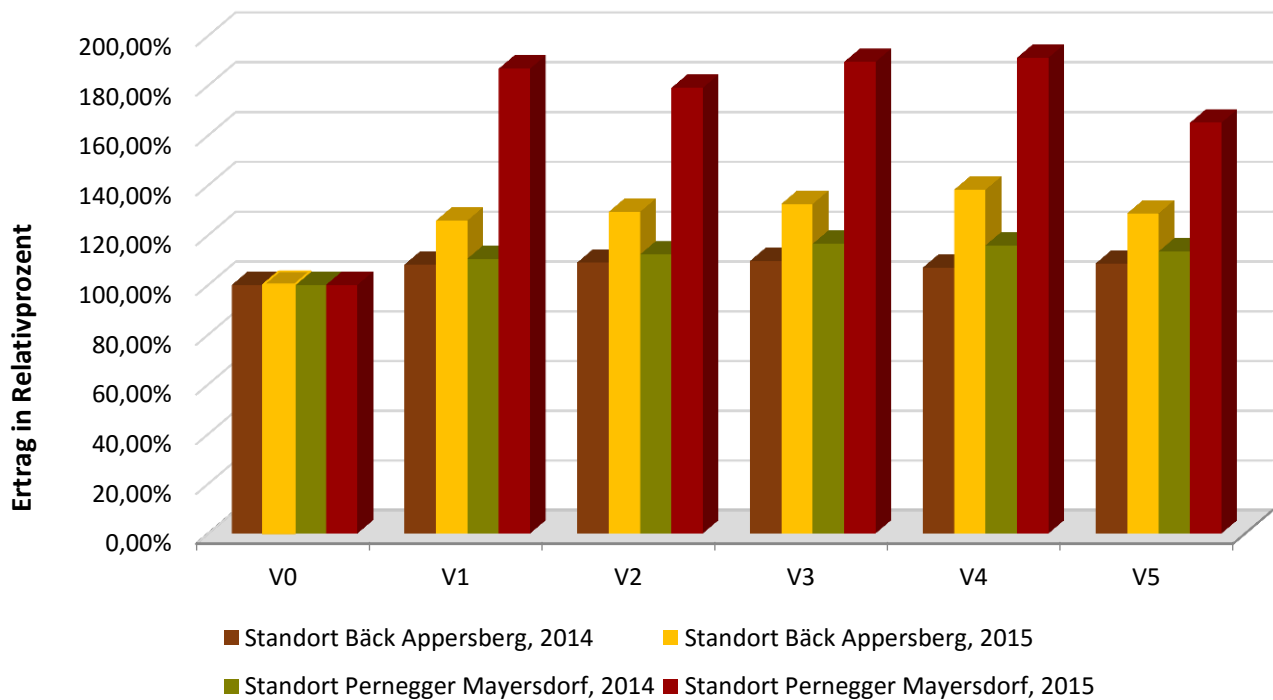


Abbildung 25: Kornertrag 2014-2015 (Forstner, 2016)

In den Tabelle 7-10 sind die Ergebnisse der einzelnen Varianten ersichtlich. In den ersten beiden Tabellen (Tabelle 7-8) sind die Ergebnisse im Versuchsjahr 2015 von beiden Standorten dargestellt. In Tabelle 9 und Tabelle 10 sind die Versuchsergebnisse beider Standorte im Versuchsjahr 2014 dargestellt. Neben den einzelnen Varianten und Parzellengrößen sind die Ernteerträge mit der jeweiligen Erntefeuchtigkeit und die daraus errechenbaren relativen Kornenerträge ersichtlich.

Die Abbildung 24 zeigt den Kornenertrag pro Hektar aller Versuchspartellen im Versuchsjahr 2015. Die beiden Standorte werden dabei gegenübergestellt.

