



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften

Fachgebiet Pflanzenernährung und Bodenkunde

Prof. Dr. Bernhard Seggewiß

Bachelor-Studienarbeit

urn:nbn:de:gbv:519-thesis 2010 – 0524 - 1

„Optimaler Einsatz von Stickstoffdüngern zu Winterweizen in Mecklenburg - Vorpommern“

Von

Michael Drews

Oktober 2010

Inhaltsverzeichnis

I Abbildungsverzeichnis	3-4
II Tabellenverzeichnis	5
III Abkürzungsverzeichnis	6
1. Einleitung	7-8
2. Winterweizen allgemein	8
2.1 Stickstoffbedarf von Winterweizen	8-11
2.1 Einteilung von Winterweizen in E, A, B und C Weizen	12
2.2 Optimale Fruchtfolge zu Winterweizen	13-14
3. Stickstoffdünger und Ihre Wirkung	14-17
3.1 Einzelne Stickstoffdünger und ihre Eigenschaften	17-28
3.2 Organische Düngung	29-30
4. Stickstoff in der Praxis	30
4.1 Empfehlungen	30-34
4.2 Düngestrategien	34-37
4.3 Versuchsergebnisse	37-40
5. Fazit	41
6. Zusammenfassung	42
6.1 Summary	43
7. Literaturverzeichnis	44
7.1 Bücher und Zeitschriften	44
7.2 Internetquellen	45-48
8. Eidesstattliche Erklärung	49

I Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Spärliche Ährenbildung infolge von N-Mangel	9
Abb. 2	Stickstoffmangel und Überschuss	9
Abb. 3	N- Mangel im mittleren Gefäß; Absterben der unteren Blätter, rechts: optimal ernährte Pflanze	10
Abb. 4	N- Mangel; hellgrüner Aspekt, ältere Blätter gelb	10
Abb. 5	N- Mangel in der Schossphase verhindert die Ausbildung der Basisährchen	10
Abb. 6	Bei zu hohen N- Spätgaben reifen die Ähren früher ab als die Pflanzen	11
Abb. 7	Aufnahme von Ammonium- und Nitratstickstoff	15
Abb. 8	Denitrifikation von Stickstoff	15
Abb. 9	Nitrifikation von Stickstoff	16
Abb. 10	Mineralisation von organisch gebundenem Stickstoff	16
Abb. 11	Der Stickstoffkreislauf	17
Abb. 12	Einteilung in die Cyanamidphase und in die Düngephase	23
Abb. 13	Abbau von Kalkstickstoff im Boden	23
Abb. 14	Wirkung von Entec auf die Nitrifikation	26
Abb. 15	Warenkunde: Verschiedene Düngemittel	28

Abb. 16	N- Düngung zu Winterweizen	32
Abb. 17	Stabilisierte N- Düngung zu Winterweizen	32
Abb. 18	Stabilisierte N- Düngung zu Winterweizen	33
Abb. 19	N- Düngung zu Winterweizen mit Gülle/ Gärsubstrat	33
Abb. 20	Entwicklung, N- und S- Aufnahme im Getreide	36
Abb. 21	N- Formversuche in W- Weizen	38
Abb. 22	Rohproteingehalt von Winterweizen (Mittel Cubus und Akteur) in Abhängigkeit von Düngerform und Aufteilung der N- Düngung	39
Abb. 23	Kornertrag von Winterweizen (Mittel Cubus und Akteur) in Abhängigkeit von Düngerform und Aufteilung der N- Düngung	40

II Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Qualitätsanforderungen an Winterweizen bei unterschiedlicher Vermarktung	12
Tab. 2	Ideale Vorfrüchte zu Winterweizen	13
Tab. 3	Anteil ausgewählter Vorfrüchte für Getreide in Mecklenburg–Vorpommern, ermittelt aus den durchschnittlichen Prozentpunkten der Jahre 2000– 2003	14
Tab. 4	Einzelne mineralischen Düngergruppen und die dazugehörigen Dünger	18
Tab. 5	Umwandlungsgeschwindigkeiten von Harnstoff	22
Tab. 6	Alzon Produktübersicht	25
Tab. 7	Entec Düngervariationen	27
Tab. 8	Langsam wirkende mineralische Mehrstoffdünger	27
Tab. 9	Stickstoffbedarf von Wintergetreide nach der Ertragserwartung (geteilte Festdüngergaben)	31
Tab. 10	Entwicklungsstadien der Wintergetreide mit den durch die Düngung beeinflussten Pflanzenorganen	36

III Abkürzungsverzeichnis

<u>Abkürzung</u>	<u>Erläuterung</u>	<u>Abkürzung</u>	<u>Erläuterung</u>
a	Jahr	%	Prozent
Abb.	Abbildung	P	Phosphor
bzw.	beziehungsweise	S.	Seite
BBCH- Code	Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie	S	Schwefel
°C	Grad Celsius	s.	siehe
ca.	circa	sec	Sekunde
dt	Dezitonne	t	Tonne
g	Gramm	Tab.	Tabelle
ha	Hektar	TS	Trockensubstanz
hl	Hektoliter	WW	Winterweizen
i.d. TS	in der Trockensubstanz	z.B.	zum Beispiel
kg	Kilogramm		
K	Kalium		
l	Liter		
m ³	Kubikmeter		
mm	Millimeter		
mg	Milligramm		
Mg	Magnesium		
MV	Mecklenburg- Vorpommern		
N	Stickstoff		
N- min	Stickstoff mineralisiert im Boden		
ppm	parts per million		

1. Einleitung

Seit hunderten von Jahren spielt die Sicherung der Ernährung der Weltbevölkerung immer wieder eine herausragende Rolle. In zahlreichen Ländern in den verschiedensten Gebieten unserer Erde hungert ein Großteil der Bevölkerung. Ungünstige klimatische Bedingungen, Misswirtschaften, Krisen, Umweltkatastrophen und Kriege- aber auch fehlendes pflanzenphysiologisches Wissen sind einige Ursachen dafür. Nahrungsmittel sind auf dem Weltmarkt knapp und darüber hinaus sehr teuer. Auch die hoch entwickelten Länder Europas müssen sich dieser Problematik stellen und zu ihrer Lösung beitragen. Dabei geht es nicht darum diese Länder mit Lebensmitteln zu beliefern, sondern sie in die Lage zu versetzen, ihre Versorgung langfristig erfolgreich und dauerhaft in die eigenen Hände zu nehmen. Klimatische Veränderungen zeichnen sich seit Jahren aber auch in unseren Regionen ab. Dieser Problematik muss sich unsere Landwirtschaft zunehmend stellen und ebenfalls neue Wege beschreiten. Ziel muss es also sein, hochwertige, bedarfsgerechte landwirtschaftliche Produkte zu gerechten Preisen zu erzeugen, um zukünftig Nahrungsmittel in ausreichendem Maße produzieren zu können. Nur so kann der Hunger, besonders in den Entwicklungsländern, eingedämmt und letztlich ganz besiegt werden. Eines der beliebtesten und effizientesten Erzeugnisse ist hierbei der Weizen. Er hat in der Vergangenheit immer mehr an Bedeutung zugenommen. Vor allem seine vielseitige Verwertbarkeit und seine Leistungsfähigkeit haben ihn zu einer der am meisten verbreitetsten Getreidearten gemacht. Gerade in Mecklenburg- Vorpommern hat der Weizenanbau, insbesondere von Winterweizen, in den vergangenen Jahren stark zugenommen. So wurde 2009 laut dem statistischen Landesamt in Schwerin so viel Winterweizen ausgesät, wie seit fünf Jahren nicht mehr. Die Anbaufläche wuchs im Vergleich zum Vorjahr um sechs Prozent auf 342.900 Hektar an. Die Düngung hat wesentlich dazu beigetragen, die Agrarproduktion zu steigern und die Ernährungsgrundlagen sicherer zu machen. Um das Ertragsniveau und die Qualitätseigenschaften weiterhin stabil zu halten bzw. zu steigern, ist es wichtig, dass der Weizen optimal gedüngt wird. So experimentierten bereits unsere Urahnen mit Düngern, die die eigene häusliche Landwirtschaft lieferte. Dieses waren die so genannten Wirtschaftsdünger. Aber erst vor ca. zweihundert Jahren mit dem Aufschwung der Forschungen auf dem Gebiet der Chemie gelang es europäischen Wissenschaftlern durch exakte Untersuchungen, die Grundlagen einer modernen landwirtschaftlichen Düngewirtschaft zu schaffen. Dadurch konnte sich die Düngung von der Primitivdüngung zur Intensivdüngung und später zur Präzisionsdüngung weiterentwickeln. Eines der wichtigsten Düngemittel ist der Hauptnährstoff Stickstoff, wenn auch sein Einsatz

bei Landwirten und Anbauexperten nicht unumstritten ist. Die folgende Arbeit beschäftigt sich mit dem optimalen Einsatz von Stickstoffdüngern für den Winterweizenanbau auf landwirtschaftlich genutzten Böden in Mecklenburg- Vorpommern.

2. Winterweizen allgemein

Weizen (Wissenschaftlicher Name: *Triticum aestivum*) (Familie: Süßgräser (Poaceae)) ist nach der Gerste die älteste kultivierte Getreideart und wird seit ca. 10.000 Jahren angebaut. Die “ Wurzeln“ des Weizens liegen in Vorderasien. Hier entstanden seine Vorgänger, wie Einkorn und Emmer. Aus einer Kreuzung von Emmer und Wildgrasarten, wie dem Gänsefußgras, ging dann die heutige Kulturform des Weizens hervor (Quelle: Trans Gen 2010). Als Winterweizen wird der Weizen bezeichnet, der im Früh- bis Spätherbst, also von Ende August bis Ende Oktober, gesät wird. Mitunter erfolgt dieses auch bis Anfang Dezember. Der Winterweizen stellt folgende Ansprüche:

An den Boden

Er benötigt von den Getreidearten aufgrund seiner geringen Wurzelleistung beste Böden. Diese sind vor allem Schwarzerden und die braunen, stark verlehnten Lößböden (Quelle: Dr. Gotthard Golisch 88/89).

Weniger gute Böden (bis Ackerzahl 40 herunter) können aber bei gutem Kulturstand und guter Vorfrucht (zum Beispiel Raps) ebenfalls noch hohe Weizenerträge erlangen.

An das Klima und die Witterung

Der Winterweizen ist empfindlich gegen Winternässe und langandauernde Schneedecken. Er bevorzugt einen trockenen Herbst und Vorwinter, zeitige Frühjahrserwärmung mit ausreichend Feuchtigkeit und feuchtmildes Wetter zur Bestockung. Die durchschnittliche Jahrestemperatur sollte um die 8 °C liegen.

An den Wasserbedarf

Der Hauptwasserbedarf des Winterweizens liegt zwischen Schossbeginn und Ährenschieben. Danach sind höhere Niederschläge ebenso unerwünscht, wie extreme Trockenheit. Der Gesamtwasserbedarf liegt bei ca. 500 – 600 mm Niederschlag pro Jahr.

2.1 Stickstoffbedarf von Winterweizen

Stickstoff ist unverzichtbar für das gesunde Wachstum der Pflanzen und nimmt einen der größten Anteile bei ihrer Ernährung ein. Um die Weltbevölkerung ausreichend mit Nahrung zu versorgen, reicht das Stickstoffangebot im Boden ohne Düngung nicht aus. In der Trockenmasse der organischen Substanz ist Stickstoff zu 1 bis 5 % in der Pflanze vorhanden. Er ist Strukturbaustein der Amino- und Nukleinsäuren, der Proteine, Proteide und Nukleotide, des Chlorophylls und verschiedener sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe, wie zum Beispiel der Alkaloide (Quelle: Bergmann 1993).

Stickstoff ist somit ein wesentlicher Bestandteil des Protoplasmas, sowie der Erbinformationen speichernden und übertragenden Zellbestandteile, wie der Chromosomen, Gene und Ribosomen. Fehlt den Pflanzen Stickstoff, so kommt es zunächst zu Stresssituationen und sichtbaren Mangelercheinungen an der Pflanze. Diese Mangelercheinungen können sowohl latent- bis hin zu akut vorhanden sein. Bei latentem Mangel bildet der Winterweizen zunächst nur dünne und kurze Halme aus. Der Bestand weist eine blass- bis hellgrüne bzw. gelbgrüne Farbe auf. Ältere Blätter werden von der Spitze her gelb und sterben unter Braunfärbung vorzeitig ab. Bei akutem Mangel kommt es zu geringer Bestockung. In Extremfällen unterbleibt bei starkem Mangel die Bestockung fast ganz. Die Ähren bleiben klein (siehe Abb.1). Dadurch kann im Wesentlichen ein angestrebtes Ertragsniveau nicht erzielt werden, oder aber die Stickstoffausstattung des Korns bleibt so gering, dass kein hoher Proteingehalt erlangt werden kann. Die Folgen sind schlechte Qualitäten des Winterweizens, erhebliche Ertragseinbußen, sowie schlechte Erlöse bei der Vermarktung.

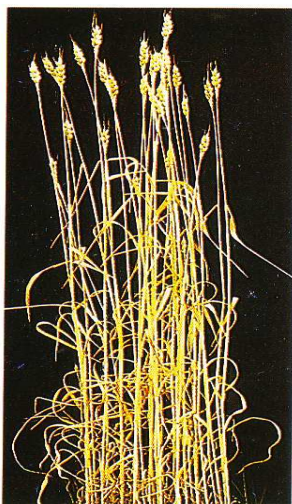


Abbildung 1

Spärliche Ährenbildung infolge von N-Mangel
(Quelle: Bergmann 1993)



Abbildung 2

Stickstoffmangel und Überschuss
(Quelle: Dr. Florian Wichern 2008)



Abbildung 3

N- Mangel im mittleren Gefäß; Absterben der unteren Blätter, rechts: optimal ernährte Pflanze (Quelle: Knittel/Albert: Praxishandbuch Dünger und Düngung 2003)



Abbildung 4

N- Mangel; hellgrüner Aspekt, ältere Blätter gelb (Quelle: Knittel/Erhard Praxishandbuch Dünger und Düngung 2003)



Abbildung 5

N- Mangel in der Schossphase verhindert die Ausbildung der Basisährchen (Quelle: Knittel/ Albert: Praxishandbuch Dünger und Düngung 2003)

Aber auch eine Überdüngung mit Stickstoff kann sich schädlich für die Pflanzen auswirken. Der Weizen gelangt ebenfalls zunächst in eine Stresssituation, welche das Wachstum ungünstig beeinflussen kann- bis hin zum Totalausfall. Überhöhte N- Gaben sorgen für eine erhöhte Bestockung des Winterweizens. Diese kann sich schon frühzeitig negativ auf die Ähren und Kornausbildung auswirken. Das Stützgewebe der Pflanze ist durch ein gestörtes Gleichgewicht von Kohlenhydraten und Stickstoffverbindungen beeinträchtigt und nur vermindert fest. Somit kommt es oftmals schon frühzeitig zu Lagergetreide, wodurch die

Pflanzen schnell anfällig gegenüber Infektionskrankheiten werden (Quelle: Bergmann 1993). Durch den Infektionsdruck, aber auch dadurch, dass die Pflanze durch das weiche Gewebe weniger Zucker bildet, kann es zu verminderten Erträgen- bis hin zu Totalausfällen kommen. Hier unterscheidet man in latente und akute Toxizität. Bei der latenten Toxizität weist der Winterweizen zunächst dunkelgrün bis blaugrün gefärbte Blätter auf, die sehr breit und saftig sind. Außerdem findet ein verlängertes vegetatives Wachstum statt. Bei der akuten Toxizität kann es auch zu mehr oder weniger ausgeprägten Blattrandchlorosen und Nekrosen kommen. Diese sind zunächst nur als Chlorosestreifen zwischen den noch stark dunkelgrünen Blattgeweben und der Nekrosenzone vorhanden, breiten sich dann aber über die Interkostalflächen aus, bis das gesamte Blatt und später dann die gesamte Pflanze abgestorben ist. Die Folgen sind erhöhte finanzielle Belastungen, die durch die erhöhte N- Zufuhr entstehen, sowie dadurch begründet verminderte Erträge- bis hin zu Totalausfällen. Deshalb ist es wichtig zu wissen, was der Winterweizen für das Grundwachstum und später für das Erlangen der Qualitäten an Stickstoff benötigt, um somit eine richtige Düngung durchführen zu können.



