



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften

Studienarbeit zur Erlangung des akademischen Grades

Bachelor of Science

Thema: Optimale Düngungsstrategie für Winterroggen

vorgelegt von: Stephan Renner

urn:nbn:de:gbv:519-thesis2012-0317-3

Studiengang: Agrarwirtschaft

Oktober 2012

1.Prüfer: Professor Dr. sc. agr. Bernhard Seggewiß

2. Prüfer: Dipl.-Ing. agr. Bernd Schulze

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis.....	V
1 Einleitung	1
2 Winterroggen allgemein.....	1
2.1 Standortansprüche	1
2.2 Nährstoffansprüche	4
2.3 Fruchtfolge	5
2.4 Nutzungsmöglichkeiten	6
3 Nährstoffe.....	8
3.1 Stickstoff.....	9
3.2 Stickstoffdünger und seine Eigenschaften.....	11
3.2.1 Kalkammonsalpeter.....	11
3.2.2 Ammonsulfatsalpeter.....	12
3.2.3 Alzon	12
3.2.4 Entec	13
4 Düngestrategien.....	14
4.1 Empfehlungen	14
4.2 Düngung in der Praxis	17
4.2.1 Körnernutzung	17
4.2.2 Grünschnitnutzung	20
5 Versuchsergebnisse.....	20
6 Diskussion	27
7 Zusammenfassung	28
8 Summary	29

Literaturverzeichnis	30
----------------------------	----

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Ertragsleistung von ausgewählten Getreidesorten in Abhängigkeit vom Standortpotenzial.....	2
Abbildung 2 Bewertung unterschiedlicher Fruchtartenkombination	6
Abbildung 3 Dauer der Nitrifikation von Ammonium in Abhängigkeit von der Bodentemperatur.....	10
Abbildung 4 Der Stickstoffkreislauf	11
Abbildung 5 Wirkungsweise eines Nitrifikationshemmers	13
Abbildung 6 N-Düngung im Winterroggen bei 70 – 90 dt Ertragserwartung ohne stabilisiertem Dünger	16
Abbildung 7 N-Düngung in Winterroggen bei 70 – 90 dt Ertragserwartung mit stabilisiertem Dünger	17
Abbildung 8 Kornträge dreier zu unterschiedlichen Terminen ausgesäter Winterroggenbestände (Sorte Picasso) in Abhängigkeit von der Höhe der 1. N-Gabe im Jahr 2004	22
Abbildung 9 Kornträge dreier zu unterschiedlichen Terminen ausgesäter Winterroggenbestände (Sorte Picasso) in Abhängigkeit von der Höhe der 1. N-Gabe im Jahr 2005	22
Abbildung 10 Kornträge dreier zu unterschiedlichen Terminen ausgesäter Winterroggenbestände (Sorte Picasso) in Abhängigkeit von der Höhe der 1. N-Gabe im Jahr 2006	23
Abbildung 11 Kornträge dreier zu unterschiedlichen Terminen ausgesäter Winterroggenbestände (Sorte Picasso) in Abhängigkeit von der Höhe der 1. N-Gabe im Jahr 2007	23

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Temperatur- und Wasseransprüche von Winterroggen, Winterweizen und Wintergerste im Vergleich	3
Tabelle 2 Kennziffern der Wurzelsysteme verschiedener Getreidearten kurz vor der Ernte bzw. zu den gekennzeichneten Zeitpunkten	3
Tabelle 3 Nährstoffentzug des Erntegutes (kg/dt; 86% TS)	4
Tabelle 4 Qualitätskriterien von Brotroggen	7
Tabelle 5 Qualitätsanforderungen an Getreide für die Ethanolproduktion (MBE Zörbig, NBE Schwedt und Südzucker Bioethanol GmbH Zeitz)	8
Tabelle 6 Mittlere Nährstoffaufnahme von Roggen (Korn + Stroh).....	14
Tabelle 7 N-Bedarfsrechnung zu Winterroggen	15
Tabelle 8 Berechnung der N-Startgabe	19
Tabelle 9 Orientierungswerte für Ertrag und Ertragsstruktur von Winterroggen.....	19
Tabelle 10 Kornertrag von Winterroggen in Abhängigkeit von der Höhe und Verteilung der N-Düngung.....	25
Tabelle 11 Stärkegehalt von Winterroggen in Abhängigkeit von der Höhe und Verteilung ...	25
Tabelle 12 Stärkeertrag von Winterroggen in Abhängigkeit von der Höhe und der Verteilung der N-Düngung.....	26

Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
ASS	Ammonsulfatsalpeter
B	Bor
BBCH	biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt, chemische Industrie
BP	Bodenpunkte
CaO	Calciumoxid
cm ³	Kubikzentimeter
Cu	Kupfer
dt	Dezitonne
FM	Frischmasse
GPS	Ganzpflanzensilage
ha	Hektar
kg/hl	Hektolitergewicht
K	Kalium
KAS	Kalkammonsalpeter
lat.	lateinisch
LELF	Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung
LLFG	Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Garten
LLH	Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen
LWK	Landwirtschaftskammer
Mg	Magnesium

Mn	Mangan
Mo	Molybdän
N _{min}	mineralisierter Stickstoff im Boden
P	Phosphor
PG	Prüfglied
S _{min}	mineralisierter Schwefel im Boden
TKG	Tausendkornmasse
TS	Trockensubstanz
Zn	Zink

1 Einleitung

Roggen, lat. secale cereale, gehört zu Familie der Süßgräser. Er stammt aus Vorderasien und hat sich dort unerwünscht in Weizen und Gerste als Unkraut verbreitet. So manche Eigenschaft des Unkrautes weist der Roggen heute noch auf, denn er ist viel unempfindlicher gegen Winterfröste, Krankheiten, Trockenheit und Nährstoffmangel als Weizen und Gerste. Diese Vorteile verhalfen ihm dazu, das einzige Brotgetreide der Slaven, Kelten und Germanen zu werden, einzig die Römer konnten seinem Mehl nichts abgewinnen und so blieb er lange Zeit das Brot der Armen. Noch vor 50 Jahren bildete Roggen das meistangebaute Getreide. Doch mit dem rasanten züchterischen Fortschritt bei Weizen, Gerste und Mais änderten sich auch die Anbaugewohnheiten der Landwirte und der Roggen wurde in „die Sandbüchsen Deutschlands“ verdrängt. Erst die Hybridzüchtung brachte den Roggen wieder entscheidend nach vorn. So kann heute der Roggen wieder an vielen Standorten mit dem Weizen konkurrieren und durch die Nachfrage nach Bioenergie sind die Anbauflächen in den letzten Jahren erneut gestiegen. (MIEDANER 1997) Da für die jeweiligen Nutzungsrichtungen von Winterroggen unterschiedliche Ansprüche an die Eigenschaften vorliegen, beschäftigt sich die folgende Arbeit damit, herauszufinden, wie die optimale Düngungsstrategie für Winterroggen in Bezug auf die unterschiedlichen Nutzungsrichtungen aussieht.

2 Winterroggen allgemein

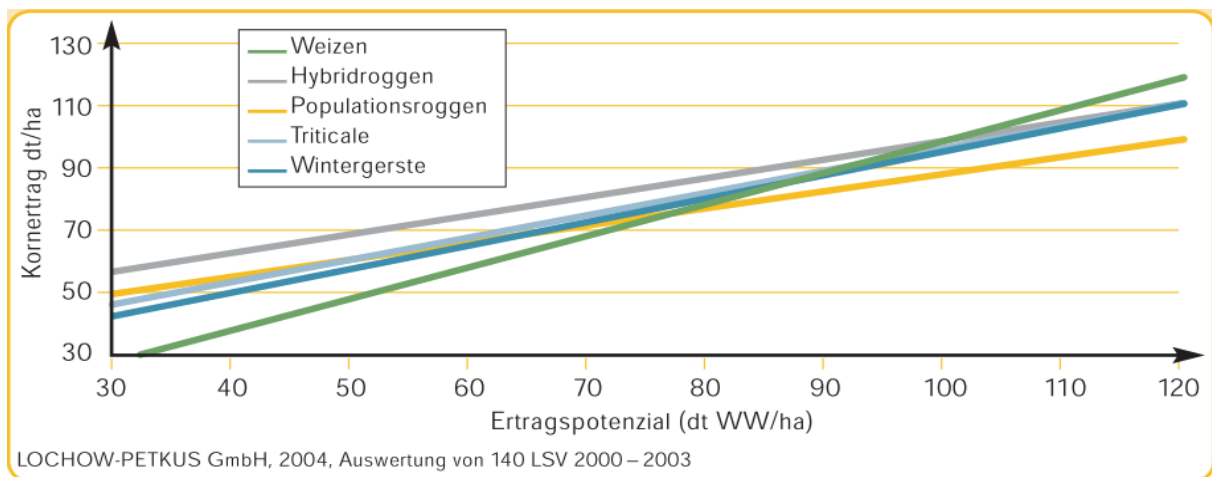
Im folgenden Kapitel werden die Ansprüche des Winterroggens an den Standort, die Fruchtfolge sowie die Nährstoffansprüche und die Vermarktungsmöglichkeiten dargestellt.

2.1 Standortansprüche

Der Roggen stellt die geringsten Ansprüche an den Standort, die Nährstoffversorgung und das Klima. Aus diesem Grund eignet er sich für den Anbau auf allen Bodenarten. Weiterhin weist Winterroggen, wie in *Tabelle 1* dargestellt, den niedrigsten Anspruch an die Keimtemperatur, die beste Winterfestigkeit und den niedrigsten Temperaturanspruch beim Wachstumsbeginn auf.

Diese Eigenschaften machen es möglich, Winterroggen auch in den kühlen Klimagebieten in Nord- und Osteuropa und in exponierten Lagen anzubauen. (ENTRUP et al. 2011) Aber nicht nur dort, sondern auch auf leichten grundwasserfernen Sandböden ergibt er oft die einzig anbauwürdige Kultur, wie in *Abbildung 1* dargestellt. Dies ist zum einen auf sein sehr leistungsfähiges Wurzelsystem und zum anderen auf seinen mit 400 l pro kg Trockensubstanz (TS) geringen Transpirationskoeffizienten zurückzuführen. In *Tabelle 2* sind Kennziffern der Wurzelsysteme verschiedener Getreidearten aufgeführt. Besonders bei der Wurzellänge in cm je cm³ Bodenvolumen in den obersten 15 cm des Bodens und bei dem prozentualen Anteil der Wurzeln am Bodenvolumen weist der Winterroggen deutlich höhere Werte als die anderen Getreidearten auf, was die Leistungsfähigkeit seines Wurzelsystems unterstreicht. (SCHILLING G. 2000)

Abbildung 1 Ertragsleistung von ausgewählten Getreidesorten in Abhängigkeit vom Standortpotenzial



Quelle: DE VRIES G. et al. 2006, Seite 46

Tabelle 1 Temperatur- und Wasseransprüche von Winterroggen, Winterweizen und Wintergerste im Vergleich

Temperaturdaten / Wasserverbrauch von:	Winterroggen	Winterweizen	Wintergerste
Temperatur			
Keimtemperatur Minimum	+ 1 bis + 2 ° C	+ 2 bis + 4	+ 2 bis + 4
Kältefestigkeit	bis - 25 ° C	bis - 20 ° C	bis - 12 ° C
Wachstumsbeginn	+ 3 bis + 5 ° C	+ 5 bis + 6 ° C	+ 5 bis + 6 ° C
Temperatursumme	ca. 1.800 ° C	ca. 2.100 ° C	ca. 1.750 ° C
Kältereiz zur Organdifferenzierung			
Temperaturoptimum	0 bis + 5 ° C	0 bis + 8 ° C	0 bis + 3 ° C
Dauer	30 bis 50 Tage	40 bis 70 Tage	20 bis 40 Tage
Wasserverbrauch			
Transpirationskoeffizient	400 l/kg TS	500 l/kg TS	425 l/kg TS

