
Kurzbericht der Versuche aus 2017



Grundwasserschutzorientierte Landbewirtschaftung

Landwirtschaftskammer
Niedersachsen

Inhalt

1.	Einleitung	2
1.1.	Witterung im Versuchsjahr 2017	3
2.	Versuche mit Sickerwasseruntersuchungen	5
2.1.	Wasserschutzversuch Hamerstorf - Grundwasserschutzorientierte Gestaltung der Fruchtfolge und grundwasserschutzorientierte N-Düngung (643)	7
2.2.	Versuchsstandort Thülsfelde - Grundwasserschutzorientierte Gestaltung der Fruchtfolge und N-Düngung (644)	9
2.3.	Versuchsstandort Wehnen – Grundwasserschutz durch Zwischenfruchtanbau (645)	11
2.4.	Versuchsstandort Wehnen - Grundwasserschutzorientierte organische Düngung (649)	14
3.	Mehrfährige Feldversuche zur N-Düngung & N-Dynamik im Boden	16
3.1.	Vergleich von N-Düngestrategien im Silomaisanbau (648)	16
3.1.	N-Düngung im Maisanbau auf humusreichen Standorten (916)	19
3.2.	Regionalspezifische Strategien zur grundwasserschutzorientierten N-Düngung im Winterweizen (612)	21
3.3.	Einfluss organischer N-Düngung auf Wintergerste (421)	24
3.4.	Einfluss der N-Düngung und Beregnung auf Sommergerste (227)	26
3.5.	Festmistdüngung zu Wintergerste (461)	28
3.6.	Einfluss organischer N-Düngung auf Winterroggen (401)	30
3.7.	Auswirkungen der Stickstoffdüngung auf Winterraps (653)	32

1. Einleitung

Im Rahmen der landesweiten Aufgaben im kooperativen Trinkwasserschutz (§ 28 NWG) führt die Landwirtschaftskammer Niedersachsen Versuche zur grundwasserschutzorientierten Landbewirtschaftung durch. Das Niedersächsische Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz und der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) stellen dabei die Finanzierung aus der Wasserentnahmegebühr zur Verfügung.

Ziel der Versuche ist es, Maßnahmen zur Vermeidung von Nitrateinträgen in das Grundwasser zu untersuchen und weiterzuentwickeln. Zusätzlich erfolgen Sickerwasseruntersuchungen an drei Standorten in Thülsfelde, Wehnen und Hamerstorf durch das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) [Abbildung 2].