Abbildung 6

Bei zu hohen N- Spätgaben reifen die Ähren früher ab als die Pflanzen (Quelle: top- agrar 2006)

2.2 Einteilung von Winterweizen in E, A, B und C Weizen

Das Bundessortenamt teilt seit 1995 die Weizensorten aufgrund ihrer verschiedenen Qualitätseigenschaften und den daraus resultierenden Verwendungsmöglichkeiten in fünf Gruppen ein.

- E:** Eliteweizen (sehr hohe Backqualitätseigenschaften und Aufmischleistung)
A: Qualitätsweizen (hohe Backqualitätseigenschaften und Aufmischleistung)
B: Brotweizen (gute Backeigenschaften)
C: sonstiger Weizen (Futter-, Stärke-, Brauweizen)
K: Kekswitzen (spezieller Weizen für die Keksindustrie)

Aus diesen fünf Gruppen sind die ersten vier E, A, B und C die Gruppen, mit denen am Häufigsten produziert wird. Die Sortengruppe K kennzeichnet Weizensorten mit sehr hoher Fallzahl, geringen Eiweißgehalten und Sedimentationswerten, die zur Keksverarbeitung besonders geeignet sind. Derzeit ist allerdings keine Sorte in dieser Qualitätsgruppe eingetragen. Bei der Vermarktung werden für die wichtigsten Verwendungszwecke nachfolgende Qualitätsanforderungen gestellt (siehe Tab.1).

Tabelle 1

Qualitätsanforderungen an Winterweizen bei unterschiedlicher Vermarktung (Quelle: eigene Zusammenstellung 2010)

Parameter	Maßeinheit	freier Markt			
		Eliteweizen	Qualitätsweizen	Brotweizen	Futterweizen
Qualitätsgruppe	-	E	A	B	C
Rohprotein	%	> 14,5	> 13,5	> 12	-
Fallzahl	Sec	> 280	> 250	> 220	-
Sedimentationswert	-	> 50	> 45	>25	-
Kornbesatz	%	< 5	< 5	< 5	< 7
Bruchkorn	%	< 3	< 3	< 3	< 5
Naturalgewicht	kg/hl	> 77	> 77	> 76	> 72
Kornfeuchte	%	< 14,5	< 14,5	< 14,5	< 14,5

2.2 Optimale Fruchtfolge zu Winterweizen

Die Fruchtfolge ist von großer Wichtigkeit im Winterweizenanbau. Sie ist erheblich daran beteiligt, wie viel Stickstoff gesamt gedüngt werden soll und gibt Aufschluss darüber, wie hoch die einzelnen N- Gaben sein müssen. Eine ausschlaggebende Rolle spielt die Vorfrucht. Da Winterweizen eine Halmfrucht ist, sind demzufolge Blattfrüchte, wie die Zuckerrübe, und Leguminosen, wie der Weißklee und Erbsen, die besten Vorfrüchte. Durch sie wird viel organische Masse hinterlassen, die mit Stickstoff angereichert ist (Quelle: Gustav Könnecke; Fruchtfolgen 1966). Oftmals müssen aber aufgrund der hohen Anbaukonzentration von Winterweizen Kompromisse bei der Vorfrucht gefunden werden. In Mecklenburg– Vorpommern steht nach Angaben der Landesforschungsanstalt Güstrow– Gülzow der Winterweizen zu ca. 75 % der Anbaufläche auf Feldern, bei denen Raps, Hackfrüchte, Leguminosen und Hafer als Vorfrucht dienten. Auf ca. 18 % der Anbaufläche steht der Weizen in Selbstfolge. Dieser sogenannte „Stoppelweizen“ kommt vorwiegend in Westmecklenburg vor und ist kritisch zu betrachten, da er eine stärkere Anfälligkeit gegenüber bodenbürtigen Schaderregern aufweist. Diese können selbst bei erhöhtem Pflanzenschutzmitteleinsatz einen Minderertrag von 10 % und mehr verursachen. Gerade der Weizen, sowie der Körner– und der Silomais gelten als Infektionsquellen für Fusariosen, speziell Ährenfusariosen, die sich am wachsenden Winterweizen häufig nachweisen lassen (Quelle: Landesforschungsanstalt MV 2009).

Die folgenden Tabellen 2 und 3 sollen daher einen Aufschluss über ideale Vorfrüchte, sowie den Anteil ausgewählter Vorfrüchte wiedergeben, die aus den durchschnittlichen Prozentpunkten der Jahre 2000- 2003 für Winterweizen in Mecklenburg– Vorpommern hervorgehen.

Tabelle 2

Ideale Vorfrüchte zu Winterweizen (Quelle: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft 2008).

Sehr gute Vorfrüchte	Gute Vorfrüchte	Befriedigende Vorfrüchte	Ausreichende Vorfrucht	Ungenügende Vorfrüchte
Winterraps	Zuckerrübe	Mais	Sommergerste	übrige Getreidearten
Kartoffel	Rotklee	Klee gras		
Körnerleguminosen	Hafer	mehnjährige Gräser		

Tabelle 3

Anteil ausgewählter Vorfrüchte für Getreide in Mecklenburg– Vorpommern, der Jahre 2000- 2003 (Quelle: Landesforschungsanstalt MV 2010).

Vorfrucht	Winterweizen
Brache	0,6%
Futtererbsen	2,0%
Hafer	0,1%
Kartoffeln	3,5%
Öllein	0,4%
Silomais	5,5%
Sommergerste	1,0%
Sommerraps	1,0%
Triticale	1,9%
Wintergerste	1,2%
Winterraps	62,5%
Winterroggen	0,9%
Winterweizen	17,7%
Zuckerrüben	4,4%

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, dass die Vorfruchtwahl in Abhängigkeit vom Getreideanteil in der Fruchtfolge erfolgen sollte. Das heißt, bei einem Getreideanteil von unter 55 % der Ackerfläche, kommen möglichst nur Blattfrüchte für den Winterweizen in Frage. Steigt der Getreideanteil auf bis zu 66 % der Ackerfläche, sollte keine Weizenselbstfolge, also kein Weizen nach Weizen, erfolgen. Ist der Getreideanteil größer als 66 % der Ackerfläche, dann kann nur in Ausnahmefällen eine Weizenselbstfolge gewählt werden.

3. Stickstoffdünger und ihre Wirkung

Stickstoff gelangt auf unterschiedlicher Art und Weise in die Pflanzen. Zum einen wird Luftstickstoff bei Leguminosen und Harnstoff bei allen Getreidearten über die Blätter aufgenommen. Zum anderen befinden sich die überwiegenden Stickstoffformen im Boden, wie die beiden mineralischen N- Formen Ammonium (NH_4^+) und Nitrat (NO_3^-), welche über die Wurzeln konsumiert werden (siehe Abb.7). Auch organische Verbindungen, die an den Humusfraktionen Stickstoff eingebaut haben, befinden sich im Boden. Von den oben genannten

mineralischen N- Formen nehmen die Pflanzen überwiegend Nitrat auf, da Ammonium an Tonpartikel gebunden wird und somit erst umgewandelt werden muss, damit es besser pflanzenverfügbar ist.

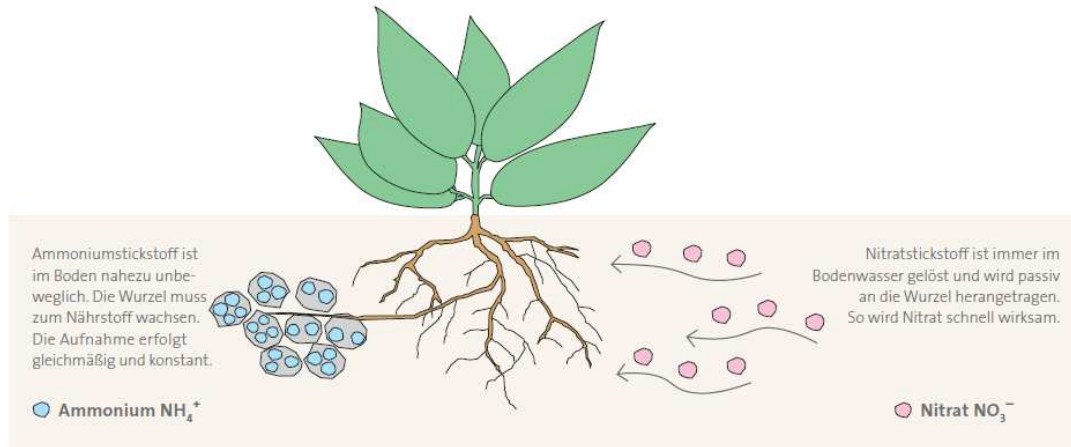


Abbildung 7

Aufnahme von Ammonium- und Nitratstickstoff (Quelle: kali+ salz 2010)

Nitrationen bleiben im Bodenwasser gelöst und sind frei beweglich. Daher gelangt Nitrat unverzüglich zu den Pflanzenwurzeln und kann schneller aufgenommen werden. Mit jeder Wasseraufnahme erfolgt auch eine N- Aufnahme. Alle Nitratdünger sind schnell pflanzenverfügbar und können ihre Wirkung rasch entfalten. Allerdings kann Nitrat auch durch seine Beweglichkeit umgehend in andere Bodenschichten verlagert (ausgewaschen) werden. Dies geschieht häufig auf seichtgründigen Standorten und bei mangelndem Bewuchs. Außerdem kann eine Denitrifikation erfolgen, bei der unter anaeroben Bedingungen Nitrat zu elementarem Stickstoffgas (N_2) reduziert wird und als Nebenprodukt Lachgas (N_2O) entsteht. Beide Produkte werden an die Atmosphäre abgegeben (siehe Abb. 8). Nitratdünger muss daher bedarfsgerecht gedüngt werden.



Abbildung 8

Denitrifikation von Stickstoff (Quelle: Industrieverband Agrar 2010)

Ammonium kann auch in geringen Mengen direkt von den Pflanzen aufgenommen werden, ist aber aufgrund der festen Bindung an die Tonminerale im Boden kaum beweglich. Es gelangt deshalb vorrangig erst nach mikrobieller Umwandlung zu Nitrat an die Wurzeln. Diese mikrobielle Umwandlung ist die Nitrifikation, bei der mit Hilfe der Bakterien Nitrosomonas und Nitrobacter Ammonium über Nitrit zu Nitrat umgebaut wird (siehe Abb. 9).

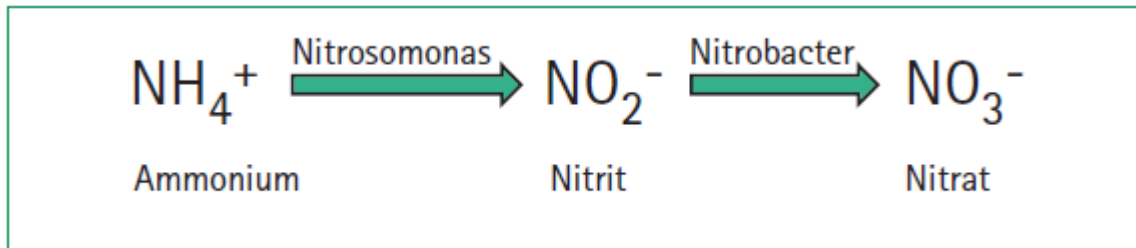


Abbildung 9

Nitrifikation von Stickstoff (Quelle: Industrieverband Agrar 2010)

Weil das Ammonium erst umgewandelt werden muss, um von der Pflanze aufgenommen werden zu können, sind alle Ammoniumdünger sogenannte Langzeitdünger. Sie stehen der Pflanze nicht unmittelbar zur Verfügung, sondern entfalten ihre Wirkung nur nach und nach. Deshalb kann man Ammoniumdünger auch auf Vorrat düngen, denn sie sind schlechter auswaschbar (Quelle: Arnold Finck Dünger und Düngung 1992).

Stickstoff in organischen Verbindungen ist weitgehend unbeweglich und somit nicht pflanzenverfügbar. Deshalb muss mit Hilfe von Mikroorganismen der organische Stickstoff zu Ammonium umgewandelt werden. Dabei spricht man von der Mineralisation. Bei der Mineralisation wird organisch gebundener Stickstoff erst zu Iminostickstoff und dann zu Ammoniumstickstoff umgesetzt (Abb.10).

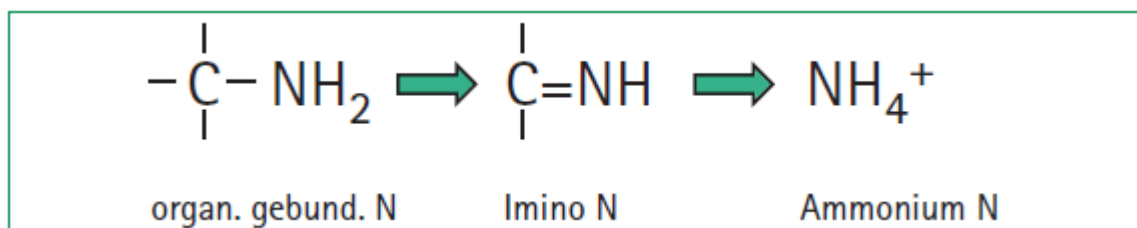


Abbildung 10

Mineralisation von organisch gebundenem Stickstoff (Quelle: Industrieverband Agrar 2010)

Der oben beschriebene Weg des Stickstoffs kann in einem Kreislauf dargestellt werden (siehe Abb.11).