Quelle: KWS LOCHOW, 2012, Seite 3

Tabelle 2 Kennziffern der Wurzelsysteme verschiedener Getreidearten kurz vor der Ernte bzw. zu den gekennzeichneten Zeitpunkten

	Wurzellänge (km) je m ² Bodenober- fläche (Schicht 0–60 cm)	Wurzeltiefgang bei ungestörtem Profil (in m)	Wurzellänge (in cm je cm ³ Bodenvolumen)	Prozentualer Anteil der Wurzeln am Bodenvolumen
Winterroggen ²⁾	38 (Blühbeginn)	2,0	12,5 (0 bis 15 cm Tiefe)	0,85
Gerste	– ¹⁾	2,6	–	–
Winterweizen	25,8 (0–50 cm Tiefe)	2,8	3,1 (0 bis 15 cm Tiefe)	0,67
Hafer	–	2,6	6,7 (0 bis 15 cm Tiefe)	0,55

Quelle: SCHILLING G. 2000, Seite 190

2.2 Nährstoffansprüche

Roggen zeigt das beste Nährstoffaneignungsvermögen aller Getreidesorten. Dies liegt an seinem gut ausgebildeten Wurzelsystem, welches zu einer tiefen und feinen Durchwurzelung des Bodens führt. Dennoch sollte die Grunddüngung mittelfristig den Nährstoffentzug bzw. die Nährstoffabfuhr mit dem Erntegut, hier in *Tabelle 3* dargestellt, ausgleichen und für einen optimalen Nährstoffversorgungszustand des Bodens sorgen. Dieser ist gewährleistet, wenn die Gehaltsklassen für Phosphor (P), Kalium (K), Magnesium (Mg) und die pH-Stufe in C liegen. Sollten sich die Gehaltsklassen in D befinden, kann die Düngermenge unterhalb der Erhaltungsdüngung liegen oder bei Gehaltsklasse E sogar komplett unterbleiben, während bei den Gehaltsklassen A und B Zuschläge auf die Düngung nach Entzug gegeben werden sollten. Auf leichten Sandstandorten und mittleren (flachgründigen) Standorten ist auch auf eine ausreichende Versorgung mit Schwefel (S) zu achten. Zur Berechnung der erforderlichen Düngermenge darf hier der S_{\min} -Gehalt nicht außer Acht gelassen werden oder es wird in BBCH 31-39 eine Pflanzenanalyse durchgeführt. Bei Erträgen von 40 – 60 dt/ha sollten 15 – 22 kg S/ha gedüngt werden (DE VRIES G. et al. 2006). Des Weiteren hat Winterroggen nur einen mittleren Kupfer (Cu)-, Mangan (Mn)-, und Zink (Zn) sowie einen niedrigen Bor (B)- und Molybdän (Mo)-Bedarf. Durch den geringen Bedarf an B und Mo ist eine Düngung zu Roggen nicht zu empfehlen. Generell ist eine Düngung mit Mikronährstoffen nur nach einer Bodenuntersuchung oder Pflanzenanalyse geeignet. (FARACK M. et al. 2009)

Tabelle 3 Nährstoffentzug des Erntegutes (kg/dt; 86% TS)

Nährstoff	Korn	Stroh	Korn und Stroh ¹⁾
N 11 % Rohprotein ²⁾	1,51	0,50	1,96
12 % Rohprotein ²⁾	1,65	0,50	2,10
P/P ₂ O ₅	0,35/0,80	0,13/0,30	0,47/1,07
K/K ₂ O	0,50/0,60	1,66/2,00	1,99/2,40
Mg/MgO	0,12/0,20	0,12/0,20	0,23/0,38

¹⁾ Rechnerischer Wert für das Haupternteprodukt incl. Nebenernteprodukt; unterstelltes Masseverhältnis von Korn : Stroh = 1 : 0,9

²⁾ Gehalt in der Korn-Trockenmasse

Quelle: FARACK M et al., 2009, Seite 9

2.3 Fruchtfolge

Roggen stellt an seine Vorfrucht keine besonderen Anforderungen. Soweit der optimale Saattermin eingehalten werden kann, eignet sich Roggen für den Anbau nach allen Fruchtarten. Aufgrund seiner guten Selbstverträglichkeit ist es ebenfalls möglich, Roggen in Selbstfolge anzubauen. Dieses bildet vor allem auf den leichten Böden, < 30 BP (Bodenpunkte), aufgrund fehlender Alternativen eine Option. Hierbei ist aber mit einem erhöhten Krankheitsdruck zu rechnen, besonderes Augenmerk sollte hierbei auf Halmbruch, Blattflecken und Rost gelegt werden. Bei einer ausreichenden Nährstoffversorgung ist auch bei mehrjähriger Selbstfolge ein hoher und stabiler Ertrag zu erreichen (DE VRIES G. et al. 2006). Aber nichtsdestotrotz sollte Roggen, wenn es möglich ist, in eine Fruchtfolge mit Blattfrüchten wie Raps oder Leguminosen integriert werden. Die Kombination mit Silomais oder Körnermais ist ebenfalls möglich, wenn dieser die Fläche früh genug räumt, um die Ertragsverluste durch eine Spätsaat beim Roggen gering zu halten. Zuckerrüben und Spätkartoffeln eignen sich als einzige Kulturen nicht als Vorfrucht für den Roggen. In der *Abbildung 2* sind unterschiedliche Fruchtartkombinationen dargestellt und auf ihre Anbaumöglichkeit hin bewertet. Winterroggen kann aber nicht nur als Hauptfrucht, sondern auch als Vorfrucht von Mais, Hirse oder Sonnenblumen in einem Zweikulturnutzungssystem angebaut werden. Dieses Verfahren eignet sich besonders für Betriebe, die diese Früchte verstärkt anbauen, um die Produktivität zu erhöhen. In so einem System wird der Roggen als Winterung angebaut und als Grünschnittroggen bis spätestens Anfang Mai geerntet. So bietet sich noch die Möglichkeit, Mais, Hirse oder Sonnenblumen als Haupt- oder Zweitfrucht zu etablieren. Allerdings muss bei diesem Verfahren auch berücksichtigt werden, ob für die Nachfrucht eine ausreichende Wasserversorgung gewährleistet werden kann, da sonst der Ertragsabfall zu hoch ist und der Gesamttrockenmasseertrag dieses Systems nicht steigt. (STICKSEL E et al. 2009)

Abbildung 2 Bewertung unterschiedlicher Fruchtartenkombination

		Vorfrucht															
		Winterweizen	Sommerweizen	Wintergerste	Sommergerste	Winterroggen	Triticale	Hafer	Silomais	CCM-/Körnermais	Ackerbohnen	Erbsen	Spätkartoffeln	Frühkartoffeln	Winterraps	Zuckerrüben	Runkelrüben
Nachfrucht	Winterweizen	-	-	-	-	o	o	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Sommerweizen	-	-	-	-	o	o	+	+	+	*	*	*	*	*	+	*
	Wintergerste	+	+	-	-	+	+	+	o	-	*	*	-	+	*	-	-
	Sommergerste	+	+	-	-	+	+	+	*	*	*	*	*	*	*	+	*
	Winterroggen	+	+	+	+	o	o	+	+	o	*	*	-	*	*	-	*
	Triticale	o	o	+	+	+	o/-	+	+	o	*	*	-	*	*	-	*
	Hafer	+	+	+	+	+	+	-	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	Mais	+	+	+	+	+	+	+	o	o	*	*	+	*	*	+	+
	Ackerbohnen	+	+	*	+	+	+	+	+	+	-	-	*	*	*	*	*
	Erbsen	+	+	*	+	+	+	+	+	+	-	-	*	*	*	*	*
	Spät-/Frühkartoffeln	+	+	+	+	+	+	+	o	+	+	+	-	-	*	+	+
	Winterraps	o	o	+	+	o	o	o	-	-	-	+	-	+	-	-	-
	Zuckerrüben	+	+	+	+	+	+	*	-	-	-	+	*	*	-	-	-
Runkelrüben	+	+	+	+	+	+	+	o	+	+	+	*	*	-	-	-	

+ günstige Vorfrucht

* günstige Vorfrucht, aber Luxusfolge, weil andere Nachfrüchte die Vorfruchtwirkung besser ausnutzen können, längere vegetationsfreie Zeit ggf. durch Zwischenfrüchte nutzbar

o mit Einschränkungen möglich

- ungünstige Vorfrucht (Ertragsabfall, Fruchtfolgekrankheiten) bzw. Einhaltung der Bestelltermine der Nachfrucht nicht möglich

Quelle: LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDREIN-WESTFALEN, 2012

2.4 Nutzungsmöglichkeiten

Die Nutzungsmöglichkeiten von Roggen sind heutzutage sehr vielfältig. Während der überwiegende Teil der Roggenproduktion als Brot- und Mahlroggen verwendet wird, findet er aber auch immer mehr Einsatz als nachwachsender Rohstoff, in der Genussmittelindustrie oder als Futtergetreide. Somit fallen ebenso die Anforderungen an die Qualitäten und Eigenschaften der Sorten sehr unterschiedlich aus. Trotz dieser vielen Nutzungsmöglichkeiten bildet Roggen immer noch die Grundlage unserer einzigartigen Sortenvielfalt beim deutschen Brot und den Hauptabsatzmarkt für Qualitätsroggen. Jährlich werden in Deutschland rund 900.000 Tonnen/Jahr zu Roggenmehlerzeugnissen verarbeitet. (DE VRIES G. et al. 2006)

Die wichtigsten Kriterien hierbei sind die Fallzahl, das Hektolitergewicht (kg/hl) und der Fremdbesatz. *Tabelle 4* gibt eine Übersicht darüber, wie die Qualitätskriterien für Brotroggen ausfallen. Ein weiterer großer Absatzmarkt für Roggen ist die Bioenergie, ob als Grünschnittroggen, Ganzpflanzensilage (GPS) oder als Körnerroggen für Biogasanlagen sowie die Ethanol-Herstellung, Roggen ist vielseitig einsetzbar. Als Grünschnitt- und GPS-Roggen für Biogasanlagen eignet er sich vor allem durch seine Eigenschaft, auch auf leichten bis mittleren Böden viel Biomasse bilden zu können. Die Nutzung von Körnerroggen zeichnet sich durch eine hohe Energiedichte im Korn aus, was die Möglichkeit bietet, viel Lagerplatz und Raum im Fermenter zu sparen. Für die Ethanolherstellung sind eine gute Kornqualität, z. B. mit einem hohen Hektolitergewicht und Tausendkorngewicht (TKG), sowie eine umfangreiche Mehlausbeute von großer Bedeutung. Denn diese stellen relativ gut handhabbare indirekte Kriterien für einen hohen Stärke- und geringen Rohproteingehalt dar. Für die Ethanolherstellung sollte Roggen nicht mehr als 11 % Rohprotein aufweisen, da höhere Werte eine geringere Mehlausbeute zur Folge haben (STÖLKEN B. et al. n.b.). Diese und andere Qualitätsanforderungen für die Ethanolherstellung sind noch einmal in *Tabelle 5* zusammengefasst.