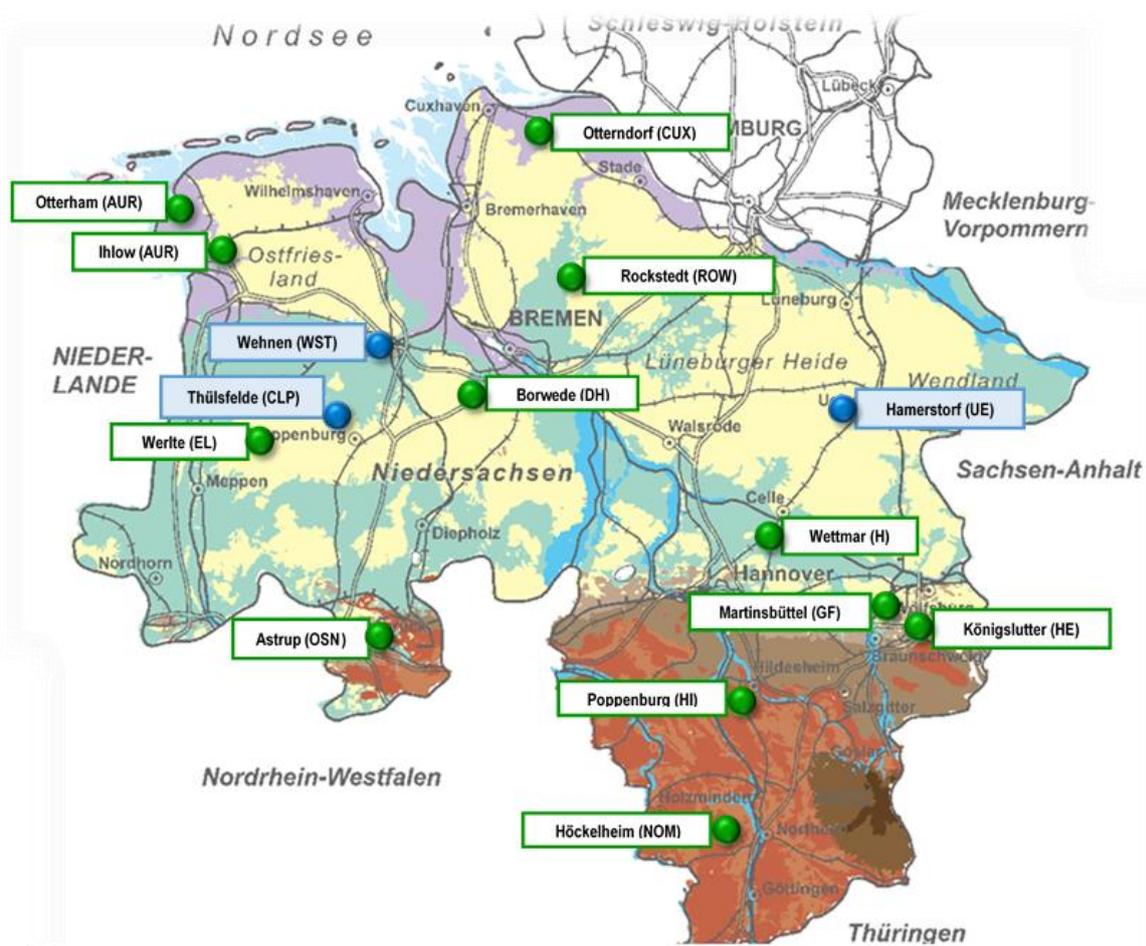


Abbildung 1: Lage der Versuchsstandorte der Wasserschutzversuche nach Boden-Klima-Raum (BKR) in Niedersachsen 2017

Je nach Versuchsfrage werden an allen Standorten [Abbildung 1] die Auswirkungen der Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die N-Dynamik im Boden, N-Bilanzen, Erträge und Qualitätsparameter untersucht. Der Versuchsbericht beinhaltet neben den Wasserschutzversuchen auch Ergebnisse aus Feldver-

suchen anderer pflanzenbaulicher Maßnahmen. Bei der Auswahl der Versuchsstandorte werden die verschiedenen Anbauverhältnisse und die Auswaschungsgefährdung in Niedersachsen bestmöglich berücksichtigt. Daher werden an drei Standorten in vier Anlagen Sickerwasseruntersuchungen durchgeführt.

Versuche mit Sickerwasseruntersuchungen		
Hamerstorf	Thülsfelde	Wehnen
<ul style="list-style-type: none"> Verbesserung der Sickerwasserqualität durch grundwasserschutzorientierte Gestaltung der Fruchtfolge 	<ul style="list-style-type: none"> Auswirkungen unterschiedlicher Fruchtfolgen und reduzierter und überhöhter N-Düngung auf die Nitratkonzentration im Sickerwasser 	<ul style="list-style-type: none"> Reduzierung der Nitratkonzentration im Sickerwasser durch Zwischenfruchtanbau
		<ul style="list-style-type: none"> Grundwasserschutzorientierte organische Düngung



Abbildung 2: Standorte mit N_{min} -Probenahme und Erfassung der Nitratkonzentration im Sickerwasser (LBEG)

1.1. Witterung im Versuchsjahr 2017

Das Bewirtschaftungsjahr 2017 war durch große Niederschlagsmengen gekennzeichnet. Vielerorts waren die Böden zur Ernte teils wassergesättigt, dass es zu Ernteproblemen und –ausfällen kam. An einigen Standorten in Niedersachsen fielen teilweise bis zu doppelte Niederschlagsmengen im Vergleich zum langjährigen Mittel. Eine Übersicht der Niederschlagsmengen einiger Versuchsstandorte sind in *Abbildung 3* dargestellt.

An fast allen Standorten war bereits vor der Ernte vertikaler Wassertransport und damit eine Stickstoffverlagerung zu verzeichnen. Diese Besonderheit ist bei der Betrachtung der Versuchsergebnisse unbedingt zu berücksichtigen.