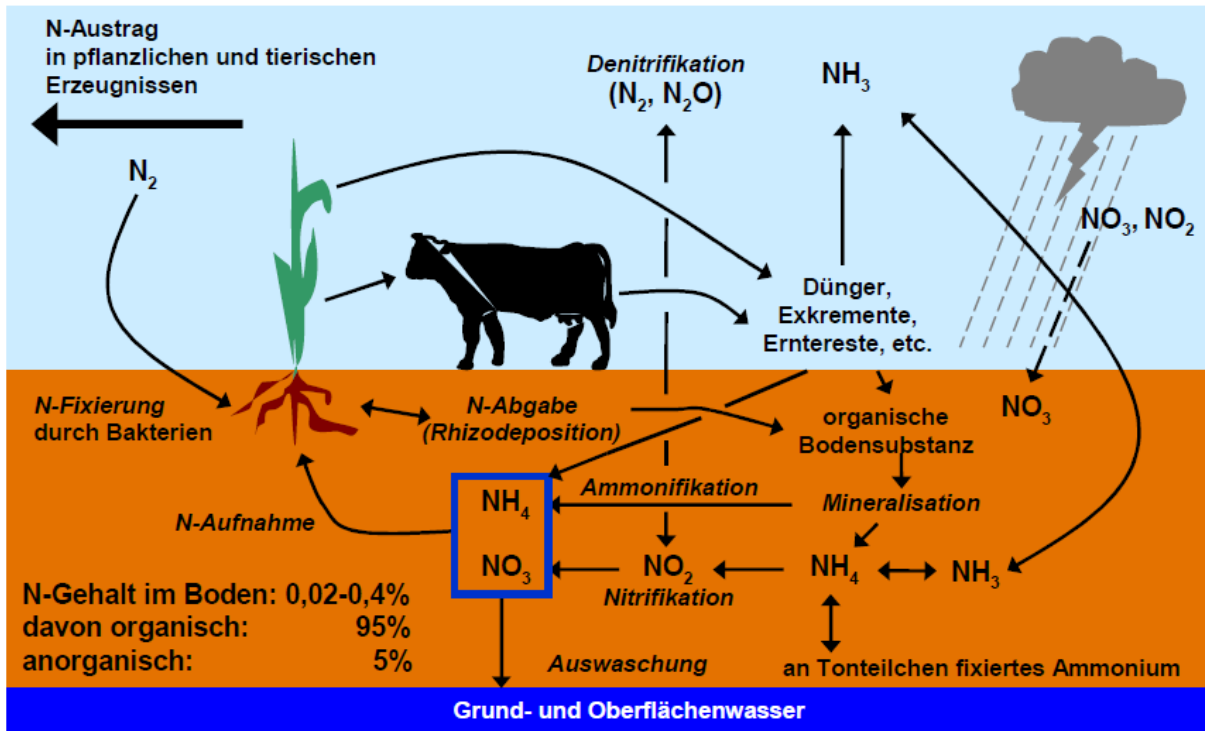


Abbildung 11

Der Stickstoffkreislauf (Quelle: Dr. Florian Wichern 2008)

3.1 Einzelne Stickstoffdünger und ihre Eigenschaften

Das Angebot an Stickstoffdüngern auf dem Markt ist reichhaltig und macht es schwierig, die richtige Auswahl für eine optimale Stickstoffdüngung zu finden. Man unterscheidet daher die wichtigsten N- Mineraldünger in sechs große Gruppen. Dies sind Ammoniumdünger, Nitratdünger, Ammonnitratdünger, Amiddünger, Ammonnitratamiddünger und N- Depotdünger (siehe Tab. 4).

Tabelle 4

Einzelne mineralischen Düngergruppen und die dazugehörigen Dünger (Quelle: Universität Regensburg 2008)

Düngergruppe	Name des Düngers	Chemische Formel
Ammoniumdünger	Ammoniakgas	NH_3
	Ammoniakwasser	$\text{NH}_3 \cdot \text{NH}_4\text{OH}$
	Ammoniumsulfat	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
Nitratdünger	Kalksalpeter	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
	Natronsalpeter	NaNO_3
Ammoniumnitratdünger	Ammoniumnitrat	NH_4NO_3
	Kalkammonsalpeter	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$
	Ammonsulfatsalpeter	$\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
Amiddünger	Harnstoff	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
	Kalkstickstoff	CaCN_2
Ammonnitratamiddünger	Ammonnitrat-Harnstofflösung	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CO}(\text{NH}_2)_2$
N-Depotdünger	Alzon	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + (\text{NCNH}_2)_2$
	Entec	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

Ammoniakgas und Ammoniakwasser werden nicht so häufig in der Praxis eingesetzt. Sie könnten aber fortschreitend mit der Verbreitung des Cultan- Verfahrens immer mehr an Bedeutung gewinnen, denn Ammoniakgas (NH_3) besitzt 83% Stickstoff und kann mit Hilfe von Druckbehältern ausgebracht werden. Ammoniakwasser ($\text{NH}_3 \cdot \text{NH}_4\text{OH}$) besitzt ebenfalls einen hohen Stickstoffanteil. Es ist allerdings so stark ätzend, dass es durch Zusatz von Wasser auf eine vertretbare Konzentration herabgesetzt werden muss, bevor es mit drucklosen Tanks appliziert werden kann. Die gebräuchlichsten Düngemittel aus den sechs Düngergruppen sind Ammonsulfate, Kalksalpeter, Natronsalpeter, Ammoniumnitrat, Kalkammonsalpeter, Ammonsulfatsalpeter, Harnstoff, Kalkstickstoff, Ammonnitrat-Harnstofflösung, Alzon und Entec, die für die optimale Stickstoffdüngung von Winterweizen in Frage kommen. Diese Düngemittel besitzen unterschiedliche Eigenschaften.

3.1.1 Ammoniumdünger

Ammoniumsulfatdünger, wie z.B. Schwefelsaures Ammoniak, (Granular 2 und Granular 3 von DSM- Agro) sind Ammoniumdünger und enthalten 21 % Stickstoff und 24 % wasserlöslichen Schwefel. Er ist leicht in kaltem Wasser löslich und die Dichte beträgt bei 20°C 1,78 g/cm³. Der durchschnittliche Korndurchmesser liegt bei 1,1 +/- 0,2 mm. Wie im Punkt 3 erwähnt, sind Ammoniumdünger langsam wirkende Düngemittel, da sie im Boden erst umgewandelt werden müssen, bevor die Pflanze sie verwerten kann. Durch den zusätzlichen Schwefelanteil spart man Kosten ein, weil weniger Schwefel nachgedüngt werden muss. Außerdem sorgt der Schwefelanteil für eine fungizide Wirkung und verbessert die Aufnahme von Spurennährstoffen, wie Eisen, Mangan und Bor (Quelle: RH- Agrarhandel 2010). Ammonsulfatdünger können als Granulat oder in flüssiger Form vorliegen und eignen sich somit für die Ausbringung mit dem Düngerstreuer, aber auch für die Ausbringung in flüssiger Form z.B. beim Cultan- Verfahren.

3.1.2 Nitratdünger

Calciumnitrat Ca(NO₃)₂ wird auch als Kalksalpeter oder Mauersalpeter bezeichnet. Es entsteht aus Salpetersäure und Calciumcarbonat und besitzt einen Gesamtstickstoffanteil von 15,5 %, der sich aus 14,4 % Nitrat und 1,1 % Ammoniumstickstoff zusammensetzt. Es beinhaltet außerdem einen Anteil an Calciumoxid von 26,0 % . Kalksalpeter hat eine weiße Farbe und eine Dichte von 1,1 kg/dm³. Er besitzt eine gleichmäßige Korngröße von 2- 4 mm und ist hygroskopisch, was bedeutet, dass sich der Dünger sehr schnell auflöst, wenn er mit Boden oder Luftfeuchtigkeit in Verbindung kommt. Dadurch, dass Kalksalpeter ein Nitrat-Stickstoffdünger ist, wirkt er direkt und schnell an der Pflanze. Der Dünger wird nicht im Boden festgelegt und bleibt pflanzenverfügbar. Allerdings kann er so auch schneller ausgewaschen werden als andere Dünger. Sein wesentlicher Vorteil gegenüber weiteren Düngern liegt darin, dass er neben Stickstoff auch Calcium mit in den Boden einbringt. Dieses fördert die Bodenstruktur und schafft somit die Voraussetzung für ein optimales Wurzelwachstum und die damit verbundenen höheren Erträge. Calcium sorgt für eine festere Zellwandstruktur in den Pflanzen und erhöht somit die Widerstandsfähigkeit gegenüber Krankheiten, Schädlingen und Witterungsunbilden wodurch der Anteil der Vermarktungsfähigkeit steigt. Außerdem wird durch das Calcium der PH- Wert leicht angehoben (Quelle: Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft 2008).

Natronsalpeter, auch Chilesalpeter oder Natriumnitrat genannt, ist eine chemische Verbindung. In der Natur ist es in Form von Nitrat vorhanden und wird auf riesigen Halden in Chile, Ägypten, Kolumbien und Kleinasien abgebaut. Natronsalpeter ist ein farbloser Feststoff der eine Dichte von $2,26 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ besitzt. Als Dünger wird er in granulierter Form mit einem Stickstoffgehalt zwischen 15- und 22 % N angeboten. Chilesalpeter besitzt heute kaum noch eine Bedeutung im Getreideanbau und ist somit für diese Studienarbeit wenig relevant. Oftmals wird er für Sonderkulturen oder für die Aufbereitung anderer Düngemittel eingesetzt (Quelle: Mineralienatlas 2010).

3.1.3 Ammoniumdünger

Ammoniumnitrat, oder auch Ammonsalpeter, wird industriell durch das Einleiten von Ammoniakgas in 40 prozentige Salpetersäure- oder durch das Zusammenbringen von Ammoniaklösung mit Salpetersäure hergestellt. Es besitzt eine Dichte von $1,72 \text{ g}/\text{m}^3$ und besteht aus durchsichtigen farblosen Kristallen, die an der Luft schnell zerfließen. Man benötigt es zu großen Anteilen bei der Herstellung von Düngern. Allerdings wird es aufgrund seiner hohen Explosionsgefahr nur selten als reines Düngemittel verwendet, sondern meistens in Verbindung mit Kaliumchlorid zu Kalkammonsalpeter weiterverarbeitet. Auch AHL sowie Blaukorn werden aus Ammoniumnitrat hergestellt. Häufig ist Ammoniumnitrat mit Schwefel als Düngemittel im Angebot. Hierbei wird Ammoniumnitrat mit Calciumsulfat kombiniert und mit einem typischen Gehalt von 24 % N (12 % als Nitrat und 12 % als Ammonium) und 6 % Schwefel produziert. Ein reiner Ammonsalpeter wird in der Schweiz von der Firma Lonza hergestellt und trägt den Namen Lonza- Ammonsalpeter. Er enthält je nach Produktzusammensetzung zwischen 23- und 27,5 % Stickstoff, welcher zur Hälfte als Nitrat und zur anderen Hälfte aus Ammonium besteht. Er besitzt aufgrund seiner Weichgranulierung eine hervorragende Nährstofflöslichkeit. In Deutschland ist dieser Dünger allerdings nur wenig verbreitet.

Kalkammonsalpeter wird auch mit KAS abgekürzt. Er ist ein Ammoniumnitratdünger, der 27 % Stickstoff enthält, welcher zu 13,5 % aus Nitratstickstoff und zu 13,5 % aus Ammoniumstickstoff besteht. KAS ist ein geruchloser, weiß- bis grauweißer Dünger. Er ist löslich in kaltem Wasser und besitzt eine Dichte von $1- 1,2 \text{ g}/\text{cm}^3$. Der durchschnittliche Korndurchmesser beträgt 3,3- 3,9 mm. KAS wird in granulierter Form von vielen verschiedenen Herstellern angeboten und in unseren Breitengraden wegen seiner guten Eigenschaften sehr häufig eingesetzt. Oftmals mischt man diesem Dünger zusätzlich einen

Magnesiumanteil von 4 % MgO bei. Der wesentliche Vorteil von Kalkammonsalpeter liegt darin, dass er zu 50 % Stickstoff in Nitratform enthält, der der Pflanze sofort zur Verfügung steht. Weiterhin enthält er zu 50 % Stickstoff in Ammoniumform, der für eine nachhaltige Wirkung sorgt. Dadurch ist eine hohe Wirkungssicherheit, auch bei ungünstigen Bedingungen, gewährleistet (Quelle: Yara 2004).

Ammonsulfatsalpeter wird auch als ASS bezeichnet. Er ist ebenfalls ein Ammonnitratdünger, der als farbloses, gelbliches oder rötlich- braunes Pulver, aber auch als Granulat gehandelt wird. Das Schüttgewicht von ASS beträgt 970 kg/m^3 und der durchschnittliche Korndurchmesser liegt bei 3,0- 3,6 mm. Hierbei handelt es sich um einen der am meisten genutzten Schwefel- Stickstoffdünger in Deutschland. ASS besteht zum einen aus Ammoniumnitrat und zum anderen aus Ammoniumsulfat und besitzt 26 % Reinstickstoff, wovon 19 % als Ammoniumstickstoff und 7 % als Nitratstickstoff vorhanden sind. Je nach Hersteller wird dem ASS 13- 15 % Schwefel in Form von Sulfat beigemischt. Da allerdings die Sulfatform leicht wasserlöslich ist, unterliegt der Dünger einer deutlichen Auswaschung. Das macht eine Vorratsdüngung fast unmöglich. Im Boden wirkt ASS leicht versauernd, da sich das Ammonium in Wasser und H^+ - Ionen aufspaltet. Dadurch bildet sich um die Wurzel eine Zone mit einem PH-Wert um 4,0, wodurch Spurennährstoffe, wie z.B. Eisen, Mangan, Bor, Kupfer und Zink, besser verfügbar werden. Dieses erweist sich besonders auf alkalischen Böden von Vorteil (Quelle: König- Agrar 2010).

3.1.4 Amiddünger

Harnstoff wird lateinisch auch Urea genannt. Er ist ein weißlicher Amiddünger, der 46 % pflanzenverfügbaren Stickstoff enthält. Harnstoff gibt es in geprillter Form mit einem Korndurchmesser von 2,5- 2,8 mm oder in granulierter Form mit einem Korndurchmesser von 3,0- 3,3 mm. Die Dichte liegt je nach Form zwischen $0,75\text{-}0,85 \text{ kg/dm}^3$. Er ist ein stark kalkzehrender Dünger, der mit einem Kalkwert von - 44 stark zur Bodenversauerung beiträgt (Quelle: Hansa- Landhandel). Pflanzenbaulich wird Harnstoff eine langsame N-Wirkung nachgesagt. Die Umwandlung in die sofort pflanzenverfügbare N- Form erfolgt jedoch sehr schnell. Nach Amberger u. Vilsmeier (1980) werden für diesen Prozess bei einer Bodentemperatur von 2° C vier Tage benötigt und bei einer Bodentemperatur von 10° C sogar nur zwei Tage. Die Umwandlung von Ammonium in Nitrat dauert je nach Temperatur ein bis sechs Wochen.