Tabelle 4 Qualitätskriterien von Brotroggen

Kriterium	Brotroggen
Fallzahl (sec)	> 130 (> 90*)
Eigengewicht (kg/hl)	> 71
Feuchtigkeit (%)	max. 14,5
Bruchkorn (%)	< 3
Kornbesatz (%)	< 3
Schwarzbesatz (%)	<. 2
Auswuchs (%)	< 2,5
Fremdgetreide (%)	0,1
Mutterkorn (%)	< 0,05
DON (mg/kg)	max. 1,25
ZEA (mg/kg)	max. 0,05

* technologisch unterer Grenzwert

Quelle: FARACK M. et al. 2009, Seite 5

Tabelle 5 Qualitätsanforderungen an Getreide für die Ethanolproduktion (MBE Zörbig, NBE Schwedt und Südzucker Bioethanol GmbH Zeitz)

Merkmal		Weizen	Roggen	Triticale
Feuchtegehalt	%	< 15	< 15	< 15
HLG	kg	> 72	> 68	-
Anteil Besatz				
Mutterkorn	%	-	< 0,1	-
Bruchkorn/ Schmachtkorn	%	< 20	< 20	< 20
Mykotoxine				
Deoxinivalenol	mg/kg	< 0,5	< 1	< 1
Zearalenon	mg/kg	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Ochratoxin A	mg/kg	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Stärkegehalt				
MBE Zörbig / NBE Schwedt	% i. 85 % TM	-	> 55	-
Südzucker AG Zeitz	% i. 85 % TM	-	> 58	-
Fallzahl	s	> 175	-	-
TKM	g	-	28-40	-

Quelle: STÖLKEN B. et al. (n.b) Seite 2

3 Nährstoffe

Nährstoffe werden mit dem Bodenwasser in gelöster mineralischer Form von den Pflanzen aufgenommen. Sie sind essentiell für den Stoffwechsel der Pflanze und bestimmen den Ertrag und die Qualität des Erntegutes. In der Pflanzenernährung gibt es 14 Nährstoffe, die für alle höheren Pflanzen Nährelementcharakter besitzen. Diese Nährstoffe sind in drei Haupt-, vier Sekundär- und sieben Spurennährstoffe unterteilt. Zu den Hauptnährstoffen gehören Stickstoff, Phosphor und Kalium. Zu den Sekundärnährstoffen zählen Magnesium, Calcium, Natrium und Schwefel. Diese Nährstoffe werden meist in Mengen von mehreren kg pro ha aufgenommen, wohingegen die Spurennährstoffe, zu denen Eisen, Mangan, Kupfer, Zink, Chlorid, Bor und Molybdän gehören, meist in weniger als 1000 g pro ha aufgenommen werden. Obwohl die Menge der aufgenommenen Nährstoffe stark variiert, sind alle Nährstoffe gleich wichtig und in ausreichender Menge der Pflanze zur Verfügung zu stellen, da sonst das Gesetz des Minimums von Justus von Liebig greift. Dieses besagt, dass der Wachstumsfaktor, der in der geringsten Menge zur Verfügung steht, das Wachstum und den Ertrag bestimmt. (KNITEL H. et al. 2012)

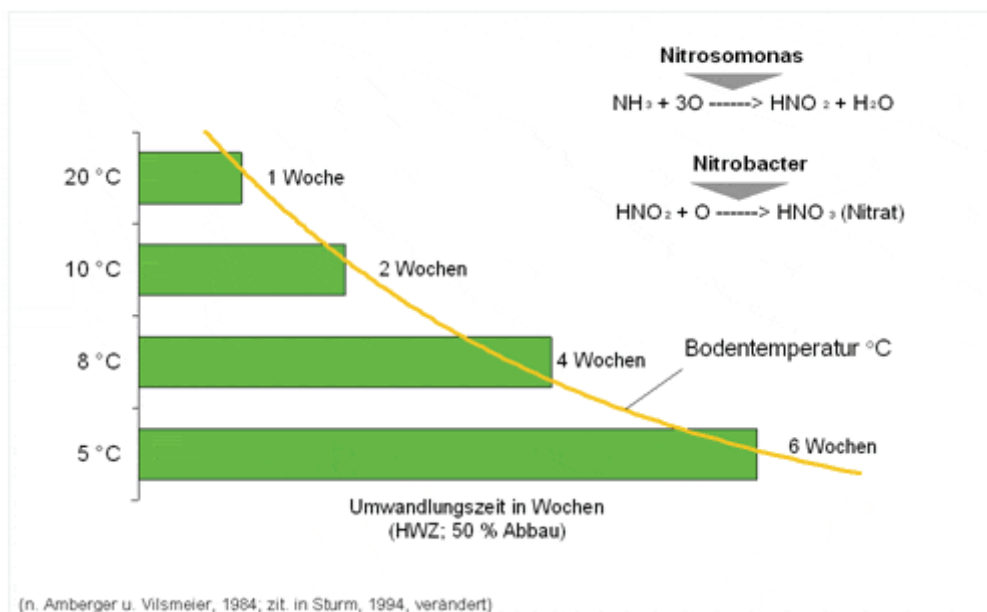
Im Folgenden wird nun vor allem auf den Nährstoff Stickstoff eingegangen, da sich mithilfe dessen der Ertrag und die Qualitätseigenschaften gut beeinflussen lassen.

3.1 Stickstoff

Stickstoff übernimmt viele unterschiedliche Funktionen in der Pflanze, zum einen ist es ein wichtiger Bestandteil von Protein, Chlorophyll und diversen Enzymen und zum anderen fördert es indirekt die Bildung von Vitamin B und durch die indirekte Beeinflussung der Pflanzenhormone verlängert es die Zeitspanne zur Bildung von Zucker, Stärke und Eiweiß (KNITTEL H. et al. 2012). Bei einem Stickstoff-Mangel verringert sich die Wachstumsrate und die Pflanzen werden hellgrün bis gelbgrün. Teilweise kommt es auch zu der sogenannten Starrtracht, diese entsteht durch eine Verdickung der Zellwände, weil die Assimilate nicht ausreichend in Protein umgewandelt werden können. (SCHILLING G. 2000) Stickstoff gelangt auf unterschiedliche Art und Weise in die Pflanze, entweder als Harnstoff über die Blätter oder aber als Nitrat, Ammonium oder Harnstoff über die Wurzel. Die Vorteile von Nitrat liegen darin, dass es im Bodenwasser gelöst und frei beweglich ist, was es zu einem schnell wirkenden Stickstoff-Dünger macht. Damit wird bei jeder Wasseraufnahme auch Nitrat aufgenommen. Allerdings besteht durch die Beweglichkeit auch die Gefahr der Verlagerung in tiefere Bodenschichten (Auswaschung). Dies geschieht häufig auf leichten Standorten mit einem geringen Wasserspeichervermögen und bei mangelndem Bewuchs. Unter anaeroben Bedingungen, z. B. bei Staunässe, besteht außerdem die Gefahr der Denitrifikation. Hierbei wird Nitrat zu elementarem Stickstoffgas (N_2) reduziert und als Nebenprodukt entsteht Lachgas (N_2O). Beide Gase werden an die Atmosphäre abgegeben und sind für die Pflanzenernährung verloren. Die Gefahr der Auswaschung besteht bei Ammonium nicht, denn es ist an Tonmineralien fixiert bzw. vom Humus absorbiert, was die Gefahr der Auswaschung mindert. Andererseits muss Ammonium erst mit Hilfe der Nitrifikation, des bakteriellen Abbaus von Ammonium, zu Nitrat umgewandelt werden, um von den Pflanzen aufgenommen werden zu können. Dies macht Ammonium zu einem langsam wirkenden Dünger, da dieser Vorgang je nach Bodentemperatur mehrere Wochen in Anspruch nehmen kann, wie in *Abbildung 3* dargestellt ist. Somit kann mit ammoniumhaltigem Dünger auch auf Vorrat gedüngt werden. Stickstoff, der im Boden in der organischen Substanz gebunden wird, ist weitgehend unbeweglich und somit für die Pflanze nicht verfügbar. Dieser muss mit Hilfe der Mineralisation erst zu Ammonium und dann weiter zu Nitrat abgebaut werden, um von der Pflanze aufgenommen werden zu können.

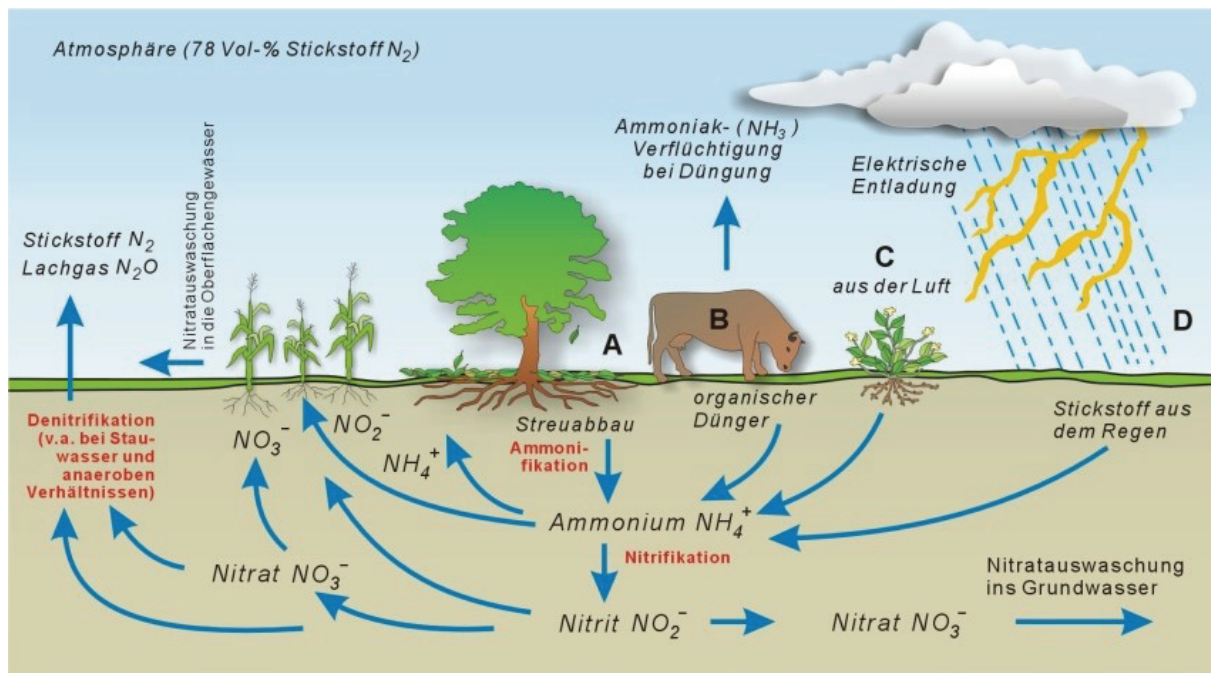
Weiterhin können alle Getreidearten auch geringe Mengen Harnstoff, z. B. aus AHL-Lösungen oder Ammoniak (NH₃), über die Blätter aufnehmen. Harnstoff ist dabei auf maximal 40 kg/ha zu begrenzen da sonst die Gefahr besteht, dass die Wachsschicht der Blätter verätzt wird, was sich negativ auf den Wasserhaushalt der Pflanze auswirken kann. Der oben beschriebene Weg des Stickstoffs kann auch in einem Kreislauf, wie in *Abbildung 4*, dargestellt werden.