Die Abbildung 25 vergleicht den Ertrag in Relativprozent am Standort Pernegger in Mayersdorf mit dem am Standort Bäck in Appersberg im Versuchsjahr 2014 und 2015. Klar ersichtlich am Standort Pernegger im Versuchsjahr 2015 sind die hohen Werte im Bereich von 160 % bis 190 %. Dieser Aufschwung ist auf den schlechten Ertrag in der Null-Düngervariante zurückzuführen. Wie in Abbildung 23 ersichtlich war im Boden Stickstoff vorhanden, dieser konnte jedoch durch den geringen Monatsniederschlag speziell im Juli und August nicht verfügbar gemacht werden. (siehe Abbildung 15) Diese Aussage wird durch einen gleichbleibenden N_{\min} -Gehalt, im Vergleich zur 3. N_{\min} -Ziehung am 03. Juni 2015, bei der N_{\min} -Ziehung nach der Ernte bestätigt (siehe Abbildung 23).

In Abbildung 25 deutlich sichtbar, schwanken die Werte zwischen den Versuchsjahren 2014 und 2015 sehr. Besonders am Standort Pernegger sind die Streuungen in Variante V3 erkennbar. Die Werte schwanken zwischen den relativen Korn-Mehrerträgen von 16,5 % und 89,5 %.

Der Grund für eine derartige Wertestreuung kann einerseits auf Bodenunterschiede, andererseits auf trockene Witterungsverhältnisse zurückzuführen sein. Neben günstigen Witterungsverhältnissen, wie ausreichend Niederschläge nach der 2. Düngergabe im Versuchsjahr 2014, musste man im Versuchsjahr 2015 mit stark auftretenden Trockenperioden kämpfen. (vgl. ZAMG, 2016)

Auch zu berücksichtigen ist der Ertragsunterschied bei der Null-Düngungsvariante von 5.273 kg/ha bei einer Feuchtigkeit von 14 %. Im Zuge dessen entstehen unterschiedliche Ausgangswerte, welche zu einer Schwankung zwischen den Werten führt. (siehe Tabelle 10)

Durchschnittlich die höchsten Erträge zeigt Variante V4, bei der mit einer Harnstoff Gabenteilung (vor Anbau/6-8 Blatt) ein relativer Korn- Mehrertrag am Standort Bäck von 38,2 % und am Standort Pernegger von 91,2 % erzielt wurde;

gefolgt von der Variante V3, bei der mit einer Harnstoff Gabenteilung (vor Anbau/2-3 Blatt) ein relativer Korn-Mehrertrag am Standort Bäck von 32,5 % und am Standort Pernegger von 89,5 % erreicht wurde.

Am Standort Bäck wurde mit dem N-stabilisierten Dünger ALZON ein relativer Korn-Mehrertrag von 29,3 % und bei ENTEC ein relativer Korn-Mehrertrag von 28,7 % erzielt. Das Schlusslicht bildet die Variante V1 mit einem relativen Korn-Mehrertrag von 25,8 %.

Am Standort Pernegger wurde bei Variante V1 ein relativer Korn-Mehrertrag von 86,6 %, gefolgt von Variante V2 mit 79,1 %, erreicht. Der geringste Korn-Mehrertrag wurde mit dem N-stabilisierten Dünger ENTEC erzielt. Dieser beträgt 65,1 %.

Der Grund dafür, weshalb die N-stabilisierten Dünger ALZON (V2) und ENTEC (V5) einen derartig geringen Korn-Mehrertrag bei beiden Standorten aufweisen, kann auf die Tatsache einer sehr langen

Trockenperiode zurückgeführt werden. Trockene Bedingungen wirken in Form einer eingeschränkten N-Mobilisierung auf den Boden, wodurch die N-Verfügbarkeit behindert wird. Wie in Abbildung 14 und in Abbildung 15 ersichtlich war im Zeitraum der Blüte, in den Monaten Juli und August, mit niedrigen Niederschlägen zu kämpfen. Laut KWS (2016) ist speziell im Zeitraum der Blüte eine hohe Nährstoffverfügbarkeit Voraussetzung für hohe Kornerträge. Der Boden bzw. die Pflanzen benötigen Wasser, um den Stickstoff Dünger aufzuschließen und nutzen zu können.