Tabelle 5

Umwandlungsgeschwindigkeiten von Harnstoff (Quelle: SKW Piesteritz 2006)

Umwandlungsdauer von Harnstoff zu Ammonium-N (NH ₄ -N)		Umwandlungsdauer von Ammonium-N (NH ₄ -N) zu Nitrat-N (NO ₃ -N)	
Bodentemperatur	Umwandlungsdauer	Bodentemperatur	Umwandlungsdauer
2°C	4 Tage	5°C	6 Wochen
10°C	2 Tage	8°C	4 Wochen
20°C	1 Tag	10°C	2 Wochen
Quelle: Amberger, 1996		20°C	1 Woche

Die sofort nach der Düngung einsetzende ammoniumbetonte Pflanzenernährung (nach Fuchs-2000) hat zur Folge, dass Harnstoff gedüngte Bestände im Gegensatz zu Nitrat gedüngten nicht mit einem sofortigen Farbwechsel reagieren. Dieses Phänomen des Farbwechsels entsteht dadurch, dass Nitrat oftmals nach der Düngung in größeren Mengen (Luxuskonsum) aufgenommen- und erst durch den energieintensiven Vorgang der Nitratreduktase in Eiweißverbindungen eingebaut wird. Dadurch entsteht vermehrt Chlorophyll. Die schrittweise Umwandlung des Harnstoffes von Ammoniumstickstoff zu Nitrat bewirkt eine ausgeglichene Düngewirkung und senkt das Verlustrisiko der Stickstoff- Verlagerung. Erhebliche Verluste, die allerdings auftreten können, sind gasförmige N- Verluste. Diese treten durch die besondere Umwandlung von Amiddüngern auf. Hierbei entstehen zunächst Ammoniak (NH₃) und Kohlenstoffdioxid (CO₂), bevor der Stickstoff als Ammonium zum Nitrat übergeführt wird. Dieser Vorgang wird auch als Urease bezeichnet. Urease ist das Enzym, welches Harnstoff in Kohlenstoffdioxid und Ammoniak spaltet. Durch Versuche ist belegt, dass bei diesem Vorgang unter ungünstigen Bedingungen Stickstoffverluste in Form von Ammoniak bis zu 27 % entstehen können (Quelle: Linzer Agro Trade 2010). Ideal ist der Einsatz von Harnstoff als Stickstoffdünger unmittelbar vor Regenperioden, weil dadurch für die Umsetzung ausreichend Wasser zur Verfügung steht.

Kalkstickstoff ist ebenfalls ein Amiddünger. Er enthält 22 % pflanzenverfügbaren Stickstoff und wird von verschiedenen Herstellern als grau- schwarzes Pulver, oder Granulat angeboten. Er besitzt eine Dichte von 0,90 und 1,00 kg/dm³ und eine Korngröße zwischen 0,01- und 1,0 mm. Die Besonderheit von Kalkstickstoff liegt darin, dass er einzigartige Sonderwirkungen besitzt und neben Stickstoff zusätzlich Kalk in Form von Calcium in den Boden einbringt,

was zu einer Steigerung des PH- Wertes beiträgt. Zu den Sonderwirkungen zählt, dass Kalkstickstoff den Unkraut- und Krankheitsdruck senkt und die Bodenhygiene fördert. Vermindert werden unter anderem Halmbruch, Fusarium, Schwarzbeinigkeit und Mehltau. Außerdem wird Schneckenbrut dezimiert. Generell kann die Umsetzung von Kalkstickstoff in die Cyanamidphase und die Düngephase eingeteilt werden.

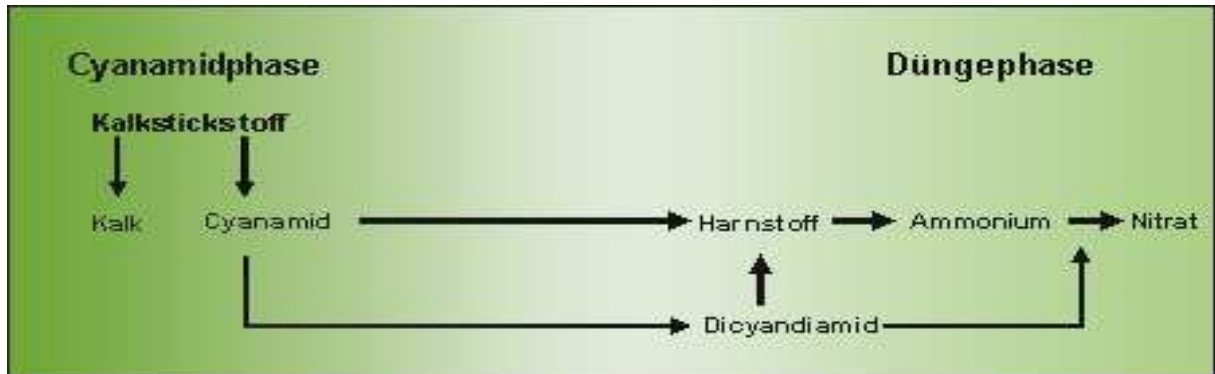


Abbildung 12

Einteilung in die Cyanamidphase und in die Düngephase (Quelle: ALZ Chem 2010)

Kalkstickstoff wird zunächst in Kalk und Cyanamid umgewandelt, welche in der wässrigen Bodenlösung verbleiben. Anschließend wird das Cyanamid über Harnstoff zu Ammonium umgebaut.

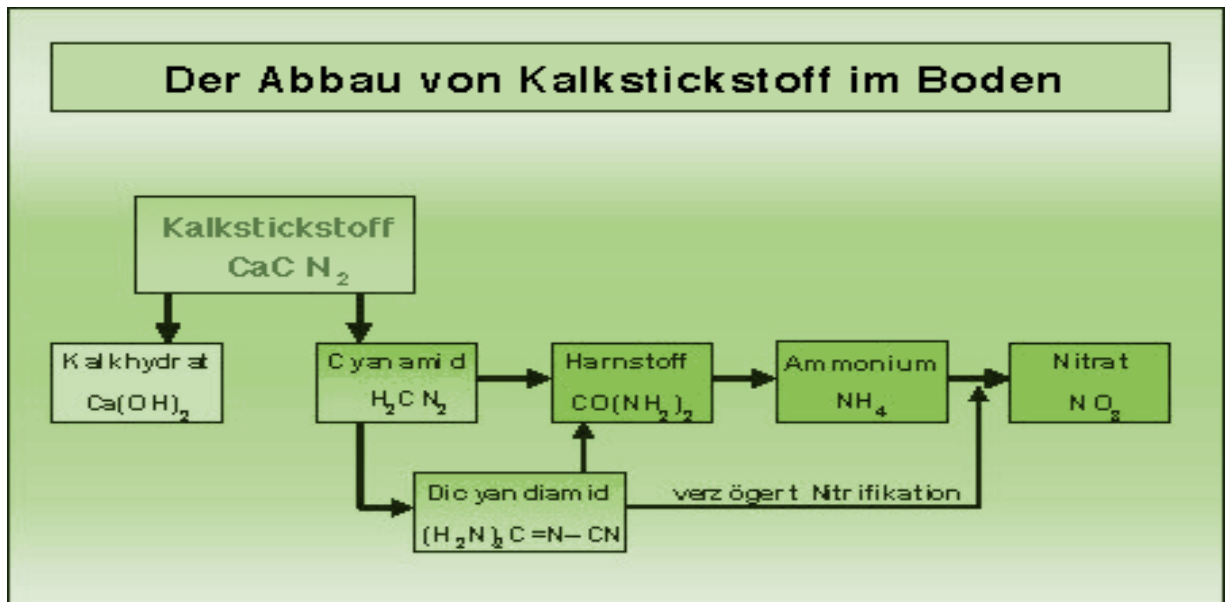


Abbildung 13

Abbau von Kalkstickstoff im Boden (Quelle: ALZ Chem 2010)

Ein Teil des Cyanamids reagiert weiter zu Dicyandiamid (DCD), welches nitrifikationshemmende Eigenschaften besitzt, in dem es die Bodenbakterien Nitrosomonas in ihrer Umsetzung behindert. Dadurch, dass ausschließlich Nitrosomonas und nicht Nitrobacter gehemmt werden, entsteht kein pflanzenschädigendes Nitrit im Boden (Quelle: ALZ Chem 2010). Dicyandiamid wird nach und nach, wie auch Cyanamid, zu Harnstoff abgebaut, so dass am Ende Stickstoff und Kalk als Nährstoffe zur Verfügung stehen. Bei der Applikation von Kalkstickstoff ist darauf zu achten, dass der Dünger, bedingt durch seine phytosanitäre Wirkung, zum richtigen Zeitpunkt ausgebracht wird. Sonst entstehen Schäden an den jungen Getreidepflanzen. Die bestmögliche Ausbringung sollte in der Zeitspanne Hauptbestockung bis Ende Bestockung erfolgen, da dadurch die fungiziden Nebenwirkungen des Kalkstickstoffs voll genutzt werden können (Quelle: ALZ Chem 2010).

3.1.5 Ammonitratamiddünger

Ammonitrat- Harnstofflösung wird auch kurz als AHL oder UAN = Urea Ammonium Nitrate bezeichnet. Es ist ein flüssiger Ammonitratamiddünger, der farblos ist, eine Dichte bei 20°C von 1,28 g/cm³ besitzt, einen PH-Wert zwischen 6- 7 aufweist und bei - 17°C zu kristallisieren beginnt. Somit können folgende Bezugsgrößen von Bedeutung sein: In 100 kg AHL sind 28 kg pflanzenverfügbarer Stickstoff enthalten, aber 100 l AHL besitzen 36 kg pflanzenverfügbaren Stickstoff. Um den Stickstoffgehalt zu kontrollieren kann 1 Liter AHL gewogen werden. Wiegt dieser bei 15°C exakt 1,28 kg, ist der Stickstoffgehalt korrekt. Die häufigste AHL- Form enthält 28 % pflanzenverfügbaren Stickstoff, der sich aus 14 % Carbamidstickstoff, 7 % Nitratstickstoff und 7% Ammoniumstickstoff zusammensetzt und im Verhältnis von Ammoniumnitrat und Harnstoff in Wasser mit 4:3:3 gelöst ist. Daneben gibt es noch andere AHL- Dünger. Diese enthalten 30 % beziehungsweise 32 % pflanzenverfügbaren Stickstoff. Ammonitrat- Harnstofflösungen sind leicht ätzende und korrosive Dünger. Sie greifen blanke Metalle an und verändern ihre Eigenschaften durch die Zugabe von Wasser. Somit können durch zu hohe Dosierungen, aber auch bei bestimmten Mischungsverhältnissen mit Wasser, Pflanzenverätzungen entstehen. Ein Vorteil von AHL ist, dass sich der Dünger häufig mit Pflanzenschutzmitteln kombinieren lässt und dadurch optimale Benetzungseigenschaften für die Pflanzen entstehen. Die Ausbringung kann mit der Feldspritze oder mit dem Cultan- Verfahren erfolgen (Quelle: Agri Serve 2010).

3.1.6 N- Depotdünger

Alzon ist ein N- Depotdünger, der flüssig oder granuliert hergestellt wird. Meistens besteht er aus Harnstoff und einem zusätzlichen Nitrifikationshemmstoff bzw. einem Ammonium-Stabilisator. Die Farbe von Alzon ist hellblau und die Schüttdichte beträgt 800 kg/m^3 bei einer Korngröße von 1,6- 5,0 mm. Chemisch betrachtet ist es ein Gemisch aus Dicyandiamid und 1H-1,2,4-Triazol. Durch den Nitrifikationshemmstoff bzw. den Ammonium- Stabilisator wird der erste Schritt der Nitrifikation, also die Umwandlung von Ammonium (NH_4^+) zu Nitrit (NO_2) verzögert, indem die Aktivität von Nitrosomonas- Bakterien gehemmt wird. Dadurch wirkt der Dünger langanhaltend und wird meist in einer Stickstoffgabe als Vorrat gedüngt, da der Stickstoff an die Pflanze nur teilweise abgegeben wird. Die Nitrobacter- Bakterien, die für den zweiten Schritt der Nitrifikation verantwortlich sind und das Nitrit (NO_2^-) zu Nitrat (NO_3^-) oxidieren lassen, werden nicht beeinflusst. Wichtig ist, dass bei der Umwandlung ausreichend Wasser in Abhängigkeit von der Bodentemperatur vorhanden ist (Quelle: Raiffeisen Waren- Zentrale Rhein- Main e.G. 2010). Je nach Hersteller werden unterschiedliche Alzon-Formen angeboten. Daher zeigt die folgende Abbildung einen Überblick der Inhaltsstoffe.

Tabelle 6

Alzon Produktübersicht (Quelle: Raiffeisen Waren- Zentrale Rhein- Main e.G. 2010)

ALZON-Produktübersicht													
	N	P	K	Mg	Na	S	Bor	Zink	Anwendung in				
									Getreide	Raps	Kartoffeln	Grünland	Mais
	in %												
ALZON 46	46								x		x	x	x
RWZ-PowerALZON 37+8	37					8			x	x	x	x	
RWZ-PowerALZON 20+8+12(+4+4)	28	8	12	4		4			x	x		x	
RWZ-PowerALZON 40+6	40					6			x	x	x	x	x

Entec ist ein stickstoffhaltiger Mineraldünger. Er wird in granulierter Form angeboten, haben einen Korndurchmesser zwischen 2,0 und 5,0 mm, eine Dichte von 950 kg/m³ und eine grüne Farbe. Außerdem ist im Entec 3,4- Dimethylpyrazolphosphat (DMPP) als Ammoniumstabilisator enthalten. Ähnlich wie beim Alzon hemmt dieser Stabilisator die Nitrifikation, also die Umwandlung von Ammonium (NH₄⁺) zu Nitrat (NO₃⁻) in Abhängigkeit von der Bodentemperatur und der Bodenfeuchtigkeit. Es werden, wie schon beim Alzon beschrieben, die Nitrosomonasbakterien in der ersten Phase der Nitrifikation gehemmt (siehe. Abb.14).