Abbildung 3 Dauer der Nitrifikation von Ammonium in Abhängigkeit von der Bodentemperatur



Quelle: YARA GMBH & CO KG, 2012

Abbildung 4 Der Stickstoffkreislauf



© Lernort **Boden**, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (StMUGV) 2006. Alle Rechte vorbehalten.

Quelle: BAYRISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ, 2012, Seite 260

3.2 Stickstoffdünger und seine Eigenschaften

Im Folgenden werden nun einige für diese Arbeit relevante N-Dünger vorgestellt.

3.2.1 Kalkammonsalpeter

Er wird umgangssprachlich auch mit KAS abgekürzt. Es handelt sich um einen Ammoniumnitratdünger, der 27 % Gesamtstickstoff enthält und zu je 13,5 % aus Ammonium und Nitrat besteht, was ihn zu einem schnell als auch langsam wirkenden Dünger macht. Des Weiteren enthält er 12 % Calciumoxid (CaO), was die versauernde Wirkung des Stickstoffs mindert. Je nach verwendetem Kalkstein bzw. Dolomitmehl enthält er eventuell noch Magnesium in einer Höhe von 4 %. Er stellt einen universell einsetzbaren und für alle Kulturen, Düngemaßnahmen, Böden und Standorte geeigneten Dünger dar. (SCHILLING G. 2000)

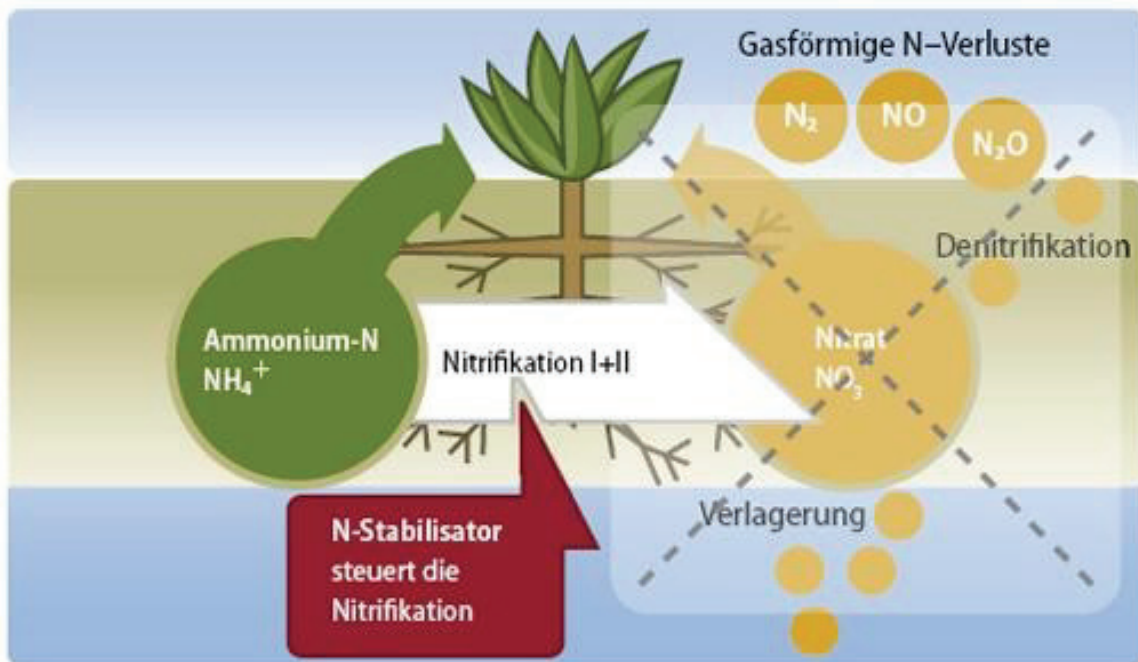
3.2.2 Ammonsulfatsalpeter

Er wird umgangssprachlich auch als ASS bezeichnet. Es handelt sich ebenfalls um einen Ammoniumnitratdünger, der allerdings nur 26 % Gesamtstickstoff enthält, der aus 7 % Nitrat und 19 % Ammonium Stickstoff besteht. Dies macht ihn zu einem etwas langsamer wirkenden N-Dünger als KAS. Als zweiten Bestandteil enthält dieser Dünger 13 % wasserlöslichen Schwefel. Durch das N-S-Verhältnis von 2 : 1 kann meist mit der ersten N-Gabe der gesamte Bedarf an Schwefel für die Kultur gedeckt werden. Teilweise wird er auch als Bor-Ammonsalpeter mit einem Gehalt von 0,2 % Bor angeboten. Das Anwendungsgebiet von ASS ist dem von KAS nahezu identisch, nur muss bei ASS aufgrund des fehlenden CaO auf die versauernde Wirkung geachtet werden. (SCHILLING G. 2000)

3.2.3 Alzon

Alzon ist ein N-stabiler Harnstoff-Dünger mit 46 % Gesamtstickstoff als Carbamidstickstoff in der festen Form und 25 – 28 % Gesamtstickstoff in der Flüssigenform. Die flüssige Form kann auf Wunsch auch noch 6 % wasserlöslichen Schwefel enthalten. Der im Dünger befindliche Nitrifikationshemmer, ein Gemisch aus Dicyandiamid und 1 H – 1, 2, 4 Triazol, sorgt dafür, dass nicht gleich der gesamte Stickstoff durch die Nitrifikation zu Nitrat umgewandelt wird, und mindert so das Risiko der Auswaschung, Denitrifikation und des Luxuskonsums bei der Ausbringung mit nur einer Gabe wie in *Abbildung 5* dargestellt ist. Des Weiteren ermöglicht die Vor- und/oder Zusammenlegung von Stickstoffgaben eine Entzerrung der Arbeitsspitzen. (SKW STICKSTOFFWERKE PIESTERITZ, 2012a)

Abbildung 5 Wirkungsweise eines Nitrifikationshemmers



Quelle: SKW STICKSTOFFWERKE PIESTERITZ, 2012b

3.2.4 Entec

Entec ist ein stickstoffhaltiger Mineraldünger, der Nitrat und stabilisiertes Ammonium enthält. Es gibt ihn als Entec 26 mit 26 % Gesamtstickstoff zu 7,5 Nitrat und 18,5 Ammoniumstickstoff (stabilisiert) und als Entec perfect mit 15 % Gesamtstickstoff zu 6,9 % Nitrat und 8,1 % Ammoniumstickstoff. Außerdem enthält Entec perfect 5 % Phosphor, 20 % Kalium, 0,02 % Bor, 8 % Schwefel und 2 % Magnesium. Die Nitrifikation wird bei Entec durch 3,4-Dimethylpyrazolphosphat gehemmt, dennoch weist er die gleichen Vorteile wie Alzon auf. (EUROCHEM AGRO, 2012)

4 Düngestrategien

4.1 Empfehlungen

Hinsichtlich der richtigen Düngung von Winterroggen gibt es viele unterschiedliche Meinungen und demzufolge auch eine große Anzahl an Empfehlungen. Dies hängt zum einen mit den jeweiligen Ertragserwartungen und der Intensität, mit dem der Winterroggen angebaut wird, zusammen. Eines der größten Probleme stellt die Ermittlung der optimalen Düngermenge dar. Einerseits soll für die Pflanze eine optimale Voraussetzung zum Wachsen geschaffen werden, andererseits dürfen aber ökonomischen Faktoren sowie die negativen ökologischen Auswirkungen einer überhöhten Düngung nicht außer Acht gelassen werden. Da Roggen meist auf den schlechteren Böden angebaut wird, welche in ihrer Ertragsleistung stark schwanken, sollte für die Berechnung der Düngermenge nicht der Höchstertag der letzten Jahre, sondern der durchschnittliche Ertrag der letzten Jahre herangezogen werden. Somit lässt sich die Nährstoffversorgung mithilfe von allgemeinen Düngeempfehlungen wie in *Tabelle 6* planen. In dieser Tabelle wird die empfohlene Nährstoffmenge anhand der Ertragserwartung dargestellt. Andere Empfehlungen, hier in *Tabelle 7* dargestellt, beziehen sogar die Vorfrucht, N-Aufnahme vor Winter und den Boden mit in ihre Berechnungen ein und sind somit schon etwas genauer.

Tabelle 6 Mittlere Nährstoffaufnahme von Roggen (Korn + Stroh)

	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha	MgO kg/ha	CaO kg/ha	S kg/ha	B g/ha	Cu g/ha	Zn g/ha	Mn g/ha
40 dt/ha	110	40	75	15	15	10	40	30	120	350
60 dt/ha	150	60	115	22	22	15	45	40	150	400
80 dt/ha	200	80	150	30	30	20	50	50	200	600
Zu-/Abschläge je dt Korn	1,8	0,6	0,5	0,25	0,1	0,2	-	-	-	-

SLOTTA, 1992

Quelle: DE VRIES G. et al. 2006, Seite 70

Tabelle 7 N-Bedarfsrechnung zu Winterroggen

		Beispiel 1	Beispiel 2
Ertragserwartung	x 2,0 – 2,3* = N-Gesamtaufnahme	90 dt/ha x 2,3 = 210 kg/ha N	65 dt/ha x 2,3 = 150 kg/ha N
Zzgl. nicht ausnutzbarer N-Vorrat im Boden (unter Roggen)			
IS	ca. 15 kg z.B.	-	+ 15 kg/ha N
hL, sL, uL	ca. 25 kg z.B.	+ 25 kg/ha N	-
L	ca. 30 kg	-	-
tL	ca. 40 kg	-	-
N-Bedarf		235 kg/ha N	165 kg/ha N
abzüglich N _{min} 0 – 60 cm z.B.		- 35 kg/ha N	- 10 kg/ha N
abzüglich N-Aufnahme vor Winter			
üppiger Bestand	35 kg	-	-
kräftiger Bestand	25 kg z.B.	- 25 kg/ha N	-
knapper Bestand	15 kg z.B.	-	- 15 kg/ha N
schwacher Bestand	10 kg	-	-
abzüglich N_{mob} (Getreidevorfrucht) bis Anfang Juni			
30 BP	ca. 10 kg z.B.	-	- 10 kg/ha N
50 BP	ca. 40 kg z.B.	- 30 kg/ha N	-
70 BP	ca. 60 kg	-	-
Blattfrüchte	ca. 40 kg	-	-
N-Düngung		145 kg/ha N	130 kg/ha N

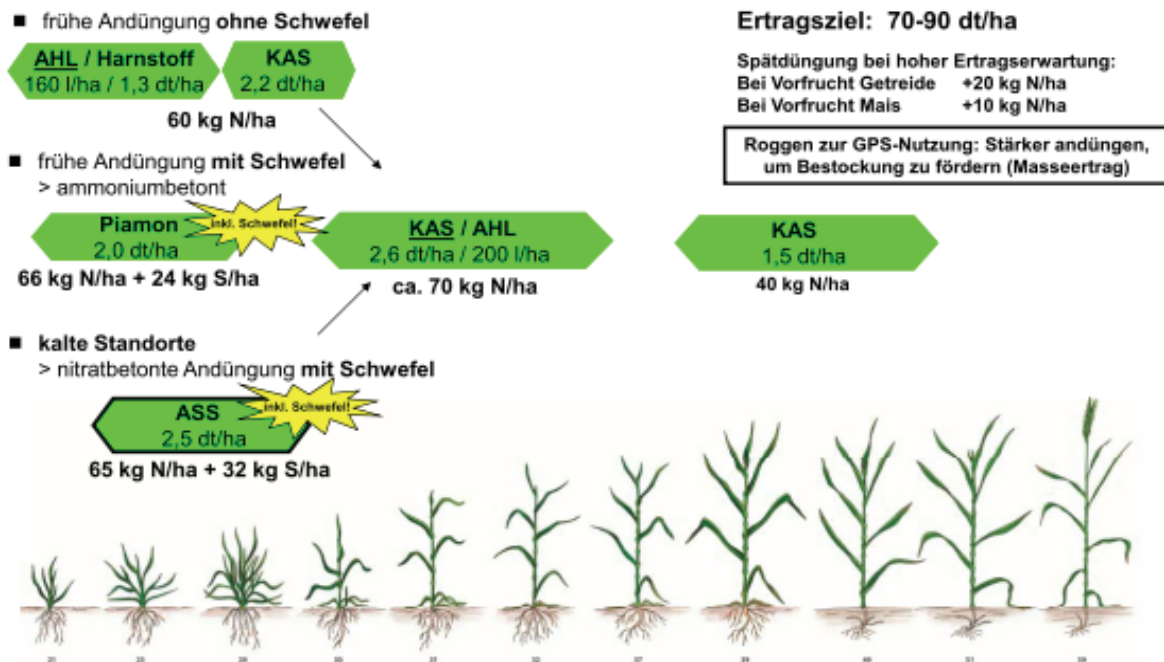
N.U. AGRAR, 2006
 Bodenarten: IS = lehmiger Sand, hL = humuser Lehm, sL = sandiger Lehm, uL = schluffiger Lehm, L = Lehm, tL = toniger Lehm
 * Niedriger Wert auf leichten Standorten, höherer Wert auf besseren Standorten.