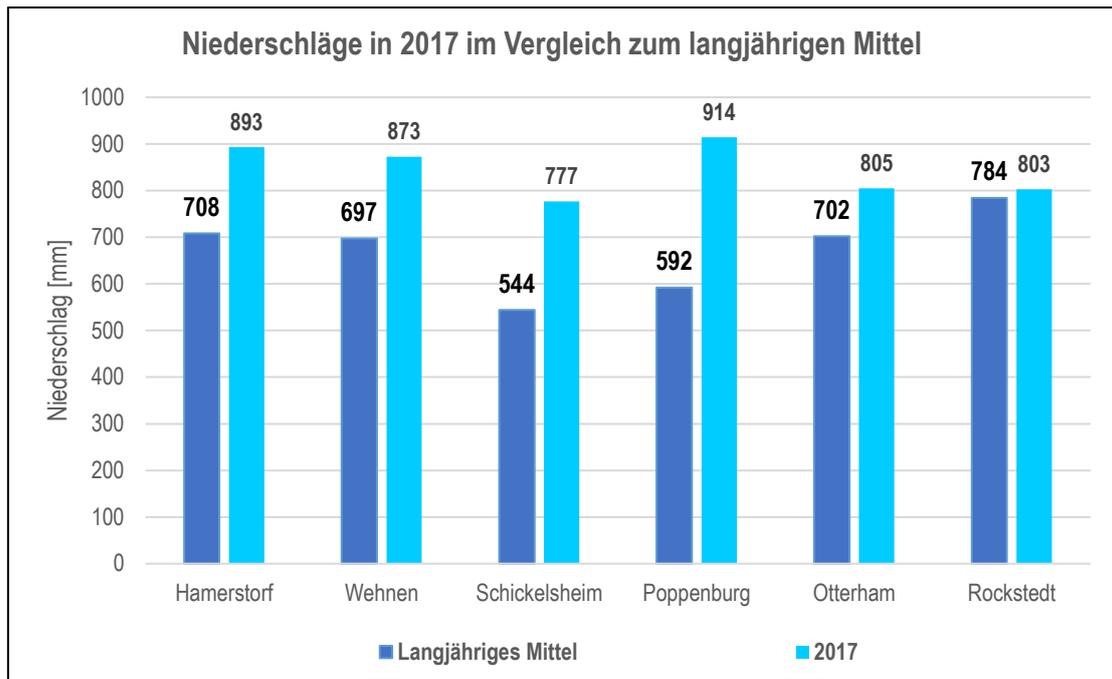


Abbildung 3: Niederschlagsmengen in 2017 im Vergleich zum langjährigen Mittel

2. Versuche mit Sickerwasseruntersuchungen

Die Versuche mit Sickerwasseruntersuchungen werden an vier Standorten in Hamerstorf, Thülsfelde und Wehnen durchgeführt [Abbildung 2]. Das LBEG erfasst dabei die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser, ergänzend dazu untersucht die Landwirtschaftskammer Niedersachsen den mineralischen Stickstoffgehalt des Bodens (N_{\min}) in den verschiedenen N-Düngungsvarianten.