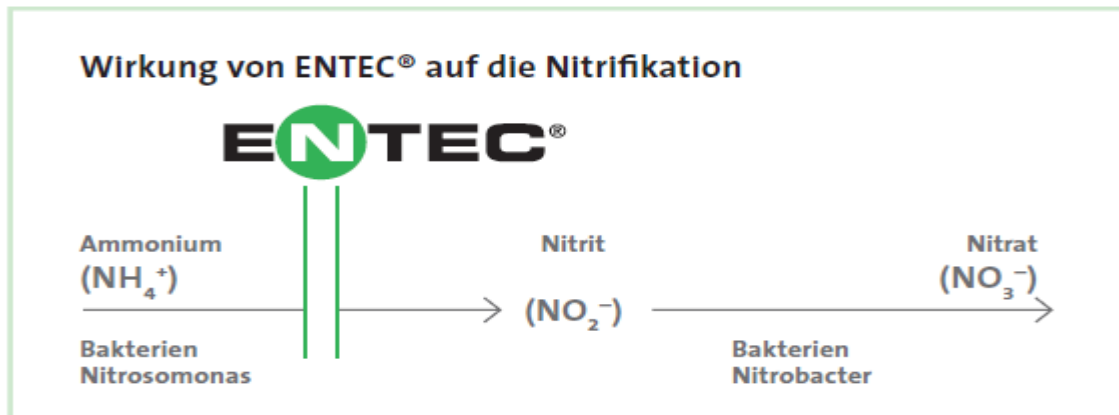


Abbildung 14

Wirkung von Entec auf die Nitrifikation (Quelle: kali+ salz 2010)

Der Dünger wird wieder nur langsam pflanzenverfügbar und hat dadurch eine langanhaltende Wirkung. Entec kann über einen Zeitraum von vier bis zehn Wochen wirken. Der Gesamtstickstoff im Entecdünger setzt sich aus 30- 50 % Nitratstickstoff und 50- 70 % als stabilisierender Ammoniumstickstoff zusammen. Die Ammoniumform sorgt dafür, dass der Dünger nur langsam wirkt. Die Nitratform ist dafür verantwortlich, dass die Pflanze sofort Stickstoff erhält, so dass keine Mangelercheinungen auftreten können. Entecdünger werden in vielen verschiedenen Variationen angeboten. Häufig gibt es ihn in Form von Stickstoff-Schwefeldüngern, aber auch als Mehrnährstoffdünger auf der Basis von Nitrophos/Nitrophoska (siehe Tab. 7.).

Tabelle 7

Entec Düngervariationen (Quelle: kali+ salz 2010)

Produkte	Stickstoff (N)	Phosphat (P ₂ O ₅)	Kaliumoxid (K ₂ O)	Magnesiumoxid (MgO)	Schwefel (S)	Bor (B)	Zink (Zn)
ENTEC® special 12+12+17S(+2+8)	12%	12%	17%	2%	8%	0,02%	0,01%
ENTEC® perfect 14+7+17S(+2+9)	14%	7%	17%	2%	9%	0,02%	0,01%
ENTEC® 24+8+7(+0+2)	24%	8%	7%	–	2%	–	–
ENTEC® 25+15	25%	15%	–	–	–	–	–
ENTEC® 26	26%	–	–	–	13%	–	–

3.1.7 Mineralische Mehrstoffdünger

Bezogen auf die optimale Stickstoffdüngung gibt es neben den oben aufgeführten Düngerguppen außerdem noch die mineralischen Mehrstoffdünger. Dies sind alle Dünger, die aus einem Gemisch von Nährstoffen bestehen und in denen Stickstoff zwar vorhanden ist, jedoch keine große Rolle mehr als Hauptnährstoff spielt. Einige Düngemittel aus den erwähnten Düngerguppen können auch als mineralische Mehrstoffdünger bezeichnet werden. Sie beinhalten zusätzlich neben Stickstoff, welcher im Überfluss vorhanden ist, auch noch andere Nährstoffe, z.B. Phosphor, Kali und Magnesium. Die folgende Tabelle schafft daher einen Überblick von langsam wirkenden Mehrstoffdüngern.

Tabelle 8

Langsam wirkende Mineralische Mehrstoffdünger (Quelle: Enzkreis 2010)

Düngertyp	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	MgO %	Nitrat-N %	wasserlös. P ₂ O ₅ %	Sonstige Nährstoffe, Handelsnamen
NPK	12	8	17	2	2,3	6	Nitrophoska stabil mit 1,1 % Dicyandiamid-N u. 7 % S
	5	10	16	-	-	5,5	AmSupKA + 12 % S
NP	18	46	-	-	-	43	Diammonphosphat (Kemira + Importe)
	11	52	-	-	-	49	Monoammonphosphat
	12	54	-	-	-	52	Kemira - MAP
	10	34	-	-	-	34	Praysol (flüssig), über Kemira

Die folgende Abbildung dient als optische Unterstützung zur Unterscheidung einiger Düngemittel.



11.3.1: Kalkammonsalpeter (KAS)



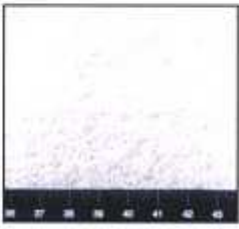
11.3.2: Ammonsulfatsalpeter (ASS)



11.3.3: Ammonsulfatsalpeter (ASS), mit DMPP (Entec)



11.3.4: Harnstoff, granuliert



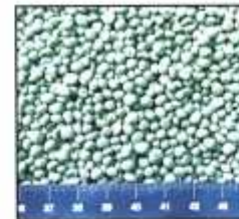
11.3.5: Harnstoff, geprillt



11.3.6: Kalkstickstoff



11.3.13: NPK 15+15+15 (Landwirtschaft)



11.3.14: NPK 12+12+17(+2+7), (Spezialkulturen)



11.3.22: AHL mit DCD, hellblau, (Alzon flüssig)



11.3.21: AHL, farblos



11.3.24: AHL mit S und DCD, gelbgrün, (Alzon flüssig-S)

Abbildung 15

Warenkunde: Verschiedene Düngemittel (Quelle: Harry Knittel/ Erhard Albert: Praxishandbuch Dünger und Düngung 2003)

3.2 Organische Düngung

In der heutigen modernen Landwirtschaft kommt der organischen Düngung eine besondere Bedeutung zu. Sie ist dafür verantwortlich, dass den Böden wieder organische Masse (in Form von Kohlenstoff) verabreicht wird. Mikroorganismen und Bodenlebewesen steht somit zusätzliche Nahrung zur Verfügung, was sich wiederum positiv auf die weitere Bewirtschaftung der Felder auswirkt. Landwirte verwenden hierbei überwiegend Fest- und Flüssigmist. Generell ist aber auch gegen den Einsatz von Klärschlamm, Grüngut, Gärresten, Kompost und Asche nichts einzuwenden. Die Umwandlung von organischer Masse in Humus geschieht durch zahlreiche im Boden lebende Kleinstlebewesen. Bei diesem Vorgang entsteht eine besonders hohe biologische Aktivität. Humushaltige Äcker sind besser in der Lage, durch Klima oder Witterung entstandene Veränderungen im Boden aufzufangen und zu regulieren. Er erhöht sich z.B. die Nährstoffspeicherfähigkeit und der Lufthaushalt im Boden wird ausgeglichen. Leichtere Böden können so Wasser länger speichern und sind weniger erosionsanfällig. Schwerere Böden sind dadurch vor Staunässe geschützt, da sie durch einen größeren Humusanteil besser entwässert werden können. Für die Entwicklung und das Wachstum von Pflanzen sind zahlreiche Nährstoffe (Haupt- und Spurennährstoffe) nötig, die in organischen Düngern enthalten sind. Dieselben sind also auch wertvolle Mehrstoffdünger, die durch ihre langkettigen Kohlenstoffverbindungen nachhaltiger wirken können als mineralische Dünger (Quelle: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft 2010). Es muss jedoch angemerkt werden, dass organische Dünger häufig auch unerwünschte Inhaltsstoffe, wie z.B. Schwermetalle, enthalten können. Treten diese in bestimmten Konzentrationen auf und gelangen bei der Nahrungsaufnahme in den menschlichen Organismus, kann es zu ernsthaften gesundheitlichen Problemen kommen. Aus diesem Grunde ist eine gründliche Untersuchung auf Schadstoffe, vor allen Dingen auch bei nicht betriebseigenen Düngemitteln, notwendig. Besonders unter dem Gesichtspunkt, dass die Rückübertragung von organischen Substanzen auf die Böden das Schließen von Stoffkreisläufen- wie in Punkt drei beschrieben- bewirken können.

3.2.1 Wirkung von Stickstoff in organischen Düngern

In organischen Düngemitteln kommt Stickstoff im wesentlichen in zwei Gruppen vor. Eine Form ist in der organischen Substanz gebunden und die andere liegt als leicht verfügbares Ammonium (NH_4^+) vor. Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen dem C: N- Verhältnis

(Anteil von bioverfügbaren Kohlenstoff (C) zum Stickstoff (N) in Pflanzen sowie im Boden) und der N-Verfügbarkeit. Ein kleiner Teil des in der organischen Substanz gebundenen Stickstoffs wird relativ schnell mineralisiert. Er steht den Pflanzen noch im Jahr der Düngung zur Verfügung. Gemeinsam mit dem oben erwähnten Ammoniumanteil wird diese Stickstoffmenge N-schnell genannt. Die Pflanzen können ihn in organischen Düngern jedoch nicht zu 100 % ausnutzen, denn es muss mit Ausbringungsverlusten gerechnet werden. Im Frühjahr kann daher aufgrund der unterschiedlichen Bedingungen und Applikationszeiten bei der Düngebedarfsermittlung nur ca. 60- 75 % des verfügbaren Stickstoffs angerechnet werden. N-schnell ist in den verschiedenen Wirtschaftsdüngern in unterschiedlichen Konzentrationen vorhanden. So enthält Jauche ca. 95 %- und Stallmist nur etwa 15- 25 % . Der stärker in der organischen Substanz gebundene Stickstoff wird nur langsam mineralisiert. Es kann aber durchaus mit Freisetzungsraten von 1- 3 % des Gesamtstickstoffs pro Jahr gerechnet werden, in Abhängigkeit von Witterung und Bodenbearbeitungsintensität. Optimal wäre ein C: N-Verhältnis von 10: 1 im Boden. Das bedeutet: zehn Teile Kohlenstoff zu einem Teil Stickstoff. Jauche, Biogasgärreste und Gülle besitzen ein enges C: N- Verhältnis, das zu einer bedeutend schnelleren Stickstoffverfügbarkeit beiträgt. Dem gegenüber stehen Stallmist und Kompost. Sie weisen ein weites C: N- Verhältnis auf, was zu einer wesentlich langsameren Stickstoffverfügbarkeit führt. Bei langfristiger regelmäßiger Anwendung von organischen Düngern erfolgt eine Humusanreicherung im Boden und somit eine langsam ansteigende N-Freisetzung. Es kann von einer Verwertbarkeit von 50 bis 80 % der ausgebrachten Stickstoffmenge ausgegangen werden, was zu einer Steigerung der Ertragsfähigkeit des jeweiligen Schlages führt (Quelle: Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft 2010).

4. Stickstoff in der Praxis

4.1 Empfehlungen

Es gibt viele unterschiedliche Meinungen über die Stickstoffdüngung zu Winterweizen und demzufolge auch eine große Anzahl von Empfehlungen. So stellt die Ermittlung der optimalen Düngermenge ein großes Problem dar. Einerseits sollen optimale Voraussetzungen für das Wachstum der Pflanzen geschaffen werden, aber andererseits müssen auch die ökonomischen Faktoren, sowie die negativen Auswirkungen auf die Pflanzen und die Umwelt betrachtet werden, die durch Stickstoffüberschüsse entstehen können. Die optimale Höhe für

die N- Düngung zu Winterweizen in Mecklenburg- Vorpommern ist abhängig von der Ertragsfähigkeit eines Standortes. Ebenso von der angestrebten Ertragshöhe, den aktuellen Preisen für Dünger und Weizen und der Art von Winterweizen, die angebaut werden soll. Im Jahr 1970 wurde die optimale Stickstoffdüngung zu Winterweizen in Ostdeutschland noch mit 140 kg N/ha bei einem Ertrag von 50 dt Weizen/ha angegeben (Quelle: Dr. Werner Schönherr, Mineraldüngung 1970). Heute hingegen liegt sie zwischen 190 kg N/ha und 240 kg N/ha bei einem Ertrag zwischen 90- und 100 dt Weizen/ha (Quelle: Harry Knittel/Erhard Albert, Praxishandbuch Dünger und Düngung 2003). Von diesen 190- 240 kg N/ha benötigt die Pflanze ca. 60- 80 kg N/ha für das Grundwachstum. Der Rest des Stickstoffes wird für die Bildung von Ertrag und Qualität benötigt. Somit können allgemeine Düngeempfehlungen für Winterweizen und spezielle Düngeempfehlungen für E, A, B und C- Weizen gegeben werden. Die speziellen Empfehlungen werden in der Fachliteratur häufig als Qualitätsgaben bezeichnet. Sie sagen aus, wie viel Stickstoff man aufwenden muss, damit die jeweiligen Qualitätsparameter für die einzelne Weizenart erzielt werden kann. Die Landesforschungsanstalt für MV in Güstrow- Gülzow gibt als allgemeine Düngeempfehlung für Winterweizen folgende Tabelle an.

Tabelle 9

Stickstoffbedarf von Wintergetreide nach der Ertragserswartung (geteilte Festdüngergaben) (Quelle: Landesforschungsanstalt 2010)

Getreideart	Gesamtbedarf			Startgabe			Schossergabe			Spätgabe		
	Ertragserswartung in dt/ha											
	50	70	90	50	70	90	50	70	90	50	70	90
Winterweizen	140	190	250	70	80	90	30	50	70	40	60	90

Eine andere allgemeine Düngeempfehlung zu Winterweizen wird von der Raiffeisen Waren-Zentrale Rhein- Main e.G. 2010 (RWZ) angegeben. Sie zeigt in vier verschiedenen Abbildungen, wie der Einsatz der unterschiedlichen Stickstoffdünger aussehen kann. Angestrebt wird hierbei ein Ertragsziel zwischen 80- und 100 dt/ha.