Quelle: DE VRIES G. et al. 2006, Seite 67

Aber nicht nur die Nährstoffmenge, sondern auch deren Verteilung und die Art des Düngers können berücksichtigt werden. So stellte die Raiffeisen Waren-Zentrale Reihn-Main e.G. in diesem Zusammenhang im Jahr 2010 zwei Abbildungen zusammen, hier als *Abbildung 6* und *Abbildung 7* dargestellt. Mit der Anzahl der Düngergaben und dem verwendeten Dünger lässt sich auf die Bestandsentwicklung und die Qualität des Erntegutes Einfluss nehmen. Aus diesem Grund sind diese Faktoren genauso gut und sorgfältig zu planen wie die Höhe der Düngermenge. Die in *Abbildung 6* dargestellte Verteilung des Düngers auf zwei oder drei Gaben ist in Gebieten ohne Frühjahrstrockenheit und bei anschließender Nutzung als Futter- oder Brotroggen zu bevorzugen, da durch die drei Gaben der Eiweißgehalt positiv beeinflusst werden kann, während in Gebieten mit Frühjahrstrockenheit, geringen Ertragserwartungen und/oder der anschließenden Nutzung als Ethanolgetreide die Düngung mit stabilisiertem

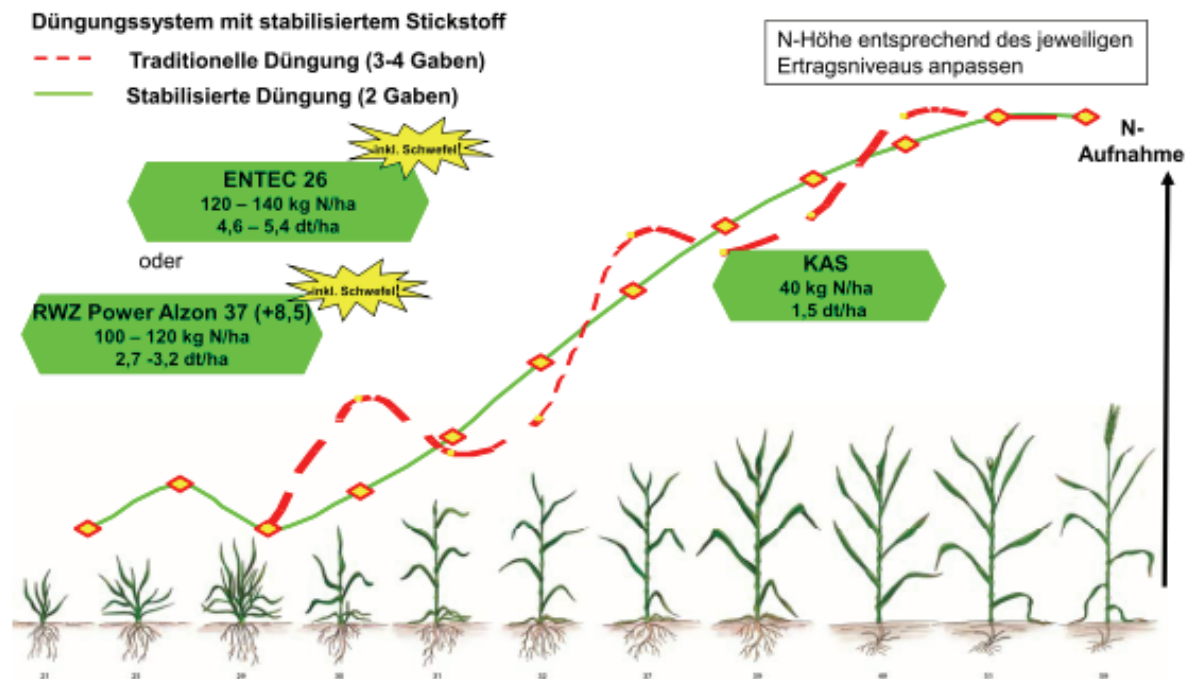
Dünger in ein oder zwei Gaben, wie in der *Abbildung 7* dargestellt ist, zu bevorzugen wäre. Trotz dieser Empfehlungen ist es sehr wichtig, die Witterung, N_{min} und den aktuellen Pflanzenbestand zu beobachten und die Düngung dementsprechend anzupassen.

Abbildung 6 N-Düngung im Winterroggen bei 70 – 90 dt Ertragserwartung ohne stabilisiertem Dünger



Quelle: RAIFFEISEN WAREN ZENTRALE, 2012

Abbildung 7 N-Düngung in Winterroggen bei 70 – 90 dt Ertragserwartung mit stabilisiertem Dünger



Quelle: RAIFFEISEN WAREN ZENTRALE, 2012

4.2 Düngung in der Praxis

Im folgenden Kapitel werden Düngeempfehlungen für die Praxis, und zwar sowohl für die Körner- als auch für die Grünschnittnutzung, vorgestellt.

4.2.1 Körnernutzung

In der Praxis gestaltet sich die Düngung auf Grund vieler Einflussfaktoren nicht so einfach, wie im vorherigen Kapitel beschrieben. Denn je nach Nährstoffentzug der Vorfrucht, der Bodenart, dem Saatzeitpunkt und/oder hoher Ernterückstände der Vorfrucht kann es manchmal schon notwendig sein, eine Herbstdüngung mit ca 30 kg N/ha durchzuführen, um den Stickstoffbedarf bis ins Frühjahr sicherzustellen. Allerdings sollte bei der Herbstdüngung auch darauf geachtet werden, dass sich die Bestände vor Winter nicht zu gut entwickeln und so die Gefahr von Frostschäden steigt.

Mit der ersten Dünungsmaßnahme im Frühjahr, der Startgabe, die in BBCH 21-25 erfolgen sollte, wird auf die Bestockung und die Ährchenanlage Einfluss genommen. Als Empfehlung für die Startgabe gibt die Landwirtschaftskammer (LWK) Niedersachsen $60 \text{ kg N/ha} + 15\text{-}20 \text{ kg S/ha}$ an. Es bestehen aber auch Hilfsmittel, wie in *Tabelle 8*, die einem dabei helfen, die Startgabe zu berechnen. Falls sich auf Grund einer Spätsaat im Frühjahr ein dünner Bestand, weniger als zwei kräftige Triebe pro Pflanze, präsentiert sollte, ist zu empfehlen, die Stickstoffmenge um ca. 30 % zu erhöhen und einen nitrathaltigen Dünger zu verwenden, der die Bestockung fördert. Es ist aber besonders auf leichten Böden wichtig darauf zu achten, dass die Bestandsdichte, die in *Tabelle 9* dargestellt ist, nicht überzogen wird, da sonst der Ertrag und die Qualität des Erntegutes negativ beeinflusst werden können. Die negativen Folgen einer zu hohen Bestandsdichte lägen in einem erhöhten Lagerrisiko, einem höheren Krankheitsbefall, im unproduktiven Wasserverbrauch aufgrund von viel Blattmasse und einem geringeren Einzelährenertrag (ENTRUP N. et al. 2011). Sollte der Bestand im Frühjahr zu dicht sein, so ist eine Reduzierung der Stickstoffmenge um 30 % erforderlich. Mit der anschließenden Schossergabe, sie findet in BBCH 30-31 statt, wird die Anzahl ährentragender Halme sowie die Kornzahl je Ähre beeinflusst. Ziel dieser Maßnahme ist es, die Triebe der ersten und zweiten Ordnung zu fördern sowie die Kornzahl pro Ähre abzusichern. Die LWK Niedersachsen empfiehlt hier 90 kg N/ha minus N_{min} , allerdings richtet sich die Höhe der Stickstoffdüngung auch nach der Höhe der Startgabe, um die Gesamtmenge an Stickstoff nicht zu überschreiten. Falls zur Startgabe noch kein Schwefel gedüngt wurde, ist dieses nun durchzuführen. Des Weiteren sollte die Stickstoffmenge der Schossergabe nie weniger als 50 % der Gesamtstickstoffdüngung enthalten, da zu diesem Zeitpunkt viel Biomasse gebildet wird und der Bestand deshalb viel N benötigt. Mit der anschließenden Spätgabe in BBCH 37-49, wird die Düngung abgeschlossen. Ziel dieser Maßnahme ist es, das TKG zu steigern und die Qualitätseigenschaften, hier ist vor allem das Protein, zu nennen und zu verbessern. Je nach vorheriger Düngung, Standort, Sorte und Ertragserwartung ist diese Gabe mit ca. 30 kg N/ha durchzuführen. Auf leichten Böden in Regionen, in denen es oft zu einer Frühjahrstrockenheit kommt, kann die Schoss- auch mit der Spätgabe zusammengefasst werden. Dann gilt es aber zu beachten, dass nicht mehr als 20 kg N bei dieser Gabe als Nitratstickstoff enthalten sind, um das Lagerrisiko nicht ansteigen zu lassen. Eine mögliche andere Variante liegt in dem CULTAN-Verfahren.

Bei diesem Verfahren wird zu Beginn des Streckungswachstums, in BBCH 30, ein Depot im Boden mit einem ammoniumhaltigen Dünger angelegt, der die Pflanze über die gesamte Vegetationszeit mit Nährstoffen versorgt. Dieses Verfahren wird aber derzeit noch wenig angewandt.