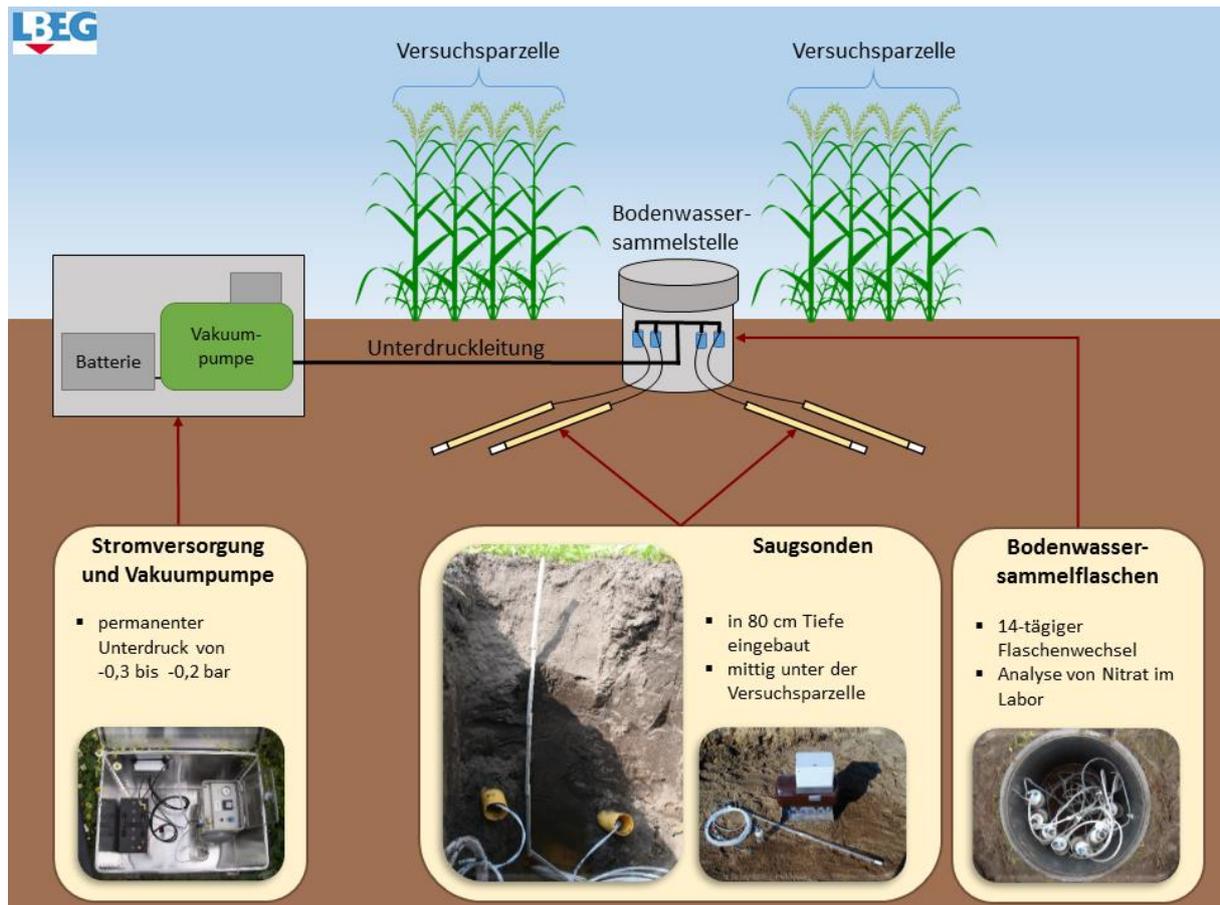


Abbildung 4: Beispielhafter Aufbau der Sickerwasseranlagen [Affelt, LBEG]

Die Untersuchungen geben Auskunft über den Einfluss der Bewirtschaftungsmaßnahmen, insbesondere zu den Auswirkungen unterschiedlicher Stickstoffdüngermengen auf den Nitratgehalt im Sickerwasser. Dabei wird mit Hilfe von Saugsonden dem Boden durch Unterdruck, erzeugt durch eine installierte Unterdruckpumpe, Sickerwasser entzogen [Abbildung 4]. Das Sickerwasser wird während der Sickerwasserperiode in den Sammelflaschen aufgefangen und anschließend auf Nitrat analysiert.

Die Versuche mit begleitenden Sickerwasseruntersuchungen ermöglichen, neben der Untersuchung der N-Dynamik im Boden, auch die Beurteilung der damit zusammenhängenden Nitratkonzentration im Sickerwasser und der Nitratfrachten während der Grundwasserneubildung in den einzelnen Varianten. Die Auswertung der langjährigen Versuchsergebnisse aus Thülsfelde (LK Cloppenburg) und Wehnen (LK Ammerland) zeigt einen engen Zusammenhang zwischen den Reststickstoffgehalten im Herbst im

Boden und der Nitratkonzentration im Sickerwasser während der Sickerwasserperiode [Abbildung 5]. Mit Hilfe der langjährigen Ergebnisse auf diesen leichten, auswaschungsgefährdeten Standorten kann die Aussage, dass hohe N_{min} -Gehalte auch zu hohen Nitratkonzentrationen im Sickerwasser führen, getroffen werden.

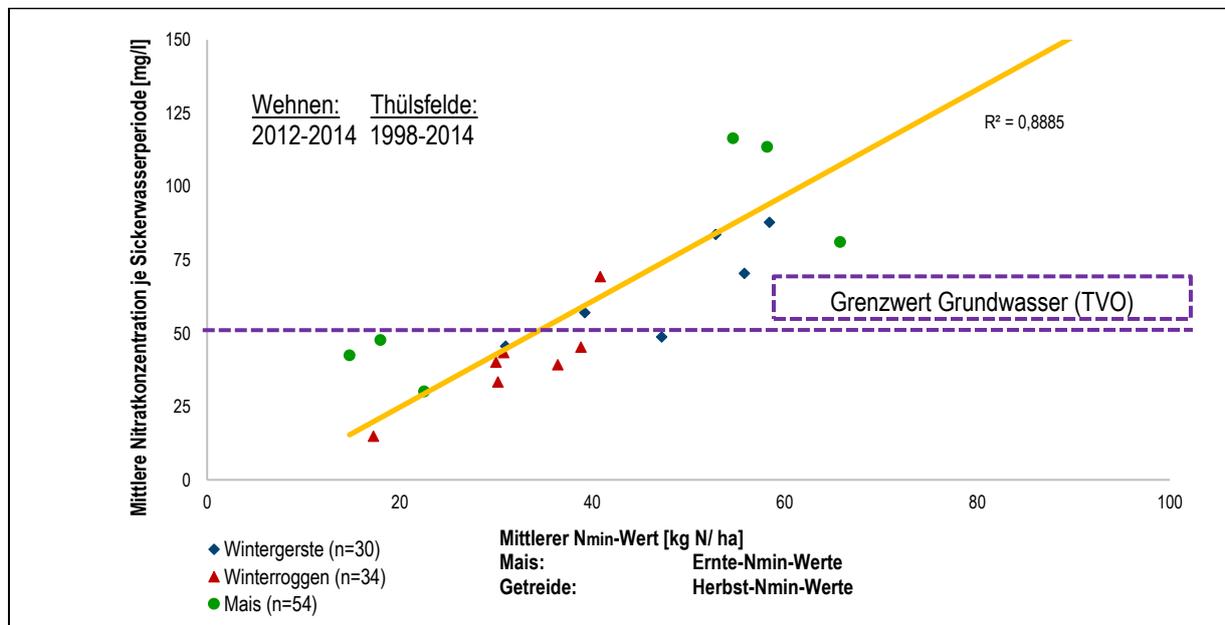


Abbildung 5: Zusammenhang zwischen N_{min} -Werten und Nitratkonzentration während der Sickerwasserperiode

Um auch belastbare Daten zu komplexen Fragestellungen, wie beispielsweise den Auswirkungen grundwasserschutzorientierter Fruchtfolgegestaltung oder langjährig reduzierter Stickstoffdüngung erfassen zu können, werden die Versuche mit ergänzenden Sickerwasseruntersuchungen mit einer Laufzeit von möglichst mehr als 10 Jahren angelegt.