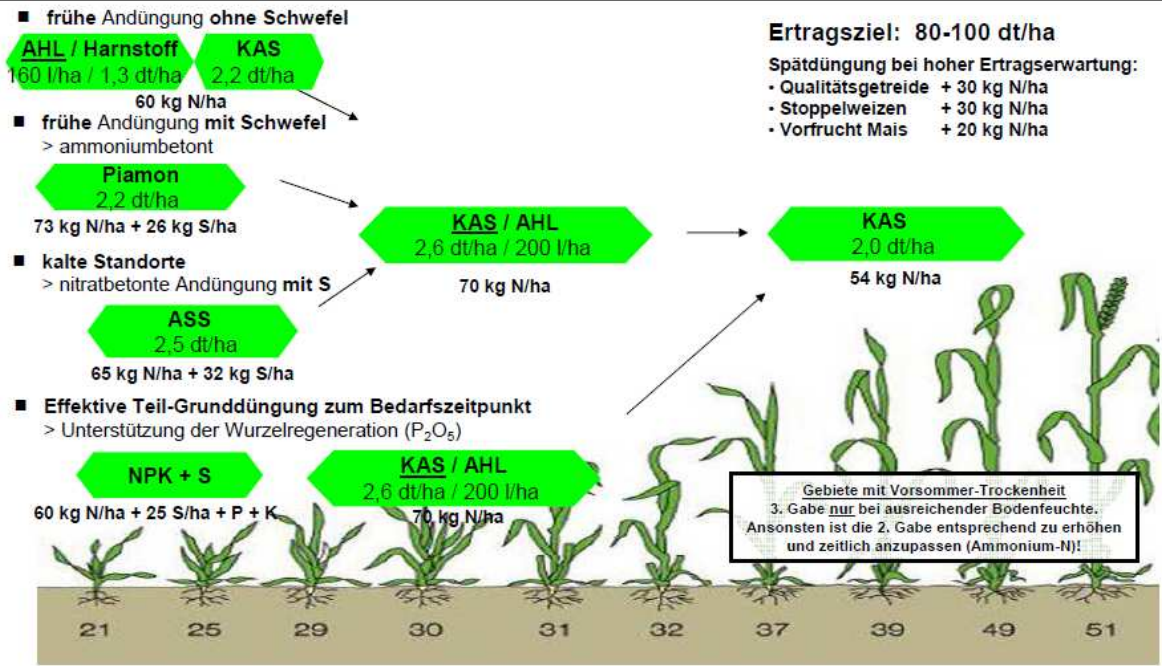


Abbildung 16

N- Düngung zu Winterweizen (Quelle: RWZ 2010)

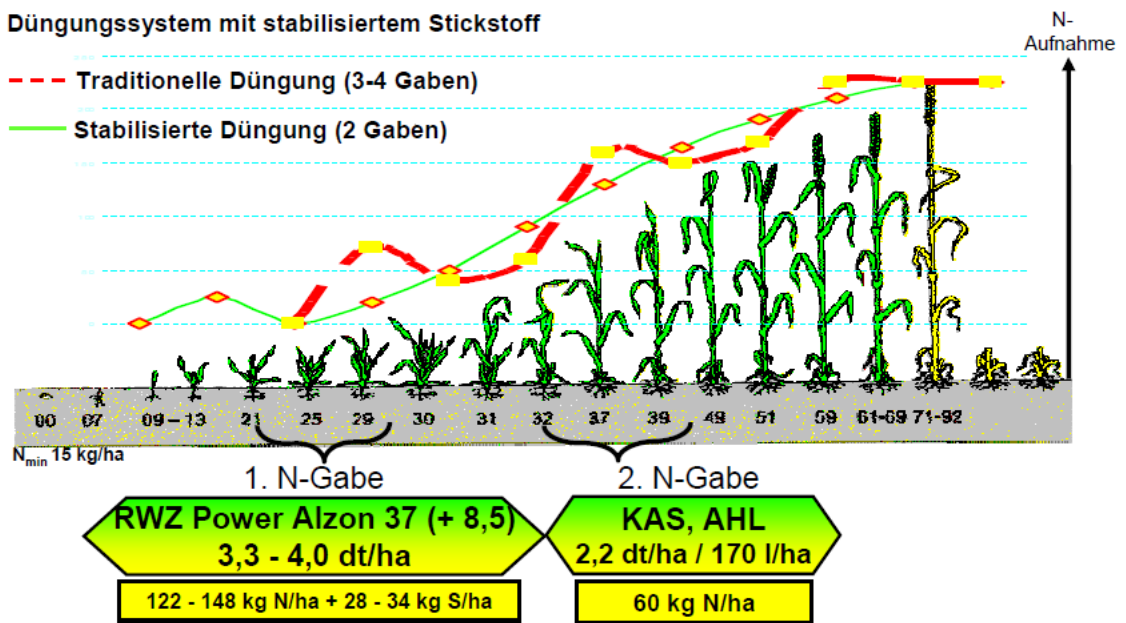


Abbildung 17

Stabilisierte N- Düngung zu Winterweizen (Quelle: RWZ 2010)

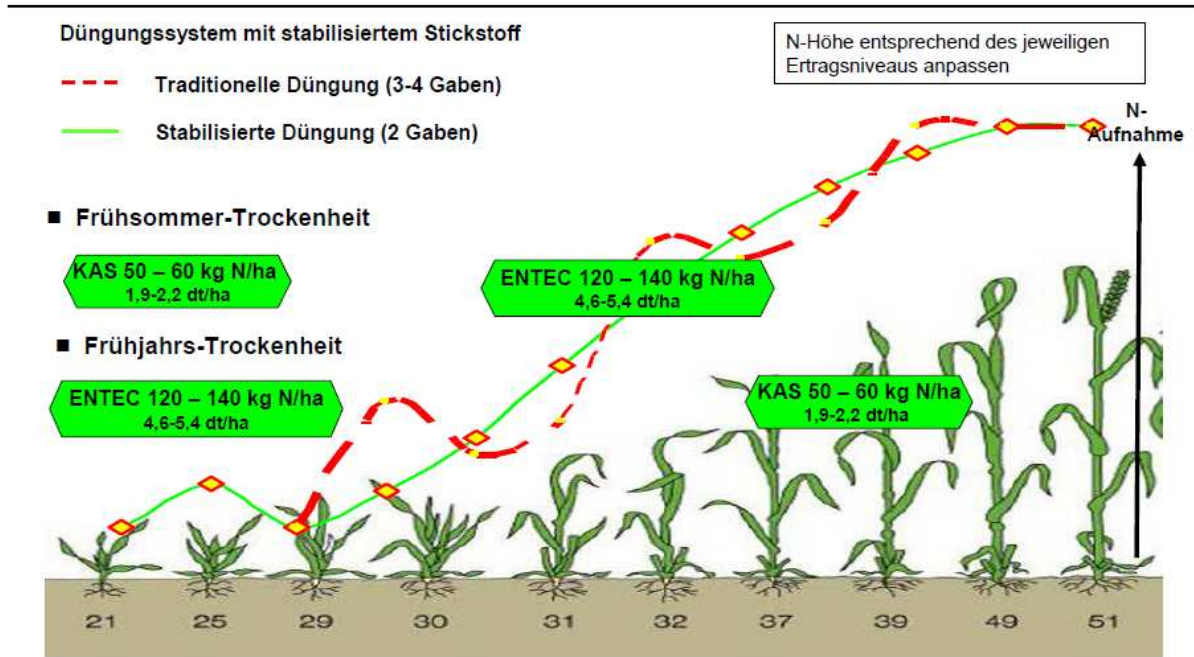


Abbildung 18

Stabilisierte N- Düngung zu Winterweizen (Quelle: RWZ 2010)

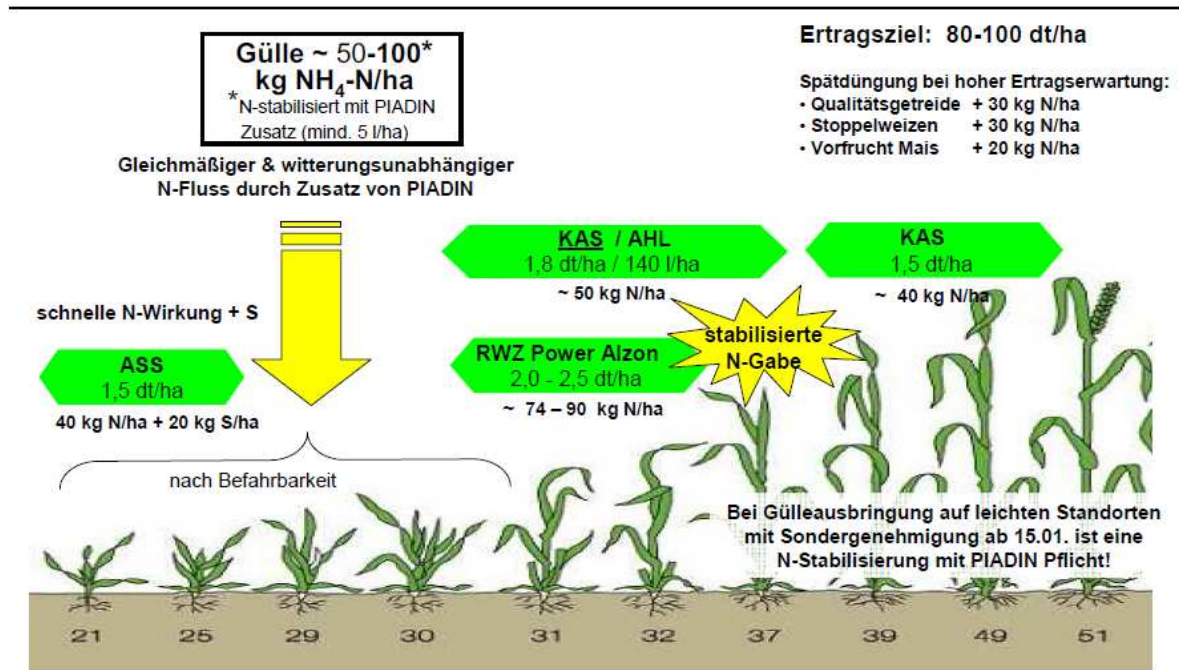


Abbildung 19

N- Düngung zu Winterweizen mit Gülle/ Gärssubstrat (Quelle: RWZ 2010)

Als Empfehlung für den Anbau von E, A, B und C- Weizen wurde in mehrjährigen Versuchen vom Amt für Landwirtschaft und Forsten in Deggendorf ermittelt, dass Winterweizen für das Erreichen seiner jeweiligen Qualität zunächst, wie in der allgemeinen Empfehlung be-

geschrieben, angedüngt wird. Die Qualitätsgabe ist jedoch nach folgenden Parametern durchzuführen. Die Höhe der N- Spätdüngung sollte für Futter- und Backweizen (C- und B- Weizen) ca. bei 0,6- 0,7 kg N/dt Ertragswert liegen. Bei Qualitäts- und Eliteweizen (A- und E- Weizen) sollte ein Wert von ca. 1 kg N/dt Ertragswert angestrebt werden (Quelle: Amt für Landwirtschaft und Forsten in Deggendorf 2007). Zu beachten ist außerdem, dass die Düngeempfehlung sich nach dem Entwicklungsstand der Pflanzen, der schon verabreichten Menge an N- Dünger, der Witterung und der N- Nachlieferung aus dem Boden richtet.

4.2 Düngestrategien

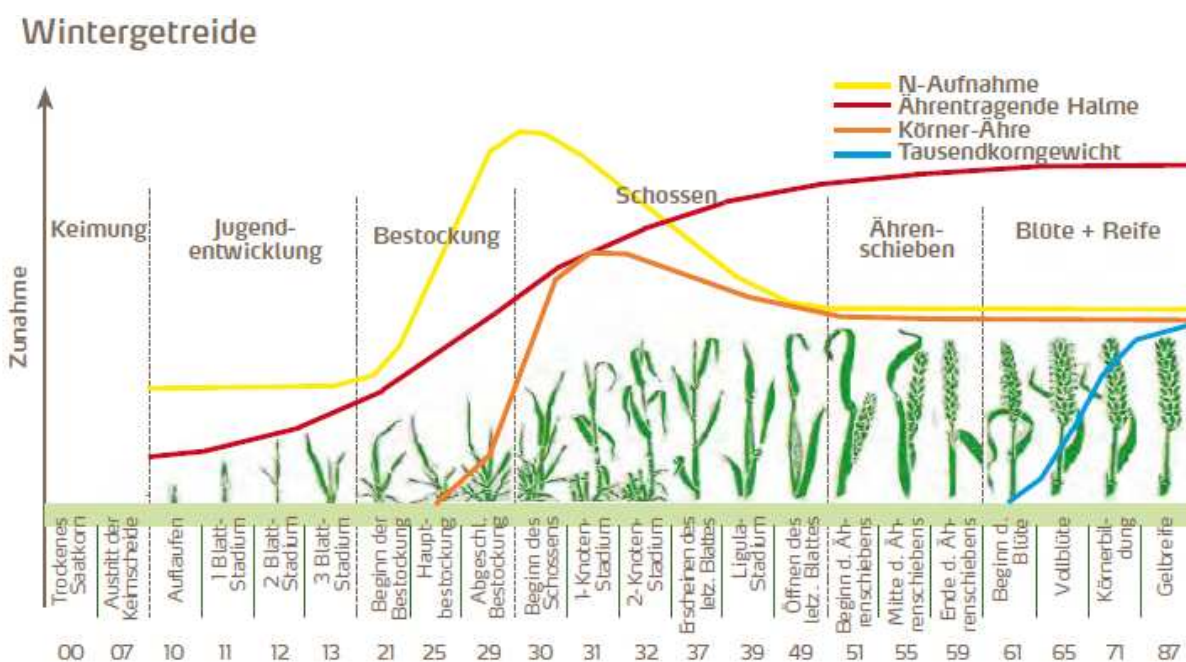
Düngestrategien sind Methoden, um bereits bestehende Verfahrensweisen bezüglich der Stickstoffdüngung zu optimieren und somit eine höhere Effizienz in Bezug auf Ertrag und Gesundheit der Pflanzen zu erlangen. Es gibt zahlreiche unterschiedliche Möglichkeiten von Düngestrategien. Einige basieren auf Simulationsmodelle, andere basieren auf Pflanzenbeobachtungen oder Düngeberatungssystemen. Viele Düngemittelhersteller, aber auch private Beratungsfirmen, bieten heute einen Service zur Düngestrategie an. Nicht zu vergessen ist die fachliche Praxis, die anhand von Erfahrungswerten angewendet werden kann. Zu beachten ist, dass zu Winterweizen in der Regel drei bis vier Stickstoffgaben im Frühjahr erfolgen. Eine Stickstoffgabe im Herbst ist meist nicht erforderlich, da unter normalen Witterungs- und Auf- laufbedingungen ausreichend Stickstoff für die Vorwinterentwicklung im Boden vorhanden ist. Zu viel Stickstoff im Herbst kann zu einem übermäßigen Größenwachstum der Weizenbestände führen, wodurch Frost- und Fäulnisschäden entstehen können, die im Frühjahr nur schwer oder gar nicht zu beheben sind. Trotzdem sollte der Entwicklungsstand der Pflanzen im Herbst überprüft werden um notfalls mit einer Herbstdüngung von 20- 30 kg N/ha eingreifen zu können. Als Dünger sollte ein ammoniumnitrathaltiger Dünger gewählt werden, da dieser schnell verfügbar ist. Häufige Gründe für schlechtes Wachstum im Herbst sind:

- schlechte N- Verfügbarkeit in tonigen kalten Böden (häufig nach Stroheinarbeitung)
- früher Schädlingsbefall, z.B. durch Vögel, Schnecken, Fritfliege
- schlechte Witterung
- zu späte Aussaat (nach dem 25. Oktober)

Im Frühjahr hat die Düngung so schnell wie möglich zu erfolgen, um dem geschwächten Winterweizen optimale Startbedingungen zu geben. Häufig werden Düngergaben in der Praxis gesplittet. Dies bedeutet, dass der jeweilige Dünger zu verschiedenen Zeitpunkten und

unterschiedlichen Entwicklungsstadien der Pflanze zum Einsatz kommt. Die Menge des Düngers richtet sich dabei nach dem angestrebten Ertrag, der Düngerart, der Weizenart und dem Preis für Düngemittel. Bei einer von vielen Möglichkeiten wird der Stickstoff zu Winterweizen häufig in granulierter Form in drei bis vier Gaben appliziert. Die erste Gabe ist dabei die so genannte Bestockungsgabe, die nach dem BBCH- Code im EC- Stadium 21- 25 erfolgt und ca. 80- 120 kg N/ha inklusive N- min Gehalt betragen sollte. Sie kann gedüngt werden, so bald der Acker befahrbar ist (Anfang März). Die Bestockungsgabe ist notwendig für eine gute Entwicklung der Bestandsdichte, für die Ährenanlage und für optimales Wachstum im Frühling. Die zweite N- Gabe ist die so genannte Schossergabe. Sie sorgt für bestmöglichen Wuchs, da sie die Bestandsdichte aufrecht erhält. Außerdem sorgt sie für die Ährenfüllung, für eine gute Ausprägung der Kornanlagen und so für die spätere Ertragshöhe. Sie findet im EC- Stadium 30- 31 statt und sollte in einer Menge von etwa 50- 60 kg N/ha liegen. Die dritte N- Gabe ist die Spätdüngung oder auch Qualitätsgabe. Sie sorgt dafür, dass der Winterweizen seine jeweilig angestrebte Qualität erhält (Proteingehalt der Körner). Zusätzlich ist sie auch verantwortlich für die Kornausbildung (Quelle: Landwirtschaftliche Beratung 2002). Darum sollte unter Berücksichtigung von häufig auftretender Sommer-trockenheit in einer Gabe zu EC 39 in einer Höhe von 50- 60 kg N/ha appliziert werden. Bei nicht auftretender Sommertrockenheit wird diese dritte Gabe oftmals noch einmal in zwei Gaben gesplittet (Quelle: Ig- Pflanzenzucht 2010).