Der Korn-Mehrertrag der Variante V4, bei der eine Harnstoff Gabenteilung vor dem Anbau und im 6-8 Blattstadium durchgeführt wurde, entspricht der Aussage von HÖLZL (2014):

„Wegen einer erhöhten Auswaschungsgefahr von Stickstoffdünger im späten Frühjahr ist von einer einmaligen, zu hohen Düngung abzuraten und stattdessen die Düngergabe zu teilen“.

Wie in Abbildung 10 ersichtlich, ist der Stickstoffbedarf bei Mais speziell im Zeitraum der Blüte sehr hoch. Eine Gabenteilung gewährleistet eine gezielte Versorgung der Pflanze.

Nachteil dieser Anwendung ist jedoch der zeitliche und arbeitswirtschaftliche Mehraufwand.

Ob nun ein N-stabilisierter Dünger oder eine Gabenteilung wirtschaftlicher ist, lässt sich nur nach betriebswirtschaftlichen Berechnungen behaupten.

Vergleicht man die Ergebnisse unseres Streifenversuches mit dem dreijährigen Feldversuch über die Wirkung dicyandiamidhaltiger Stickstoffdünger, durchgeführt von DACHLER (1993) so ist ein deutlicher Unterschied unter den Ergebnissen erkennbar. Hinsichtlich der stabilisierten Stickstoffdünger war, laut (DACHLER, 1993), in allen Versuchsjahren deutlich ein Korn-Mehrertrag erkennbar. Mit DCD-haltigen Dünger (N-stabilisierte Düngerform) wurde im Durchschnitt ein Korn-Mehrertrag von 9,25 dt/ha erzielt. Im Gegenzug waren die stabilisierten Stickstoffdünger in unserem Düngeversuch der Harnstoffgabenteilung im Korn-Mehrertrag untergeordnet und konnten keinen Mehrertrag erzielen.

Wie bei unseren Standorten wurden auch am Standort Rottenhaus nach DACHLER (1993) mit DCD-haltigen Stickstoffdünger geringe N_{\min} -Werte verzeichnet. In dieser Aussage deckt sich der Streifenversuch vom Versuchsjahr 2015 mit dem Versuch von DACHLER (1993).

7 Schlussfolgerung

Bei diesem Versuch erzielten die N-stabilisierten Dünger Alzon und Entec keinen Mehrertrag/ha. Ob die stabilisierten Dünger einen höheren Erlös/ha erwirtschaften würden, kann anhand dieses Versuches nicht festgestellt werden. Es müsste dazu eine betriebswirtschaftliche Rechnung durchgeführt werden, um in den Bereichen Wirtschaftlichkeit und Arbeitsaufwand klare Aussagen treffen zu können. Ob die zweite Überfahrt bei der Harnstoff Gabenteilung (V3-4), welche den höchsten Kornertrag in dieser Versuchsreihe erzielte, tatsächlich den höchsten Erlös/ha bringt, müsste anhand solcher betriebswirtschaftlicher Rechnungen genauer untersucht werden.

An Standorten mit sehr leichten und seichtgründigen Böden, wo eine N-Düngungsobergrenze gemäß ÖPUL Grundwasser 2020 von 100kg N/ha/Gabe besteht, können stabilisierte Dünger durchaus eine wirtschaftliche Düngungsmethode darstellen, da der gesamte Stickstoff in einer Überfahrt appliziert werden kann. Versuche und betriebswirtschaftliche Analysen darüber liefern bessere und genauere Vergleichswerte.

Eindeutig ist, dass die Varianten beider stabilisierten Dünger einen verminderten N_{\min} -Gehalt nach der Ernte aufwiesen. Dies war auch im Jahr 2014 der Fall, jedoch müsste sich dieser Tatbestand in weiteren Versuchen, über mehrere Jahre und an mehreren Standorten wiederholen, um exaktere Aussagen treffen zu können.