Die Sickerwasseruntersuchungen leisten zusätzlich zu ihrem wissenschaftlichen Wert einen Beitrag zur Etablierung des Erfolgsparameters geringer Nitratgehalte im Sickerwasser. Durch Besichtigungen und Diskussionen rund um die Ergebnisse aus den Versuchsfeldern und Sickerwasseranlagen wird der direkte Einfluss der Bewirtschaftung, insbesondere der Stickstoffdüngung, auf die Nitratauswaschung aufgezeigt und der Beratung zur Verfügung gestellt.

2.1. Wasserschutzversuch Hamerstorf - Grundwasserschutzorientierte Gestaltung der Fruchtfolge und grundwasserschutzorientierte N-Düngung (643)

Versuchsfragen:

- Welchen Einfluss haben die N-Düngung und die Fruchtfolgegestaltung auf die **Nitratkonzentration im Sickerwasser**?
- Wie wirken sich die Höhe der N-Düngung und die Fruchtfolgegestaltung auf die **N-Dynamik im Boden, Erträge und Qualitätsparameter** aus?
- Wie kann die Sickerwasserqualität durch eine **grundwasserschutzorientierte Gestaltung der Fruchtfolge** und eine Anpassung der N-Düngung verbessert werden?

Versuchsaufbau und Durchführung

- Seit 1995 gibt es den Versuch im LK Uelzen, bis 2013 auf einer Versuchsfläche in Hohenzethen, seit 2014 ist dieser in Hamerstorf angelegt.
- Dabei geht es um die Auswirkungen der Fruchtfolgegestaltung, als auch um die Untersuchung des Einflusses der Höhe und Form der N-Düngung. In weiteren Varianten, ergänzend zu den festen mineralischen N-Steigerungsstufen wird die standortspezifische N-Mineraldüngeräquivalente bei organischer Düngung untersucht.
- Ziel ist es, die Auswirkungen einer grundwasserschutzorientierten Fruchtfolge und einer angepassten N-Düngung im Vergleich zu einer konventionellen Fruchtfolge zu untersuchen und Empfehlungen für die Beratung herzuleiten und die N-Effizienz zu beurteilen.

Jahr	Fruchtart	
	Konventionelle Fruchtfolge	Grundwasserschutzorientierte Fruchtfolge
2014	Kartoffel	Kartoffel
2015	Winterroggen	Winterroggen GPS (reduzierte Aussaatstärke und Untersaat)
2016	Silomais	Grasuntersaat mit Beerntung, anschl. Silomais mit Grasuntersaat
2017	Braugerste	Braugerste + Zwischenfrucht
2018	Kartoffel	Frühe Kartoffelsorte + Zwischenfrucht

Zusammenfassung

Welchen Einfluss haben die N-Düngung und die Fruchtfolgegestaltung auf die Nitratkonzentration im Sickerwasser?

Die N_{\min} -Werte am Versuchsstandort in Hamerstorf von der Sommergerste liegen zu allen beprobten Terminen im Frühjahr, nach der Ernte und im Herbst im Versuchsjahr 2017 einheitlich auf einem relativ niedrigen Niveau zwischen 9 und 28 kg N_{\min} /ha. Vom Zeitpunkt der Ernte bis zum Probenahmetermin im Herbst nehmen die N_{\min} -Werte leicht ab und zeigen damit einen Erfolg der Zwischenfrucht auf.

Liegen die N_{\min} -Werte im Jahresverlauf in fast allen Monaten auf einem niedrigen Niveau, ist die Wirkung des Düngeraufwandes und der Beginn der N-Mineralisierung durch den Boden im N_{\min} -Wert im April und Mai deutlich erkennbar.

Inwieweit ggfs. eine Auswaschung in dem sehr regenreichen Versuchsjahr 2017 erfolgte, kann über die Untersuchungen des Sickerwassers durch das LBEG verifiziert werden. Die Ergebnisse der entsprechenden Sickerwasseruntersuchungen werden in einem gesonderten Bericht veröffentlicht (www.lwk-niedersachsen.de webcode: 01031393).

Wie kann die Sickerwasserqualität durch eine grundwasserschutzorientierte Gestaltung der Fruchtfolge und eine Anpassung der N-Düngung verbessert werden?