Tabelle 8 Berechnung der N-Startgabe

Zielähren je m ²	350	450	550
N-Aufnahme bis BBCH 31	40	50	60
Zuschläge für Boden, z.B.			
Sand	+ 10		
Anlehmiger Sand		+ 15	
Lehm			+ 20
Summe	50	65	80
Abzüglich N-Aufnahme vor Winter			
Üppiger Bestand			-25
Normaler Bestand		-20	
Schwacher Bestand	- 15		
N _{min} (0 – 30 cm)	- 10	-20	-25
N _{mob} (bis Mitte April)	0	0	0
Summe Abzüge	25	40	50
Mindestbedarf 1. N-Gabe	25	25	30

N.U. AGRAR, 2006

Quelle: DE VRIES G. et al. 2006, Seite 68

Tabelle 9 Orientierungswerte für Ertrag und Ertragsstruktur von Winterroggen

Boden	25–35 BP*	30 – 40 BP*	40 – 55 BP*
Kornertrag dt/ha	50 – 60	70 – 90	90 – 110
Keimpflanzen/m ²	120 – 140	150	200
Triebe je m ² zu Vegetationsbeginn	500 – 650	600 – 900	1.000 – 1.100
Triebe je Pflanze BBCH 32/37	3 – 4	4 – 5	5 – 6
Ähren je m ²	30 – 450	400 – 500	500 – 600
Körner je m ²	12.000 – 13.000	15.000 – 17.000	20.000 – 24.000
TKG in g	35 – 42	38 – 46	42 – 48
Einzelährenertrag in g	1,3 – 1,5	1,4 – 1,8	1,6 – 2,0

N.U. AGRAR, 2006
*Höhere Werte auf Standorten mit gesicherten Wasserverhältnissen in der Abreife.

Quelle: DE VRIES G. et al. 2006, Seite 61

4.2.2 Grünschnitnutzung

Wie im vorherigen Kapitel 4.2.1 Körnernutzung bereits beschrieben, so ist es auch bei der Grünschnitnutzung im Normalfall nicht notwendig, eine Herbstdüngung durchzuführen. Die erste Düngungsmaßnahme im Frühjahr, die Startgabe in BBCH 21-25, ist für Grünschnitroggen die wichtigste. Sie sollte so früh wie möglich erfolgen, um gute Voraussetzungen zu schaffen und in der mit 50 – 60 Tagen sehr kurzen Vegetationszeit genügend Biomasse bilden zu können. Es gilt also, die Bestockung zu fördern und die Triebreduktion zu vermeiden. Aus diesem Grund empfiehlt sich hier ein nitrathaltiger N-Dünger. Die maximale Gesamtstickstoffmenge sollte allerdings 80 – 100 kg/ha nicht übersteigen, da sonst mit erhöhtem Lagerrisiko zu rechnen ist. Für die Nährstoffe Phosphor und Kali können über den mittleren Nährstoffgehalt des Entegutes die Bedarfsmengen geschätzt werden. Bei Phosphor sind dies 0,11 kg P₂O₅ je dt Frischmasse (FM) und bei Kali 0,45 K₂O je dt FM. Weitere Düngemaßnahmen sind nicht notwendig. (STICKSEL E. et al. 2009)

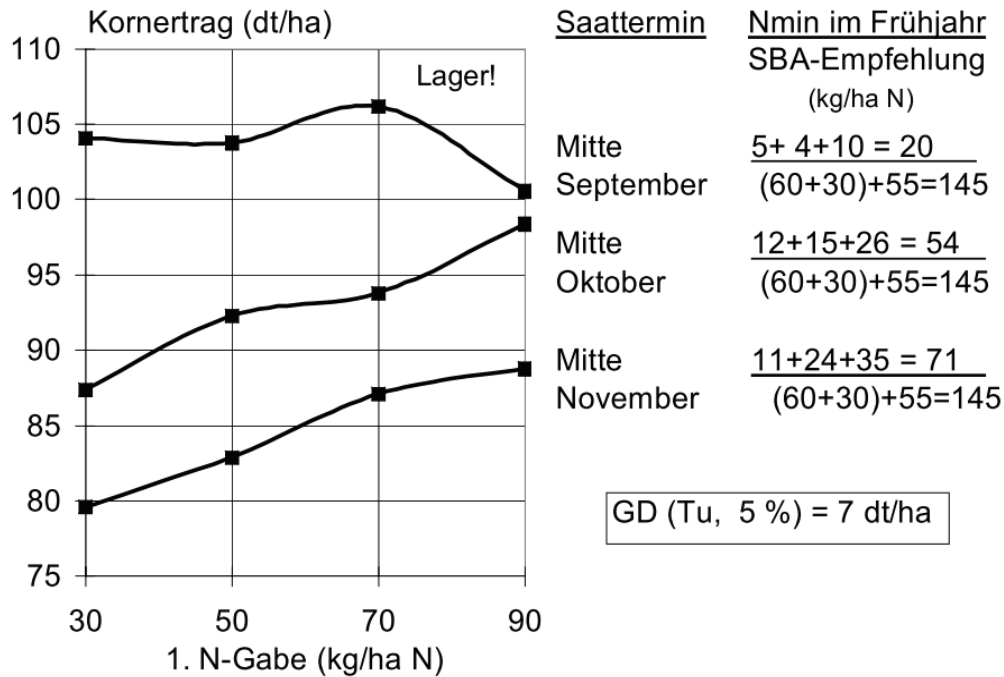
5 Versuchsergebnisse

Im nun folgenden Kapitel werden unterschiedliche Untersuchungen der Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Garten Sachsen-Anhalt (LLFG Sachsen Anhalt), Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH), Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg (LELF) und der Humboldt Universität Berlin zu Fragen des optimalen Betriebsmittel-Einsatzes und der Grünschnitt- und GPS-Nutzung vorgestellt.

Die LLFG Sachsen-Anhalt führte in den Jahren 2004 – 2007 eine Untersuchung durch, die klären sollte, ob es sich wirklich lohnt, unterschiedlich entwickelte Bestände im Frühjahr differenziert anzudüngen. Denn es ist strittig, ob unterschiedlich entwickelte Bestände im Frühjahr auch unterschiedlich angedüngt werden sollten. Meist wird empfohlen, Bestände, die aufgrund einer Spätsaat oder durch Auswinterungsschäden schwach entwickelt sind, mit einer erhöhten ersten Gabe anzudüngen, um die Bestockung zu fördern. Dagegen sollen gut entwickelte Frühsaaten, die schon viele Bestockungstriebe gebildet haben, mit einer reduzierten ersten Gabe angedüngt werden, um eine überhöhte Bestandesdichte zu verhindern und die in *Kapitel 4.2.1* beschriebenen negativen Auswirkungen zu vermeiden. Hierfür

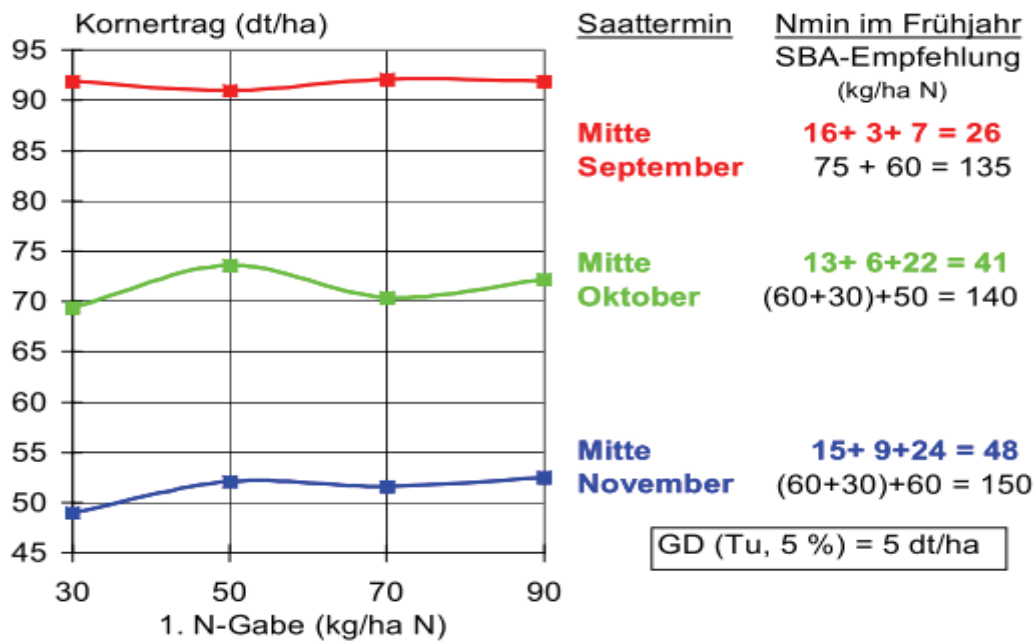
wurden durch unterschiedliche Saatzeitpunkte, Mitte September, Mitte Oktober und Mitte November, drei unterschiedliche Bestände erzeugt und diese bei der 1. N-Gabe gestaffelt (30, 50, 70, 90 kg/ha N) angedüngt. Die 2. und 3. Gabe wurden einheitlich bzw. komplementär gegeben, so dass in der Summe alle Varianten einheitlich versorgt werden konnten. Der verwendete Dünger war bei allen drei Düngergaben KAS. Wie in den *Abbildungen 8 – 11* zu sehen ist, beeinflusste eine erhöhte Andüngung bei einem mäßig bis schlecht entwickelten Bestand im Frühjahr die Kornerträge unterschiedlich. Lediglich in den Jahren 2004 und 2007 konnten die Erträge der Mitte Oktober und Mitte November genutzten Aussaaten durch eine erhöhte Andüngung gesteigert werden. Im Jahr 2007 erreichte so die Mitte-November-Aussaat sogar das Ertragsniveau des optimalen Saatzeitpunktes Mitte September. In den Jahren 2004, 2005 und 2006 hingegen war der optimale Aussaattermin Mitte September immer der ertraglich beste. Aber nicht nur hinsichtlich des Ertrages zeigte der Aussaattermin im September Vorteile, denn auch die N_{\min} Gehalte waren hier stets die niedrigsten, was auf eine hohe N-Aufnahme im Herbst zurückzuführen ist. Die höhere N-Aufnahme im Herbst beugt vor allem auf leichten Böden der Nitrat-Auswaschung vor und schont somit die Umwelt. Aufgrund dieser Ergebnisse sollte bei der Aussaat immer der optimale Saatzeitpunkt im Vordergrund stehen, um überhöhte Düngegaben zu sparen, die keinen sicheren Ertrag mehr liefern, und um negative Auswirkungen auf die Umwelt zu vermeiden.