Eine gute Übersicht bietet dazu die Darstellung über die Entwicklung der N- und S- Aufnahme im Getreide sowie die Tabelle über Entwicklungsstadien der Wintergetreide mit den durch die Düngung beeinflussten Pflanzenorganen aus der Düngefibel von effizient düngen.

**Abbildung 20**

Entwicklung, N- und S- Aufnahme im Getreide (Quelle: Düngefibel effizient düngen 2010)

Tabelle 10

Entwicklungsstadien der Wintergetreide mit den durch die Düngung beeinflussten Pflanzenorganen (Quelle: Düngefibel, effizient düngen 2010)

BBCH-Stadium	Beschreibung	Evtl. Düngerelevanz
00-09	Keimung	
10	Auflaufen (Keimblattstadium)	
11-13	1-3-Blattstadium	
21-25	Beginn der Bestockung-Hauptbestockung	Frühe 1. N-Gabe (1a) zur Bestockungsförderung
29	Ende der Bestockung	Späte 1. N-Gabe (1b) zur Triebstärkung
30	Schossbeginn	Frühe 2. N-Gabe zur Triebstärkung
31-32	1-Knoten/2-Knoten-Stadium	2. N-Gabe zur Trieberhaltung
37	Fahnenblattspitzen	Frühe 3. Gabe zur TKG-Bildung
39	Fahnenblatt voll entwickelt	3. Gabe zur TKG-Bildung und Proteinbildung
49-59/61	Öffnung Blattscheide- Ende Ährenschiebung/Blühbeginn	Qualitätsgabe (4. Gabe) zur Proteinbildung

Eine andere Methode ist, die Düngung der ersten Gabe mit einem festen Dünger durchzuführen und weitere N- Gaben mit Hilfe von einem Flüssigdünger zu vervollständigen.

Eine zusätzliche Variante ist, die organischen Düngemittel, wie Gülle, Jauche oder auch Festmist, mit in die Düngung zu integrieren. Bei dieser Strategie kann z.B. die erste Gabe mit

10- 20 m³ Gülle erfolgen und die weiteren N- Gaben können mit festen oder flüssigen Düngern durchgeführt werden. Die letzte hier aufgeführte Methode ist das Cultan- Verfahren. Hierbei wird stabilisierter Stickstoff in ein bis zwei Gaben flüssig mit Hilfe von einer Stachelwalze in den Boden injiziert, wo er seine Wirkung nur langsam entfaltet. Dieses Verfahren kommt allerdings in unseren Breitengraden, also auch in Mecklenburg- Vorpommern, noch wenig zum Einsatz. Damit man die optimale Düngestrategie für den jeweiligen Betrieb finden kann, sind allgemeine Punkte genauer zu betrachten:

- praxisorientiert nach der Düngeverordnung mit ihren Unterpunkten, die am 13. Januar 2006 im Bundesgesetzblatt bekannt gegeben wurden, handeln
- Standort- und Klimaverhältnisse des jeweiligen Betriebes berücksichtigen
- N- Angebot, das noch im Boden enthalten ist, über Bodenproben analysieren lassen und danach die Aufwandmenge bestimmen
- Exaktversuche, die von Forschungsanstalten und Versuchsbetrieben veröffentlicht werden, genau betrachten
- Ertragserwartung festlegen
- die fortschreitende Pflanzenentwicklung beobachten
- die Technologie, mit der die Strategie in die Praxis umgesetzt werden kann, berücksichtigen
- den Kosten- Nutzaufwand, bzw. das Gesetz vom abnehmenden Ertragszuwachs beachten
- eventuell eine zweite Meinung bei einem Berater einholen

4.3 Versuchsergebnisse

In den letzten Jahren unterlagen die Preise für Stickstoff und Weizen starken Schwankungen. Darum ist es wichtig, den Stickstoff in einer Aufwandmenge zu düngen, die dem jeweiligen Weizenpreis angepasst ist, um profitabel zu wirtschaften. Oftmals stehen aber die Preise für Weizen zum Zeitpunkt der Ernte noch nicht fest. Es sei denn, es wurden Kontrakte abgeschlossen. Aus diesem Grund sollte man wissen, welche Aufwandmengen an Stickstoff für den effektiven Anbau von Winterweizen ausreichen. Zunächst wird Bezug genommen auf Düngeversuchsergebnisse der Bundesländer Niedersachsen, Sachsen- Anhalt und Thüringen. Es zeigte sich in langjährigen Erprobungen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen, dass Harnstoff und Kalkammonsalpeter die gleiche Wirkung erzielten wie stabilisierte N- Dünger,

die in ihrem Anschaffungspreis deutlich höher liegen, aber keine bessere N- Ausnutzung gegenüber den klassischen N- Formen aufweisen. Mit Ammonnitrat- Harnstofflösung konnten ähnlich hohe Erträge, jedoch mit schwächerer Qualität im Bezug auf den Proteingehalt erzielt werden. Die N- Effizienz ist somit geringer gegenüber Harnstoff und Kalkammonsalpeter (Quelle: Dr. Karsten Möller, Bezirksstelle Northeim der Landwirtschaftskammer Niedersachsen 2010). Der folgende N- Formversuch im Winterweizen auf drei Lehmstandorten in Südhannover soll die Düngeraufwandmenge im Bezug auf den relativen Ertrag und den Proteingehalt, sowie die preisliche Entwicklung von dem Jahr 2005 zu 2008 für 200 kg N verdeutlichen.

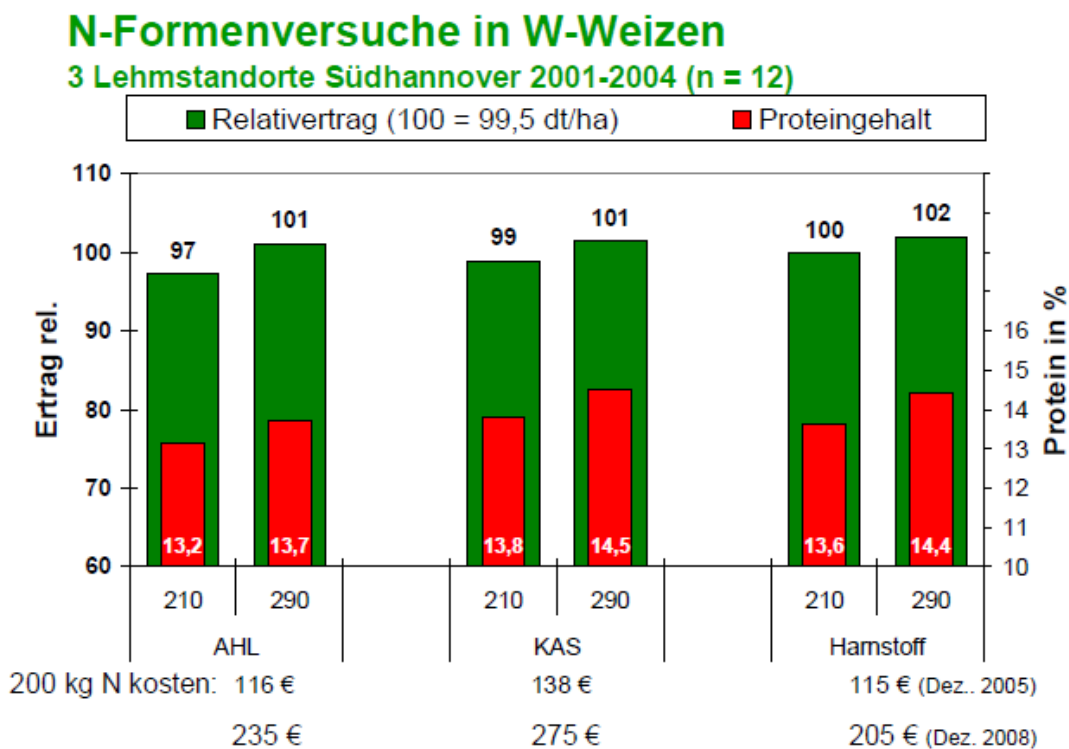


Abbildung 21

N- Formversuche in W- Weizen (Quelle: Dr. Karsten Möller, Bezirksstelle Northeim der Landwirtschaftskammer Niedersachsen 2010)

Ein anderer Düngerversuch der Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen- Anhalt (LLFG Sachsen- Anhalt) beschäftigte sich 2009 in Bernburg mit dem Einfluss verschiedener N- Düngerformen auf den Kornertrag, den Rohproteingehalt und der

Gabenteilung auf die Sorten Cubus und Akteur. Bei diesem Versuch wurden Kalkammonsalpeter (KAS), Ammonsulfatsalpeter (ASS), Harnstoff (HS) sowie Entec und Alzon als N-stabilisierende Dünger mit einander verglichen.

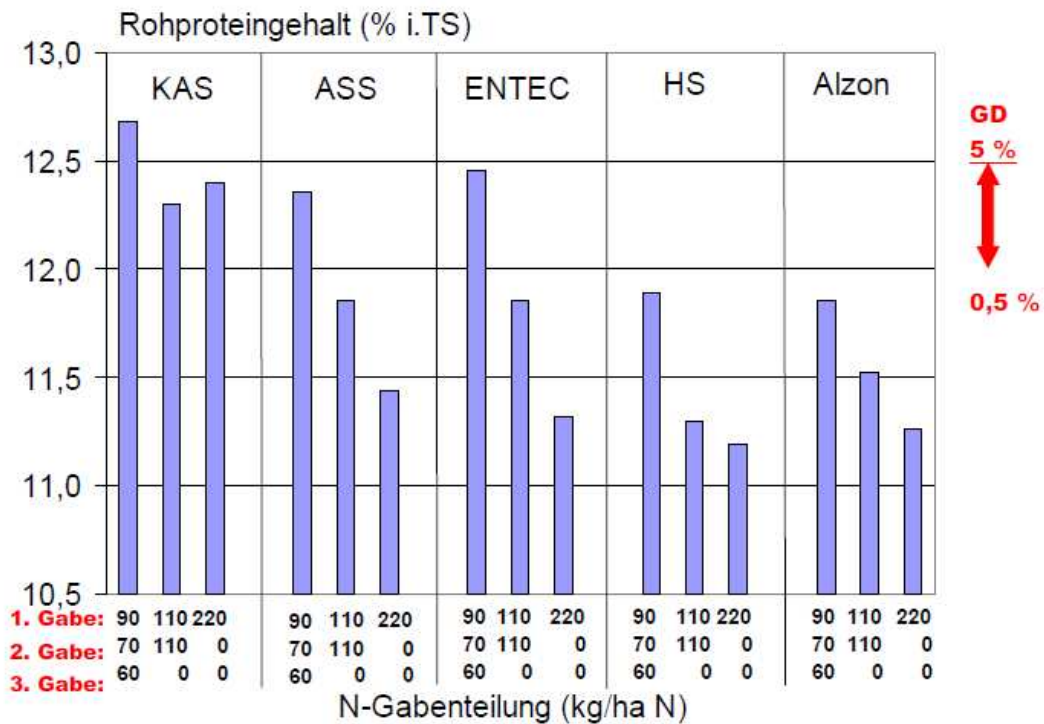


Abbildung 22

Rohproteingehalt von Winterweizen (im Mittel Cubus und Akteur) in Abhängigkeit von Düngerform und Aufteilung der N- Düngung (Quelle: Bernburg 2009)

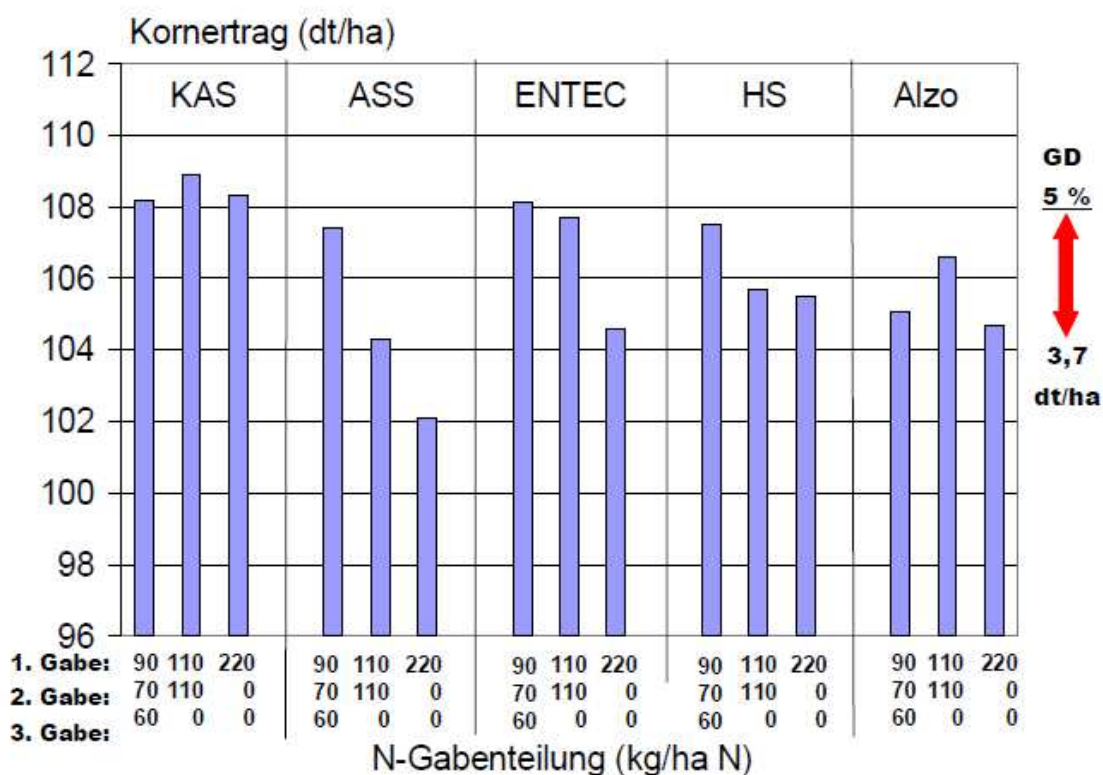


Abbildung 23

Kornertrag von Winterweizen (im Mittel Cubus und Akteur) in Abhängigkeit von Düngerform und Aufteilung der N- Düngung (Quelle: Bernburg 2009)