Bei der Gestaltung der Fruchtfolge am auswaschungsgefährdeten Standort in Hamerstorf wirkt sich vor allem eine ganzjährige Begrünung der Fläche positiv aus. Aufgrund regionalbedingt nur geringer Niederschlagsmengen im Spätsommer/Herbst ist es schwierig, einen guten Zwischenfruchtaufwuchs zu etablieren. Die Erträge zeigen, dass es in 2017 keinen Unterschied zwischen der grundwasserschutzorientierten und der konventionellen Fruchtfolge gab.

Wie wirken sich die Höhe der N-Düngung und die Fruchtfolgegestaltung auf die N-Dynamik im Boden, Erträge und Qualitätsparameter aus?

In den N-Düngungsvarianten bis 100 kg N/ha sind die Bilanzsalden beider Fruchtfolgen negativ bzw. neutral. In der grundwasserschutzorientierten Fruchtfolge variieren die Salden zwischen -36 kg N/ha in der ungedüngten und plus 126 kg N/ha in der deutlich überdüngten (250 kg N/ha) Variante. Insgesamt liegen die N-Bilanzen auf einem für Getreide typischen Niveau, es wird anhand der N-Bilanzen die Wirkung der N-Düngung deutlich. Es zeigt sich, dass es bei den ungedüngten Parzellen beider Fruchtfolgestrategien zu negativen N-Bilanzsalden kommt. In den mit über 200 kg N/ha gedüngten Varianten ist ein deutlicher N-Überschuss zu verzeichnen. In der Tendenz weist die grundwasserschutzorientierte Fruchtfolge bessere N-Salden auf.

Zu beachten ist am Standort in Hamerstorf die Beregnung, die in den meisten Versuchsjahren zu abgesicherten hohen Entzügen führt. Im Versuchsjahr 2017 allerdings wurde lediglich an zwei Terminen beregnet, da in den Sommermonaten ausreichend Niederschlag gefallen ist.

Um differenzierte Aussagen in Bezug auf den Vergleich der beiden Fruchtfolgestrategien treffen zu können, sind weitere Versuchsjahre sowie zusätzlich die betriebswirtschaftliche Bewertung notwendig.

2.2. Versuchsstandort Thülsfelde - Grundwasserschutzorientierte Gestaltung der Fruchtfolge und N-Düngung (644)

Versuchsfragen

- Welchen Einfluss hat die Höhe der **N-Düngung** auf die **Nitratkonzentration im Sickerwasser**?
- Wie wirken sich **reduzierte und überhöhte N-Düngung** auf Sickerwasserqualität, N-Dynamik im Boden, Erträge und Qualitätsparameter aus?
- Welchen Einfluss hat die **Fruchtfolge** auf die Stickstoffdynamik im Boden?

Versuchsaufbau und Durchführung

- Die Versuchsfläche am Standort in Thülsfelde ist in drei Teilflächen (a, b und c) mit unterschiedlichen Fruchtfolgen untergliedert. Dies ermöglicht den Vergleich über die Auswirkungen der Fruchtfolge auf die Versuchsparameter. Der Versuch ist als einfaktorielle Blockanlage mit vier Wiederholungen angelegt.

Jahr	Fruchtart		
	a	b	c
	Fruchtfolge Sickerwasseranlage	Konventionelle Fruchtfolge	Grundwasserschutz-orientierte Fruchtfolge
2009	Winterroggen + ZF Winterrübsen	Silomais (Normalsaat 75 cm)	Winterroggen + ZF Senf
2010	Winterroggen + ZF Senf	Winterroggen	Sommergerste + ZF Senf
2011	Silomais (Engsaat, 37,5 cm)	Silomais (Normalsaat 75 cm)	Silomais (Engsaat, 37,5 cm)
2012	Sommergerste + ZF Winterrübsen	Silomais (Normalsaat 75 cm)	Winterroggen + ZF Senf
2013	Winterroggen + ZF Senf	Winterroggen	Sommergerste
2014	Silomais (Engsaat 37,5 cm)	Silomais (Normalsaat 75 cm)	Silomais (Engsaat 37,5 cm)
2015	Winterroggen	Winterroggen	Winterroggen
2016	Wintergerste + ZF Senf/ Ölrettich	Silomais (Normalsaat 75 cm)	Sommergerste + ZF Senf/ Ölrettich
2017	Silomais (Engsaat, 37,5 cm)	Silomais (Normalsaat 75 cm)	Silomais (Engsaat, 37,5 cm)
2018	Winterroggen + ZF Senf/Ölrettich	Winterroggen	Winterroggen + ZF Senf/Ölrettich

Zusammenfassung

Welchen Einfluss hat die Höhe der N-Düngung auf die Nitratkonzentration im Sickerwasser?