Abbildung 8 Kornträge dreier zu unterschiedlichen Terminen ausgesäter Winterroggenbestände (Sorte Picasso) in Abhängigkeit von der Höhe der 1. N-Gabe im Jahr 2004



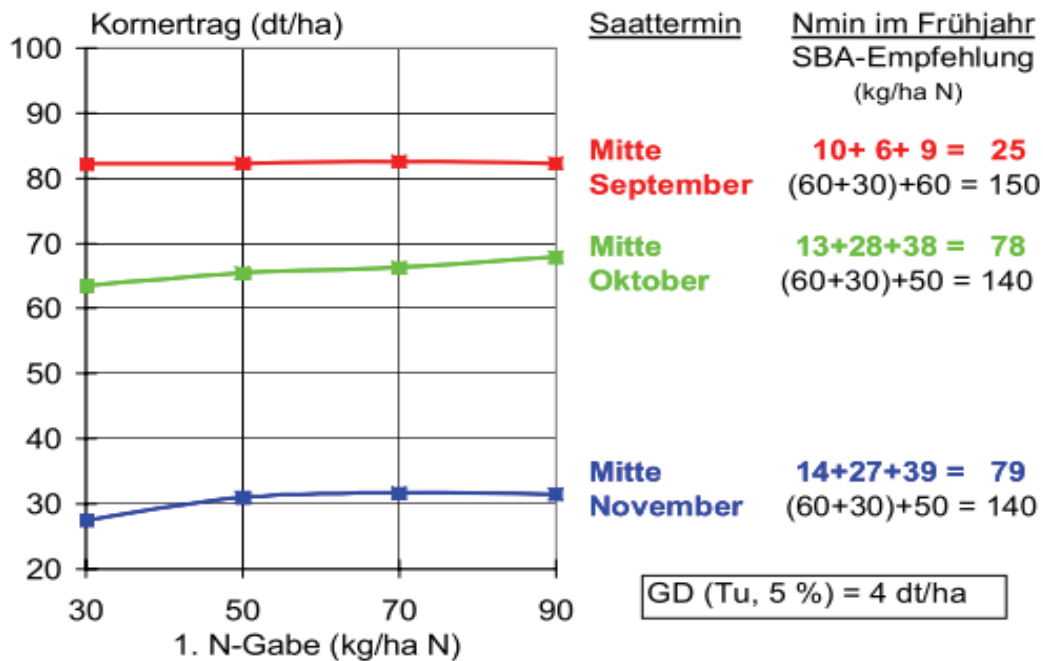
Quelle: BOESE L. 2004

Abbildung 9 Kornträge dreier zu unterschiedlichen Terminen ausgesäter Winterroggenbestände (Sorte Picasso) in Abhängigkeit von der Höhe der 1. N-Gabe im Jahr 2005



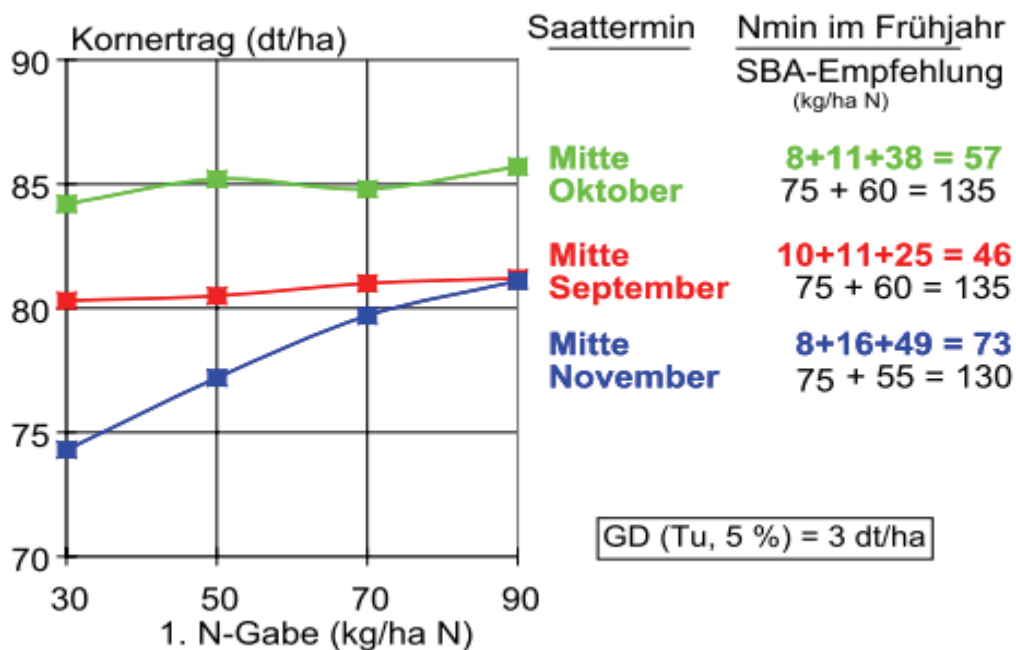
Quelle: BOESE L. 2005

Abbildung 10 Kornerträge dreier zu unterschiedlichen Terminen ausgesäter Winterroggenbestände (Sorte Picasso) in Abhängigkeit von der Höhe der 1. N-Gabe im Jahr 2006



Quelle: BOESE L. 2006

Abbildung 11 Kornerträge dreier zu unterschiedlichen Terminen ausgesäter Winterroggenbestände (Sorte Picasso) in Abhängigkeit von der Höhe der 1. N-Gabe im Jahr 2007



Quelle: BOESE L. 2007a

Ein weiterer Düngerversuch der LLFG Sachsen-Anhalt im Jahr 2007 beschäftigte sich mit der Frage, wie vorhandene Anbauempfehlungen verändert werden sollen, um diese für die Produktion von Ethanolgetreide zu optimieren und einen möglichst hohen Kornertrag, Stärkeertrag und Stärkegehalt zu erzielen. Der Versuch wurde am Standort Gadegast auf einem Tieflehm-Braunstaugley im Landkreis Wittenberg durchgeführt. Auf eine 3. N-Gabe wurde generell verzichtet da hohe Rohproteingehalte bei der Ethanolherzeugung nicht gewünscht sind, weil diese die Ethanolausbeute verringern. Wie in *Tabelle 10* zu sehen ist, wird der Kornertrag durch eine Reduzierung der Düngung (Prüfglied (PG) 2) oder das Ausbringen der empfohlenen Menge mit einem stabilisierten N-Dünger (Alzon) in einer Gabe (PG 5) leicht positiv beeinflusst. Hier reagierten die geprüften Sorten allerdings sehr unterschiedlich. Während bei der Sorte Recrut die Reduzierung der gesamten Düngermenge (PG 2) die größte Ertragssteigerung (+1,3 dt/ha) brachte, war es bei der Sorte Rasant die Vorlage der Düngermenge als stabilisierter Dünger in einer Gabe (PG 5) mit +2,2 dt/ha. Dagegen ließ die Veränderung der Aufteilung der Düngermenge, mit dem Schwerpunkt auf der 2. Gabe (PG 3), eine Erhöhung der gesamten N-Menge (PG 4) sowie die Einmaldüngung ohne stabilisierten KAS N-Dünger (PG 6) den Ertrag leicht sinken. Diesmal reagierte die Sorte Rasant allerdings sowohl bei der Umverteilung der Gaben, der Erhöhung der gesamten N-Menge als auch bei der einmaligen Düngung ohne stabilisierten Dünger jeweils mit größeren Ertragsverlusten als die Sorte Recrut. Beim Stärkegehalt zeigte sich ein etwas anderes Bild als beim Kornertrag. So konnte der Stärkegehalt durch die Reduzierung der Düngermenge bei der Sorte Recrut nicht positiv beeinflusst werden, während sich bei der Sorte Rasant der Stärkegehalt um mehr als 1,1 % erhöhte. Auch bei der einmaligen Düngung mit Alzon oder KAS stiegen die Stärkegehalte der Sorte Rasant deutlich stärker als die der Sorte Recrut, wie in *Tabelle 11* dargestellt ist. Dies hat natürlich auch Auswirkungen auf den Stärkeertrag in dt/ha. Dieser liegt bei den Prüfgliedern 2 und 5 bei beiden geprüften Sorten, aufgrund derer in diesen Prüfgliedern der Ertrag sowie der Stärkegehalt gestiegen oder unverändert geblieben sind, am höchsten. Bei der einmaligen Düngung mit KAS ist nur bei der Sorte Recrut eine leichte Reduzierung des Stärkeertrages zu verzeichnen, da hier der Stärkegehalt nicht gestiegen ist und deshalb der geringere Kornertrag nicht ausgeglichen werden konnte. Bei der Sorte Rasant gibt es aufgrund des höheren Stärkegehaltes keine Veränderung. Somit können bei der Produktion von Ethanol Roggen, die N-Düngung und die Anzahl der Überfahrten reduziert werden, um Kosten zu sparen, ohne dabei Ertrags- oder Qualitätsverluste befürchten zu müssen.

Tabelle 10 Kornertrag von Winterroggen in Abhängigkeit von der Höhe und Verteilung der N-Düngung

Prüf-glied	N-Düngung (kg/ha N)						Kornertrag (dt/ha)		
	Art	Bezeichn.	1a-Gabe	1b-Gabe	2. Gabe	gesamt	Recrut	Rasant	Mittel
1 (St.)	KAS	SBA	60	30	50	140	72,0	78,3	75,1
2	KAS	SBA -30	60	0	50	110	+ 1,3	+ 0,3	+ 0,8
3	KAS	SBA 2	60	0	80	140	- 2,4	- 4,6	- 3,5
4	KAS	SBA +30	60	30	80	170	- 2,1	- 4,0	- 3,0
5	Alzon	SBA	140	0	0	140	+ 1,0	+ 2,2	+ 1,6
6	KAS	SBA	140	0	0	140	- 0,3	- 1,1	- 0,7
GD ¹⁾							6,1	6,1	4,9

¹⁾ Grenzdifferenz (Tukey) $\alpha = 5\%$; Wechselwirkung Sorte x N-Düngung nicht signifikant

Quelle: BOESE L. 2007b

Tabelle 11 Stärkegehalt von Winterroggen in Abhängigkeit von der Höhe und Verteilung

Prüf-glied	N-Düngung (kg/ha N)						Stärkegehalt (% in TS)		
	Art	Bezeichn.	1a-Gabe	1b-Gabe	2. Gabe	gesamt	Recrut	Rasant	Mittel
1 (St.)	KAS	SBA	60	30	50	140	63,5	63,4	63,4
2	KAS	SBA -30	60	0	50	110	- 0,1	+ 1,1	+ 0,6
3	KAS	SBA 2	60	0	80	140	- 1,1	- 0,5	- 0,8
4	KAS	SBA +30	60	30	80	170	- 1,3	- 0,5	- 0,9
5	Alzon	SBA	140	0	0	140	+ 0,5	+ 1,4	+ 1,0
6	KAS	SBA	140	0	0	140	0,0	+ 0,9	+ 0,5
GD ¹⁾							1,2	1,2	0,9

¹⁾ Grenzdifferenz (Tukey) $\alpha = 5\%$; Wechselwirkung Sorte x N-Düngung nicht signifikant

Quelle: BOESE L. 2007b

Tabelle 12 Stärkeertrag von Winterroggen in Abhängigkeit von der Höhe und der Verteilung der N-Düngung

Prüf- glied	N-Düngung (kg/ha N)						Stärkeertrag (dt/ha)		
	Art	Bezeichn.	1a-Gabe	1b-Gabe	2. Gabe	gesamt	Recrut	Rasant	Mittel
1 (St.)	KAS	SBA	60	30	50	140	39,3	42,7	41,0
2	KAS	SBA -30	60	0	50	110	+ 0,7	+ 0,9	+ 0,8
3	KAS	SBA 2	60	0	80	140	- 2,0	- 2,8	- 2,4
4	KAS	SBA +30	60	30	80	170	- 1,9	- 2,5	- 2,2
5	Alzon	SBA	140	0	0	140	+ 0,9	+ 2,1	+ 1,5
6	KAS	SBA	140	0	0	140	- 0,2	0,0	- 0,1
GD ¹⁾							3,8	3,8	3,0

¹⁾ Grenzdifferenz (Tukey) $\alpha = 5\%$; Wechselwirkung Sorte x N-Düngung nicht signifikant

Quelle: BOESE L. 2007b

6 Diskussion

Der Saatzeitpunkt erwies sich beim Roggen als sehr wichtiger Faktor für die Ertragsbildung. So zeigten die Untersuchungen von BÖSE in den Jahren 2004 – 2007, dass mit einer erhöhten Startgabe im Frühjahr keine sicheren Mehrerträge zu erreichen sind. Es kann vermutet werden, dass dies auf eine fehlende Tiefendurchwurzelung zurückzuführen ist. Denn nach ENTRUP; SCHÄFER (2011) wird aus den Bestockungsknoten der Kron- bzw. Adventivwurzeln das sekundäre Wurzelsystem der Pflanze gebildet. Da dies hier erst im Frühjahr erfolgt, fehlt dem Wurzelsystem somit die nötige Zeit für eine tiefe Durchwurzelung des Bodens, was sich bei längeren Trockenperioden negativ auf die Wasser- und Nährstoffversorgung auswirkt. Ein weiterer Grund ist auch, dass die im Frühjahr angelegten Triebe nicht so viel Zeit zur Ährchenanlage zur Verfügung haben, bis das Doppelringstadium erreicht ist, wie die vor dem Winter angelegten Triebe.