8 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungen	Worteläuterung
ANOVA	analysis of variance; Varianzanalyse
CaO	Kalk
DAP	Diamonphosphat
DCD	Dicyandiamid
DI	Diplom-Ingenieur
DMPP	Dimethylphenylpiperazinium; Nitrifikationsinhibitor
GPS	Global Positioning System
K ₂ O	Kaliumoxid
KWS	Kleinwanzlebener Saatzucht AG
LEVENE-Test	Signifikantstest
LK	Landwirtschaftskammer
MgO	Magnesiumoxid
N	Stickstoff
NH ₃	Ammoniak
NH ₄	Ammonium
N _{min}	mineralisierter Stickstoff
NO ₂	Nitrit
NO ₃	Nitrat
P ₂ O ₅	Phosphat
PSM	Pflanzenschutzmittel
S	Schwefel
TS	Trockensubstanz
V0-5	Versuchsvariante 0-5
WIFO	Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung
ZAMG	Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anbaufläche Körnermais weltweit (Maiskomitee, 2016)	10
Abbildung 2: Weltmaiserzeugung-Körnermais (Maiskomitee, 2016)	10
Abbildung 3: Entwicklung Anbaufläche und Kornertrag in Ö (Statistik Austria, 2016)	11
Abbildung 4: Ertragsniveaus für Körnermais (Statistik Austria, 2016)	11
Abbildung 5: Schematischer Aufbau einer Maispflanze (Proplanta, 2016)	12
Abbildung 6: Schema der Nitratauswaschung (Effizientduengen, 2016)	16
Abbildung 7: N-Kreislauf (STMUV Bayern, 2006)	16
Abbildung 8: Österreich-Nitrat (BMLFUW, 2016)	17
Abbildung 9: Nitrat in Österreichischen Hausbrunnen (AQA, 2015)	18
Abbildung 10: Wachstums- und Vegetationsverlauf der Maispflanze (vgl. KWS, 2016)	20
Abbildung 11: Funktion eines N-stabilisierten Düngemittels (SKWP, 2016)	22
Abbildung 12: Geographischer Standort Betrieb Bäck (Google maps, 2016)	24
Abbildung 13: Geographischer Standort Betrieb Pernegger (Google maps, 2016)	25
Abbildung 14: Wetterdaten Betrieb Bäck Appersberg (ZAMG, 2015)	27
Abbildung 15: Wetterdaten Betrieb Pernegger Mayersdorf (ZAMG, 2015)	28
Abbildung 16: N _{min} -Ziehung (Burger, 2016)	29
Abbildung 17: N _{min} -Ziehung (Burger, 2015)	29
Abbildung 18: Versuchsplan (Forstner, 2016)	30
Abbildung 19: Versuchsstandort Betrieb Bäck (Google Maps, Forstner, 2016)	31
Abbildung 20: Versuchsstandort Betrieb Pernegger (Google Maps, Forstner, 2016)	32
Abbildung 21: Ernte Appersberg (Burger, 2015)	36
Abbildung 22: N _{min} -Ergebnisse Betrieb Bäck Appersberg (Reichinger, 2015)	37
Abbildung 23: N _{min} -Ergebnisse Betrieb Pernegger Mayersdorf (Reichinger, 2015)	38
Abbildung 24: Kornerträge aller Varianten 2015 (Forstner, 2016)	42
Abbildung 25: Kornertrag 2014-2015 (Forstner, 2016)	42

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: N-Fixierleistung Körnerleguminosen (Freyer et al, 2005)	15
Tabelle 2: Nährstoffentzüge bei verschiedenen Mais-Nutzungsarten (Mais-Anbauplaner, 2016)	19
Tabelle 3: Empfohlene Düngemengen (vgl. KWS, 2016)	19
Tabelle 4: Bodenbeschreibung Betrieb Bäck, Appersberg (www.ebod.at, 2016)	26
Tabelle 5: Bodenbeschreibung Betrieb Pernegger, Mayersdorf (www.ebod.at, 2016)	26
Tabelle 6: Düngeplan (Reichinger, 2016)	34
Tabelle 7: Kornertrag 2015 Bäck Appersberg (Reichinger, 2015)	41
Tabelle 8: Kornertrag 2015 Pernegger Mayersdorf (Reichinger, 2015)	41
Tabelle 9: Kornertrag 2014 Bäck Appersberg (Reichinger, 2014)	41
Tabelle 10: Kornertrag 2014 Pernegger Mayersdorf (Reichinger, 2014)	41