Insgesamt lagen die N_{\min} -Werte in allen N-Düngungsvarianten im Jahresverlauf zu Silomais auf einem kulturtypischen Niveau zwischen 24 und 32 kg N_{\min} /ha. Nur innerhalb der Vegetationsperiode gab es Schwankungen, sodass der N_{\min} -Gehalt im Boden im Mai bis Juli anstieg. Bei einer N-Düngung über den N-Bedarfswert hinaus, stiegen auch die Reststickstoffgehalte nach der Ernte deutlich an. Dies bestätigt die langjährigen Ergebnisse, dass eine Überdüngung zum deutlichen Anstieg der auswaschungsgefährdeten Reststickstoffgehalte im Boden führt. Von der Ernte bis zum Herbsttermin kam es teilweise zu einem Anstieg, was auf eine mögliche Nachmineralisation zurückzuführen ist. Für genauere Aussagen zu einer ggfs. stattgefundenen Verlagerung bleiben die Sickerwasseruntersuchungen durch das LBEG abzuwarten.

Bei der Beurteilung der Ergebnisse der N_{\min} -Untersuchungen am Versuchsstandort Thülsfelde muss berücksichtigt werden, dass es sich hier um einen statischen Langzeitversuch handelt, der an diesem Standort bereits seit 1995 mit gleicher N-Düngung der einzelnen Parzellen durchgeführt wird. Auf der Null-N-Düngungsvarianten kommt es Aushagerungseffekten.

Wie wirken sich reduzierte und überhöhte N-Düngung auf Sickerwasserqualität, N-Dynamik im Boden, Erträge und Qualitätsparameter aus?

Die Erträge vom Silomais in 2017 nehmen mit zunehmender Düngung in der N-Staffel zu. Ab einer Düngung von 150 kg N/ha zu Silomais blieben die Erträge auf ähnlichem Niveau. In allen ungedüngten Varianten waren Ertragseinbußen gegenüber den nach N-Bedarfswert gedüngten Varianten zu vermerken. Insgesamt waren die Erträge in den Fruchtfolgen mit Engsaat etwas höher als in der Normalsaat, was auf die Anzahl der vorhandenen Pflanzen zurückzuführen ist. Die relativen Erträge bei unterschiedlicher N-Düngung unter Silomais zeigen, dass infolge der Aushagerung auf der ungedüngten Parzelle in den Anfangsjahren noch 70% seit 2017 allerdings nur noch 50% des Ertrags erreicht werden konnten. Am Standort in Thülsfelde bestätigte sich, dass bei einer N-Düngung über dem N-Sollwert die N_{\min} -Werte überproportional zunahm bei einem nur sehr geringen Ertragszuwachs.

Die N-Bilanzen lagen typisch für Silomais in vielen Varianten im negativen Bereich, sodass es folglich zu deutlichen Entzügen kam. Lediglich in der konventionellen Fruchtfolge mit Silomais in Normalsaat waren positive Bilanzen in der nach Sollwert und der mit 250 kg N/ha gedüngten Variante zu verzeichnen. Die N-Salden in den überdüngten Varianten waren weniger negativ. Anhand der negativen N-Bilanzen in den gering gedüngten Varianten wird deutlich, dass der Silomais neben der N-Düngung vor allem die bodenbürtige N-Nachlieferung nutzen konnte.

Wie sich die Reststickstoffgehalte auf die Nitrat auswaschung in das Grundwasser auswirken, wird durch die ergänzenden Sickerwasseruntersuchungen auf dieser Teilfläche erfasst. Die Ergebnisse werden jeweils am Ende der Sickerwasserperiode durch das LBEG ausgewertet und in einem separaten Bericht veröffentlicht (www.lwk-niedersachsen.de).

2.3. Versuchsstandort Wehnen – Grundwasserschutz durch Zwischenfruchtanbau (645)

Versuchsfragen

- Welche Auswirkungen hat die **Höhe der N-Düngung zur Zwischenfrucht** und die **Höhe der N-Düngung zur nachfolgenden Hauptfrucht** auf die Nitratkonzentration im Sickerwasser?
- Wie viel **Stickstoff** wird **im Herbst** von den Zwischenfrüchten **aufgenommen** und wie viel **Stickstoff** wird **während der Sickerwasserperiode** konserviert?
- Wie viel des von der Zwischenfrucht aufgenommenen Stickstoffs steht der nachfolgenden Hauptfrucht in den Folgejahren zur Verfügung?