Wie in *Tabelle 10* ersichtlich, führt eine Reduzierung der Düngung um 30 kg N gegenüber der SBA-Empfehlung zu einem leichten Ertragszuwachs. Mit 1,3 % bzw. 0,3 % gegenüber der Standard-Variante fallen diese Ergebnisse zu gering aus, um statistisch signifikant zu sein. Auch handelt es sich hierbei nur um eine einjährige Untersuchung und somit kann ein Wetter- oder Vorfruchtzusammenhang nicht ausgeschlossen werden. Ein zuverlässigeres Ergebnis liefert hier die Untersuchung von EULENSTEIN (2011) die über einen Zeitraum von drei Jahren reichte. Aus dieser wird ersichtlich, dass die Erträge von Jahr zu Jahr bei den unterschiedlichen N-Mengen, Düngern und Anzahl der Gaben sehr schwanken. Somit scheinen hier andere Faktoren, wie z. B. das Wetter, eine nicht unerhebliche Rolle zu spielen.

Bei dem Stärkegehalt, der in *Tabelle 11* dargestellt wird, zeigt sich bei der Untersuchung von EULENSTEIN (2011) ein ähnliches Ergebnis wie bei der Untersuchung von BÖSE (2007b). Eine Reduzierung der gesamten Düngermenge und der Anzahl der Gaben wirkt sich leicht positiv auf den Stärkegehalt aus, auch wenn hier die Ergebnisse ebenfalls nicht statistisch signifikant sind. Doch KRATZSCH (n.b.) hat in einer Untersuchung der Hochschule Anhalt (FH) Bernburg herausgefunden, dass zwischen dem Protein- und dem Stärkegehalt beim Winterroggen eine Korrelation von 0,72:1 besteht. somit führt eine Reduzierung des Proteingehaltes automatisch zu einer Erhöhung des Stärkegehaltes und umgekehrt.

Durch die in *Kapitel 5* nachgewiesenen höheren Stärkegehalte bei der reduzierten N-Düngung lässt sich auch indirekt auf ein höheres Hektolitergewicht schließen. Da das kg/hl und der Stärkegehalt wichtige Qualitätskriterien für die Brotroggen- bzw. Ethanolroggen-Produktion darstellen und die Fallzahl stark von Witterungseinflüssen abhängt, kann die N-Düngung von Winterroggen durchaus ein wenig gegenüber der allgemeinen Empfehlung gesenkt werden.

7 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der optimalen Düngestrategie für Winterroggen. Durch den starken Ausbau der Bioenergie – hier sind besonders das Biogas und die Ethanol-Herstellung zu nennen – hat die Anbaufläche von Roggen in den letzten Jahren wieder zugenommen. So wird auf die Standort- und Nährstoffansprüche sowie die Nutzungsmöglichkeiten des Winterroggens eingegangen. Da die unterschiedlichen Nutzungsrichtungen auch besondere Anforderungen an das Ausgangsmaterial stellen, sind die allgemein gültigen Düngeempfehlungen nicht uneingeschränkt zu empfehlen. So wurden in dieser Arbeit Versuche vorgestellt, in denen untersucht wurde, wie mit Hilfe der Düngung Einfluss auf die unterschiedlichen Anforderungen genommen werden kann. Hierbei stellte sich heraus, dass eine Reduzierung der gesamten N-Düngermenge gegenüber den allgemeinen Empfehlungen – der einmaligen Düngung mit einem stabilisierten N-Dünger wie Alzon oder der einmaligen N-Düngung mit KAS – stabile Erträge bei höheren Stärkegehalten liefert. Um wie viel sich der Ertrag und der Stärkegehalt erhöhen, hängt aber nicht nur von der Menge oder der Art des Düngers ab, sondern auch von der Sorte. Aus diesem Grund sollte bei der N-Düngung von Winterroggen lieber auf ein einige Kilogramm Dünger verzichtet werden, da hierdurch qualitative Vorteile zu erwarten sind.

8 Summary

The presented paper shows you the Optimum fertilization strategy for winter rye. The huge growing of biological energy, especially the producing of biogas and ethanol, increases the area, which is used for the cultivation of rye in the last years. This paper will show you the location claims and nutrient claims as well as the potential uses of winter rye. Because of the different use of the material in its feedstock it's not recommended to follow the instructions for fertilizer in general. This report will show you tests which examined the impact of fertilizer for the different uses and challenges. Here Turned out that a reduction of the entire N-fertilizer rate compared with the general recommendations, the One-fertilization with a stabilized nitrogen fertilizer as Alzon, or uniqueness of N fertilization with KAS provides stable returns with higher starch content. How much the benefit of content increases does not only depend on the quantity of the fertilizer even the kind. For this reason you should resign some kilograms of fertilizer for a better harvest and for some advantages in quantity and quality.

Literaturverzeichnis

BAYRISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ: Lernort Boden, Modul E: Die Erde die uns ernährt – Der Boden als Agrarstandort, URL: http://www.stmug.bayern.de/umwelt/boden/lernort_boden/index.htm (Stand 28.08.2012).

BOESE L. (2004): Versuchsbericht Winterroggen „Picasso“ N-Düngung Bestandsführung 1. N-Gabe, Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt, URL: <http://www.sachsen-anhalt.de/index.php?id=38263> (Stand 16.06.2012).

BOESE L. (2005): Versuchsbericht Winterroggen „Picasso“ N-Düngung Bestandsführung 1. N-Gabe, Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt, URL: <http://www.sachsen-anhalt.de/index.php?id=38263> (Stand 16.06.2012).

BOESE L.(2006): Versuchsbericht Winterroggen „Picasso“ N-Düngung Bestandsführung 1. N-Gabe, Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt, URL: <http://www.sachsen-anhalt.de/index.php?id=38263> (Stand 16.06.2012).

BOESE L. (2007a): Versuchsbericht Winterroggen „Picasso“ N-Düngung Bestandsführung 1. N-Gabe, Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt, URL: <http://www.sachsen-anhalt.de/index.php?id=38263> (Stand 16.06.2012).

BOESE L. (2007b): Versuchsbericht Winterroggen N-Düngung Sorte, Stärkeertrag, Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt, URL: <http://www.sachsen-anhalt.de/index.php?id=38263> (Stand 16.06.2012).

DE VRIES G.; ELLMER F.; BAUMECKER M.; HANFF H.; ADAM L.; LEHRKE U.; HEILMANN H.; LEHMANN E.; und SCHINDLER M. (2006): Roggen Anbau und Vermarktung, Hannover und Bergen, URL: <http://de.search.yahoo.com/search?p=Roggenbrosch%C3%BCre&ei=UTF-8&fr=moz35> (Stand 26.11.2011).

ENTRUP N.; SCHÄFER B. (2011): Lehrbuch des Pflanzenbaus Band 2: Kulturpflanzen, 3. Auflage, AgroConcept Bonn.

EULENSTEIN F. (2011): Optimierung der Ethanolproduktion aus Getreide, URL: <z2.zalf.de/oa/df3adec0-b530-4093-b5f3-c6f932a34c4a.pdf> (Stand 18.10.2012).

EUROCHEM AGRO: ENTEC® – Der stabilisierte Mineraldünger für optimale Stickstoffeffizienz, URL: <http://www.ks-nitrogen.com/dede/produkte/entec/> (Stand 24.08.2012).

FARACK M.; DEGNER J.; JENTSCH U.; GÖTZ R.; ZORN W.; PAUL R. und SCHWABE I. (2009): Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Winterroggen, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, 6. Auflage, URL: http://www.tll.de/ainfo/pdf/ll_wro.pdf (Stand 03.04.2012).

KNITEL H.; ALBERT E.; EBERTSEDER T. (2012): Praxishandbuch Dünger und Düngung, 2. Auflage, AgriMedia Verlag Clenze.

KRATZSCH G. (n.B.): Erzeugung von Getreide als Rohstoff für die Ethanolproduktion, URL: http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCQOFjAA&url=http%3A%2F%2Fisa-st23.sachsen-anhalt.de%2Fllg%2Finfothek%2Fdokumente%2Fbab_4_04_kratzsch.pdf&ei=jKeHUJvEGYjftAa0_4DYCg&usq=AFQjCNEIQIwMkUO7GgkrtKTxA38itlqX3A&cad=rja (Stand 18.9.2012).

KWS LOCHOW: Hybridroggen als Biogaslieferant, 2012, URL: <http://www.kws-lochow.de/prospekt-download.html> (Stand 10.09.2012).

LWK NIEDERSACHSEN (2012): Pflanzenbau und Pflanzenschutz Empfehlungen 2012, Hannover, Albrecht Druck GmbH & Co. KG.

LWK NORDREIN-WESTFALEN (2012): Fruchtfolge Ratgeber 2012, URL: <http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/fruchtfolge/index.htm> (Stand 12.05.1012).

MIEDANER T. (1997): Roggen Vom Unkraut zur Volksnahrung, Frankfurt am Main, DLG-Verlag.

RAIFFEISEN WAREN ZENTRALE: N – Düngung Getreide, URL: www.rwz.de/fileadmin/files/pflanzen/.../n-duengung_getreide.pdf (Stand 24.06.2012).

SCHILLING G. (2000): Pflanzenernährung und Düngung, Stuttgart, Eugen Ulmer Verlag.

SKW STICKSTOFFWERKE PIESTERITZ (2012a): ALZON® 46 Der stabilisierte Stickstoffdünger, URL: http://www.skwp.de/deutsch/main-nav/produkte/agrochemie/alzon%C2%AE_46.htm (Stand 24.08.2012).

SKW STICKSTOFFWERKE PIESTERITZ (2012b): ALZON® 46 Wirkprinzip, URL: http://www.skwp.de/deutsch/main-nav/produkte/agrochemie/alzon%C2%AE_46/wirkprinzip.htm (Stand 24.08.2012).

STICKSEL E.; SALZEDER G.; EDER J.; AIGNER A. (2009): Grünroggen für die Biogasanlage, Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft, URL: www.biogas-forum-bayern.de/.../Gruenroggen.fuer.die.Biogasanlage.pdf (Stand 21.05.2012).

STÖLKEN B.; MICHEL V.; PIENZ G. (n.b): Bioenergie aus der Landwirtschaft ein neue Herausforderung an das regionale Sortenwesen URL: [www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/Sorten/Beitraege/Aktuelle_Praesentationen_\(Vortraege\)_und_Beitraege_aus_dem_Sortenwesen/Ethanolgetreide/Beitrag_Ethanol.pdf](http://www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/Sorten/Beitraege/Aktuelle_Praesentationen_(Vortraege)_und_Beitraege_aus_dem_Sortenwesen/Ethanolgetreide/Beitrag_Ethanol.pdf) (Stand 27.08.2012).

YARA GMBH & CO KG: N – Effizienz Umsetzungs – Geschwindigkeit, URL: <http://www.effizientduengen.de/files/umsetzung.php> (Stand 24.08.2012).

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Ich bin damit einverstanden, dass meine Bachelorarbeit in der Hochschulbibliothek eingestellt wird.

Stephan Renner, Neubrandenburg, den 24.10.2012

(Unterschrift)