11 Literaturverzeichnis

AUFHAMMER, W.; KÜBLER, E.: Einfluß von Reihenweite und Untersaat auf den Silomaisertrag und den N_{\min} -Gehalt im Boden nach der Ernte. Die Bodenkultur 48 (3), 1997

BASF: www.agrar.basf.at, 22.02.2016, 23:00 Uhr

BAYER: www.bayer.at, 22.02.2016, 23:30 Uhr

BMLFUW: Nitrat im Grundwasser bzw. Trinkwasser, abgerufen von: www.bmlfuw.gv.at, 18.02.2016 17.35 Uhr

BRENNER, Klaus: Stabilisierte N-Dünger-eine Versicherung. ACKER plus, abgerufen von: www.duengerfuchs.de, 29.12.2015, 14.32 Uhr

DACHLER, Michael: Die Wirkung dicyandiamidhaltiger Stickstoffdünger zu Hackfrüchten, Landwirtschaftlich-chemische Bundeslehranstalt Wien, 1993

DACHLER, Michael: Effiziente Stickstoffdüngung bei Mais. Traktor aktuell. Ausgabe 05, 1995

EFFIZIENTDÜNGEN: Nitratverlagerung, abgerufen von: www.effizientduengen.de, 18.02.2016, 17.54 Uhr

ELFRICH, Reinhard: Maisdüngung: Zeitpunkt und Menge entscheiden, abgerufen von: www.landwirt.com, 18.02.2016, 16.35 Uhr

ENTRUP, Norbert und OEHMICHEN Jobst: Lehrbuch des Pflanzenbaues. Band 1 Grundlagen. Bonn: Agro Concept, 2006

ENTRUP, Norbert und OEHMICHEN, Jobst: Lehrbuch des Pflanzenbaues. Band 2 Kulturpflanzen. Gelsenkirchen: Th. Mann, 2000

HÖFLER, Werner: Entec, ein neuer Dünger auf dem Markt-was steckt dahinter? Der fortschrittliche Landwirt. Ausgabe 01/2005

HÖLZL, Franz Xaver: Düngung bei Mais. Der Bauer. Boden.Wasser.Schutz, Linz, 2014

HÖLZL, Franz Xaver: Schleppschlauchförderung im ÖPUL 2015. Der Bauer. Boden.Wasser.Schutz, Linz, 2014

KÄMPF, Robert; NOHE Eduard; PETZOLDT, Karl: Pflanzliche Produktion.

KWIZDA-AGRO: www.kwizda-agro.at, 22.02.2016, 23:00 Uhr

KWS: KWS-Mais-Anbauplaner.pdf, abgerufen von: www.kwsaustria.at, 02.01.2016, 19:35 Uhr

MAISKOMITEE: Maisanbau Weltweit, abgerufen von: www.maiskomitee.de, 20.02.2016, 18:00Uhr

OEKOSOZIAL: Maisanbau in Österreich-Zahlen und Fakten.pdf, abgerufen von: www.oekosozial.at, 20.02.2016, 16:00Uhr

OMYA: Technische Information ENTEC, abgerufen von: www.omya.ch, 04.11.2015, 16.45 Uhr

Pflanzenbau-Pflanzenschutz. Frankfurt (Main): DLG-Verlag, 1971

PRANKL, Peter: Pflanzenbau-Unterrichtsskriptum 2014-15

PROPLANTA: www.proplanta.de, 22.02.2016, 19:00 Uhr

REICHINGER, Christian: Versuchsergebnisse 2014. BWSB-LK OÖ

ROBIER, Johann; FRANK, Johann; DERSCH, Georg; FEICHTINGER, Franz: Effiziente und ineffiziente ackerbauliche Maßnahmen zum Grundwasserschutz. Programm 65. ALVA-Tagung. Puchberg, 2010

SKWP: ALZON46, abgerufen von: www.skwp.de, 20.02.2016, 13:00Uhr

STMUV-BAYERN: N-Kreislauf, abgerufen von: www.stmuv.bayern.de, 18.02.2016, 17:25 Uhr