Zusammenfassend geht aus dem Versuchsbericht der LLFG hervor, dass die fünf festen N-Dünger in drei verschiedenen Teilungsmustern mit einer Gesamtgabe von 220 kg N/ha am Standort Bernburg (Löss- Schwarzerde) gedüngt wurden. Die Wirkung der Dünger in Bezug auf Rohproteingehalt und Kornertrag wurde anhand von den zwei Weizensorten Cubus und Akteur geprüft. So stellte man fest, dass im Versuchsjahr 2009 im Mittel mit KAS der höchste- und mit ASS der geringste Kornertrag erzielt wurde. Entec 26, Harnstoff und Alzon lagen im Mittelfeld. Die Aufteilung der Gesamt- N- Menge von 220 kg N/ha in drei Gaben führte mit seiner Ertragsdifferenz von 0,7 bzw. 2,3 dt/ha gegenüber zwei bzw. einer Gabe im Mittel zum höchsten Ertrag. Bei ASS und Entec 26 war dieser Effekt stärker- bei KAS dagegen kaum vorhanden. Auf den Rohproteingehalt wirkte die Aufteilung der N- Düngung in der Tendenz positiv, aber bei ASS und Entec 26 deutlich stärker als bei KAS. Dass N-stabilisierende Dünger für reduzierte Gabenteilung mit dem Ziel der Einsparung von Überfahrten besonders geeignet wären, kann mit den Ergebnissen von 2009 nicht belegt werden. KAS ist bei diesem Versuch dafür besser geeignet (Quelle: LLFG Sachsen- Anhalt 2009).

5. Fazit

Stickstoff ist einer der wichtigsten Hauptnährstoffe, den die Winterweizenpflanze benötigt. Er sorgt dafür, dass lebenswichtige Prozesse, die für das Wachstum einer Pflanze notwendig sind, erfolgen können. Bei einer Über- oder auch Unterversorgung mit Stickstoff kommt es in der Regel sofort zu Wachstums- und Entwicklungsstörungen, was im Extremfall zum Absterben der Pflanze führen kann. Somit ist es wichtig, dass Stickstoff in einer für die Pflanze optimalen Menge appliziert wird. Von großer Bedeutung ist dabei der Boden. In Mecklenburg- Vorpommern liegen häufig stark verschossene Böden vor. Dadurch ist jede Stickstoffdüngung eine Herausforderung für den Landwirt. Der Stickstoff wird je nach Bodenart stark- oder weniger stark ausgewaschen und steht der Pflanze in unterschiedlichen Konzentrationen zur Verfügung. Entscheidende Aspekte für die Wahl des optimalen Düngers sind die Art des Stickstoffdüngers, die Art von Winterweizen, das Klima, der Applikationszeitpunkt, die Düngestrategie, die Applikationstechnik, die Standortansprüche und die Preise für Dünger und Getreide. Unterlaufen hierbei Fehler, kommt es unverzüglich zu Einbußen bei Qualität und Ertrag des Winterweizen. Somit kann ein Dünger nur als optimal bezeichnet werden, wenn diese verschiedenen Faktoren perfekt zusammenfließen. Anhand zahlreicher Versuchsergebnissen konnte man nachweisen, dass mit ASS, KAS und Harnstoff, aber auch mit Entec und Alzon gute Ergebnisse im Bezug auf den Kornertrag und die Qualität erzielt wurden. Daher können diese fünf Stickstoffdünger als optimal für den Anbau von Winterweizen, auch in Mecklenburg- Vorpommern, angesehen werden. Mit AHL konnten ähnlich hohe Erträge erzielt werden, jedoch lagen die Proteingehalte deutlich niedriger gegenüber den anderen Düngern. Demzufolge liegt eine geringere N- Effizienz vor. Desweiteren sollte die Rolle der organischen Düngung nicht außer Acht gelassen werden. Mit Hilfe von organischen Nährstoffen, wie z.B. Klärschlamm, Hühnertrockenkot, Gülle und Kompost, sind große Einsparpotenziale zu erreichen. Insbesondere in der Kombination von organischen Nährstoffen mit Handelsnährstoffen in einer Düngestrategie.

6. Zusammenfassung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem optimalen Einsatz von Stickstoffdüngern zu Winterweizen in Mecklenburg- Vorpommern. Gegenwärtig spielen nicht nur pflanzenphysiologische Aspekte eine große Rolle bei der Düngung mit Stickstoff, sondern auch ökonomische und ökologische Faktoren, die es zu beachten gilt. Es wurde nachgewiesen, dass für eine optimale N- Düngung viele verschiedene Faktoren zusammen agieren müssen, um gute Ergebnisse in Bezug auf Kornertrag, Qualität und N- Effizienz zu erzielen. Diese Arbeit verdeutlicht unter anderem, welche Ansprüche der Winterweizen an seine Umgebung stellt. Einzelne Winterweizenarten werden vorgestellt und erfolgreich erprobte Fruchtfolgen näher erläutert. Speziell auf Stickstoff bezogen wird aufgezeigt, wie sich dieser Nährstoff auf die Pflanzenentwicklung auswirkt. Es wird beschrieben, in welcher Form er im Boden vorkommt und wie er dort umgesetzt wird. Außerdem erfolgte eine Aufstellung unterschiedlicher Sorten von handelsüblichen Stickstoffdüngern. Daran anschließende Ausführungen verdeutlichen die Reaktionen der Weizenpflanzen auf den jeweiligen Dünger. Dazu gehört auch der Einsatz von Stickstoff enthaltenden organischen Düngern, die in Zukunft immer mehr an Bedeutung gewinnen. Um das Thema zu untermauern, wurden für diese Arbeit Versuchsergebnisse, Düngestrategien und Empfehlungen von verschiedenen Forschungseinrichtungen, Düngemittelherstellern und Saatguterzeugern in Deutschland herangezogen.

6.1 Summary

The paper at hand deals with the best possible way to fertilize winter wheat with nitrogen in Mecklenburg-West Pomerania. Currently not only plant-specific characteristics play an important role when fertilizing with nitrogen – one also has to pay attention to economical and ecological aspects. It is proved that many different aspects have to interact for an optimal N-fertilization and therefore reach good results in corn yields and also to reach a certain quality and efficiency. The paper at hand also shows what winter wheat demands from it's surroundings. Some single sorts are introduced and successfully proved crop rotations are explained. The paper deals with the effects and consequences that nitrogen has on the development of plants. It contains a description of how nitrogen is settled in the soil and how it works there. Furthermore you'll find a list of different sorts of commercially available nitrogen fertilizers. The paper also provides you with information on the reaction of wheat towards the prevailing fertilizer – also the usage of organic fertilizers that contain nitrogen and it's future importance. To support the idea of the paper different test results, strategies of fertilization and recommendations of different well-known institutions, seed- and fertilizer producers have been taken into consideration.

7. Literaturverzeichnis

7.1 Bücher und Zeitschriften

Dr. Gotthard Golisch: Weizen und Wintergerste auf einen Blick 1988/89 6. Auflage

Prof. Dr. Hubert Braun: Die Stickstoffdüngung des Getreides 1980, DLG Verlags GmbH

Prof. Dr. Gustav Könnecke: Fruchtfolgen VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin 1966

Top Agrar: Getreide anbauen wie die Profis 2006, Landwirtschaftsverlag GmbH

Prof. Dr. Olaf Christen: Winterweizen, das Handbuch für Profis 2009, DLG Verlags GmbH

Werner Bergmann 1993: Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen, 3. Auflage Gustav Fischer Verlag

Arnold Finck: Dünger und Düngung, Grundlagen und Anleitung zur Düngung der Kulturpflanzen, 2.Auflage VCH Verlagsgesellschaft mbH Weinheim 1992

Dr. Werner Schönherr: Mineraldüngung, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin 1970

Harry Knittel/Erhard Albert (Hrsg): Praxishandbuch Dünger und Düngung, Agrimedia GmbH Bergen/Dumme 2003

Günther Schilling: Pflanzenernährung und Düngung, Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co. Stuttgart 2000

Anton Buchner, Hellmut Sturm: Gezielter düngen: intensiv- wirtschaftlich- umweltbezogen, 2.Auflage DLG- Verlag Frankfurt (Main) 1985

Erhard Albert, Hans- Heinrich Kowalewsky, Frank Lorenz, Ulrich Ortseifen, Lorenz von Schintling- Horny: N- Düngung effizient gestalten, 1.Auflage DLG e.V. Frankfurt am Main Stand 12/2006

7.2 Internetquellen

Trans Gen

www.transgen.de/lexikon_nutzpflanzen/4.weizen.html. 05.05.2010

Ministerium für Ländlichen Raum Ernährung und Verbraucherschutz Baden- Württemberg

<http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/menu/1041986/index.html>.
05.05.2010

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft

<http://www.tll.de/ainfo/pdf/weiz0508.pdf>. (05.05.2010)

Landesforschungsanstalt MV

http://www.agrarnetmv.de/var/plain_site/storage/original/application/a56525810b4010f0276672af5d50baa7.pdf 06.05.2010

Industrieverband Agrar

http://www.duengung.net/downloads/Stickstoff_OB.pdf (19.05.2010)

Dr. Florian Wichern

http://www.agrar.uni-kassel.de/ink/pub/Gebauer/SS08_Wichern.pdf (19.05.2010)

Universität Regensburg

http://www.chemie.uniregensburg.de/Anorganische_Chemie/Pfitzner/demo/demo_ss08/FHK_G_Duenger.pdf (05.07.2010)

Enzkreis

http://www.enzkreis.de/media/custom/179_6410_1.PDF (06.07.2010)

DSM-Agro

http://www.dsm.com/en_US/downloads/agro/Productinfo_booklet_DE.pdf (06.07.2010)

RH- Agrarhandel

<http://www.rh-agrarhandel.de/ssamo.htm> (06.07.2010)

SKW Piesteritz

http://www.google.de/#hl=de&q=amberger+u.+vilsmeier&aq=f&aqi=&aql=&oq=&gs_rfai=&fp=ab5f556738569a8c (12.07.2010)

Linzer Agro Trade

https://www.linzeragrotrade.com/LAT/_admin/dokumente/NewsPDFs/713/DE/N-Formen.pdf
(12.07.2010)

Hansa- Landhandel

http://www.hansa-landhandel.de/Anbautipps_allgemein_Kalk_u_Dungeinfos.pdf
(12.07.2010)

ALZ Chem

<http://www.kalkstickstoff.de/umsetzung.htm> (12.07.2010)

Raiffeisen Waren-Zentrale Rhein-Main e.G

http://www.rwz.de/uploads/tx_lpfachinformationen/effizienter_mit_stabilisiertem_alzoduenger.pdf (30.07.2010)

kali+salz

<http://www.ksnitrogen.com/dede/produkte/entec/?gclid=CMqi5ITtoaMCFQ4EZgod0CS36Q>
(05.08.2010)

kali+salz

http://www.ks-nitrogen.com/de/pdf/ks-nitrogen_entec-produktlinien.pdf(05.08.2010)

Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft

<http://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/organisch/13238/index.php> (20.08.2010)

IG- Pflanzenzucht

<http://www.ig-pflanzenzucht.de/content/content2.php?CatID=25&NewsID=657> (06.09.2010)

Dr. Karsten Möller, Bezirksstelle Northeim der Landwirtschaftskammer Niedersachsen
<http://www.lwk Niedersachsen.de/index.cfm/portal/pflanze/nav/322/article/11534.html>
(12.09.2010)

Bernburg 2009

http://www.sachsen-anhalt.de/LPSA/fileadmin/Elementbibliothek/Bibliothek_Politik_und_Verwaltung/Bibliothek_LLFG/dokumente/Acker_und_Pflanzenbau/Pflanzenern_und_Duengung/Duengung/N_Duengung/Boese_2009_WW_N-D%C3%BCngung.pdf (12.09.2010)

LLFG Sachsen- Anhalt

<http://www.sachsen-anhalt.de/LPSA/index.php?id=38263> (12.09.2010)

Düngefibel

http://www.effizientduengen.de/download/duengefibel_web.pdf (16.09.2010)

Landwirtschaftliche Beratung (LBL)

http://www.agrigate.ch/fileadmin/user_upload/agrigate/cocoon/transfer/pdf/pdf/agrideacontent/731.pdf (21.09.2010)

Amt für Landwirtschaft und Forsten Deggendorf

http://www.aelf-dg.bayern.de/pflanzenbau/18388/d_ungung_.pdf (26.09.2010)

Lonza

<http://www.agroline.ch/Stickstoffduenger-Ammonsalpet.25.0.html> (29.09.2010)

König- Agrar

<http://www.koenig-agrar.de/ammonsulfatsalpet-ess-stickstoffschwefelduenger-p-548.html>
(07.10.2010)

Mineralienatlas

<http://www.mineralienatlas.de/lexikon/index.php/MineralData?mineral=Natronsalpet>
(07.10.2010)

Agri Serve

<http://www.agriserve.de/Landwirtschaft-Bodenkunde.html> (07.10.2010)

Yara

<http://www.dld-delitzsch.de/dokumente/KAS%2027-4.pdf> (12.09.2010)

Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft

<http://www.smul.sachsen.de/landwirtschaft/download/Pi08CyclpHSteuerung.pdf>

8. Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit eidesstattlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Gedanken und Ausführungen aus fremden Quellen sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht weiter veröffentlicht. Ich bin damit einverstanden, dass meine Bachelorarbeit in der Hochschulbibliothek eingestellt und damit der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird.

Rehna, den 15. Oktober 2010

Michael Drews