STURM, Helmut; BUCHNER, Anton; ZERULLA, Wolfram: Gezielter düngen. Integriert/wirtschaftlich/umweltgerecht. 3. Auflage. Frankfurt (Main): DLG-Verlag, 1994

SUPERMED: Trinkwasser Qualität in Österreich ist nicht selbstverständlich, abgerufen von: www.supermed.at, 18.02.2016 17:47 Uhr

WIEKER, Hubertus: Stickstoffmineralisation des Bodens mit Stickstoffbedarf im Maisanbau unter Berücksichtigung zeitabhängiger N-Sollwerte und verschiedener Standorte. Justus-Liebig-Universität zu Gießen, 2000

WIESER, Johann: Mathematik-Unterrichtsskriptum, 2015

ZEISCHLER, Johannes; ESTLER, Manfred; GROSS, Friedrich; NEUMANN, Heinrich; GEISSLER, Benedikt: Mais. Anbau und Verwertung. Frankfurt (Main): DLG-Verlag, 1979

12 Anhang

12.1 Rohdaten N_{\min} -Ziehungen 2015

Bäck	Ausgangsbasis					VO	V1	V2	V3	V4	V5	
	9.April 2015					11.Mai 2015						
60-90 cm			17			19	16	25	26	25	24	
30-60 cm			29			27	20	28	26	45	32	
0-30 cm			25			33	73	81	40	67	61	
Summe			71		-	79	109	134	92	137	117	
VO	V1	V2	V3	V4	V5	-	VO	V1	V2	V3	V4	V5
3.Juni 2015							22.9.2015 (Nachernte)					
27	49	48	31	38	27		9	14	11	4	20	4
44	73	55	87	54	37		14	7	5	15	16	11
50	73	65	82	52	83		20	37	14	49	42	22
121	195	168	200	144	147	-	43	58	30	68	78	37

Pernegger	Ausgangsbasis					VO	V1	V2	V3	V4	V5	
	9.April 2015					11.Mai 2015						
60-90 cm			10			15	10	7	48	9	26	
30-60 cm			17			17	44	15	69	13	23	
0-30 cm			30			45	103	70	85	140	70	
Summe			57		-	77	157	92	202	162	119	
VO	V1	V2	V3	V4	V5	-	VO	V1	V2	V3	V4	V5
3.Juni 2015							22.9.2015 (Nachernte)					
19	27	20	25	28	31		18	11	30	18	4	5
18	15	25	35	26	30		11	29	14	31	24	16
28	58	58	163	62	48		22	38	24	38	16	27
65	100	103	223	116	109	-	51	78	68	87	44	48

12.2 Rohdaten N_{\min} -Ziehungen 2014

Bäck	Basis					VO	V1	V2	V3	V4	V5	
	10.März 2014					20.Mai 2014						
60-90 cm			3			13	5	13	13	39	13	
30-60 cm			13			13	13	18	13	26	26	
0-30 cm			18			31	51	38	80	89	61	
Summe			34		-	57	69	69	106	154	100	
VO	V1	V2	V3	V4	V5	-	VO	V1	V2	V3	V4	V5
18.Juni 2014							Nachernte					
19	27	24	25	19	17		11	11	13	28	28	15
25	41	35	47	25	24		10	10	23	23	37	23
30	54	68	72	79	66		20	29	26	36	71	29
74	122	127	144	123	107	-	41	50	62	87	136	67

Pernegger	Basis					VO	V1	V2	V3	V4	V5	
	10.März 2014					20.Mai 2014						
60-90 cm			5			8	8	22	8	3	11	
30-60 cm			8			21	24	27	19	24	37	
0-30 cm			35			36	31	36	35	73	52	
Summe			48		-	65	63	85	62	100	100	
VO	V1	V2	V3	V4	V5	-	VO	V1	V2	V3	V4	V5
18.Juni 2014							Nachernte					
28	22	18	16	18	20		8	10	10	23	16	10
19	25	29	18	20	31		13	10	10	46	36	24
63	43	42	106	69	43		14	16	16	26	49	19
110	90	89	140	107	94	-	35	36	36	95	101	53