Grundwasserschutz durch Zwischenfruchtanbau

- Am Standort in Wehnen werden seit 2012 Versuche zum Anbau von Zwischenfrüchten durchgeführt. Der Zwischenfruchtanbau ist vielfältig und erfüllt viele pflanzenbauliche Ziele und Umweltaspekte.
- Im Versuch in Wehnen werden folgende Parameter untersucht:
 - 1) Stickstoffaufnahme und –nachlieferung durch die Zwischenfrucht
 - 2) Auswirkungen des Zwischenfruchtanbaus auf die Nitratkonzentration im Sickerwasser
 - 3) Auswirkungen auf die Stickstoffdynamik im Boden
- Zusätzlich werden die Auswirkungen der verschiedenen Zwischenfruchtvarianten auf den N-Düngebedarf der nachfolgenden Hauptkultur Silomais anhand einer festen N-Düngestaffel untersucht.

Zwischenfruchtversuch in Wehnen (Versuchsnummer 645)		
	Block 1	Block 2
2016		
Winterroggen einheitlich nach Sollwert gedüngt	Zwischenfrucht vier Varianten: <ul style="list-style-type: none"> • Keine Zwischenfrucht • Ölrettich ungedüngt • Ölrettich mineralisch gedüngt 60 kg N • Ölrettich organisch gedüngt 60 kg Gesamt-N 	Silomais N-Düngestaffel; sechs Varianten <ul style="list-style-type: none"> • Ohne N-Düngung • 60 kg N/ha • 120 kg N/ha • 180 kg N/ha • 240 kg N/ha • 300 kg N/ha
2017		
Silomais N-Düngestaffel; sechs Varianten <ul style="list-style-type: none"> • Ohne N-Düngung • 60 kg N/ha • 120 kg N/ha • 180 kg N/ha • 240 kg N/ha • 300 kg N/ha 	Winterroggen einheitlich nach Sollwert gedüngt	Zwischenfrucht vier Varianten: <ul style="list-style-type: none"> • Keine Zwischenfrucht • Senf-Ölrettich ungedüngt • Winterharte Winterraps, Rübsen, Markstammkohl-Mischung ungedüngt • Senf-Ölrettich organisch gedüngt 60 kg Gesamt-N
2018		
Winterroggen einheitlich nach Düngebedarf gedüngt	Zwischenfrucht vier Varianten: <ul style="list-style-type: none"> • Keine Zwischenfrucht • Senf-Ölrettich ungedüngt • Winterharte Winterraps, Rübsen, Markstammkohl-Mischung ungedüngt • Senf-Ölrettich organisch gedüngt 60 kg Gesamt-N 	Silomais N-Düngestaffel; sechs Varianten <ul style="list-style-type: none"> • Ohne N-Düngung • 60 kg N/ha • 120 kg N/ha • 180 kg N/ha • 240 kg N/ha • 300 kg N/ha

Zusammenfassung

Welche Auswirkungen haben Art und Höhe der N-Düngung zur Zwischenfrucht und die Höhe der N-Düngung zur nachfolgenden Hauptfrucht auf die Nitratkonzentration im Sickerwasser?

Die Ernte- und Herbst- N_{\min} -Werte in 2017 nach Winterroggen und den unterschiedlichen Varianten zur vorangegangenen Zwischenfrucht zu Silomais sind sehr niedrig. Dabei ist aufgrund des sehr regenreichen Sommers kein wesentlicher Unterschied zwischen den Zwischenfrucht-Varianten zu erkennen. Die Versuchsergebnisse der vorherigen Versuchsjahre (2012 bis 2016) zeigen allerdings, dass eine Zwischenfrucht am Standort in Wehnen unabhängig von der N-Düngung die Reststickstoffgehalte im Boden nach der Ernte reduziert.

Eine N-Düngung zu Mais mit mehr als 180 kg N/ha führte in 2017 in allen Varianten ob mit oder ohne Zwischenfrucht zu einem Anstieg der N_{\min} -Werte im Herbst. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die N-Bedarfswertdüngung zu Mais in Wehnen bestätigt. Eine N-Düngung oberhalb der N-Düngeempfehlung führt am Standort in Wehnen zur Zunahme der auswaschungsgefährdeten Reststickstoffgehalte im Herbst im Boden.

Die Auswirkungen der Zwischenfrucht und der N-Düngung zur Zwischenfrucht auf die Nitratkonzentration im Sickerwasser und die Nitratfrachten sind durch das LBEG in einem gesonderten Bericht veröffentlicht. Die Ergebnisse aus den ersten Sickerwasserperioden zeigen, dass neben der N-Düngung vor allem der Aussattermin der Zwischenfrucht und der Witterungsverlauf einen wesentlichen Einfluss auf die N-Aufnahme und die Höhe der Nitratauswaschung haben. Nach dem Versuchsjahr 2018 ist ein Kurzbericht zur Auswertung der Versuchsjahre 2012 – 2018 geplant.

Wie viel Stickstoff wird im Herbst von den Zwischenfrüchten aufgenommen und wie viel Stickstoff wird während der Sickerwasserperiode konserviert?

Die N-Bilanzen vom Silomais zeigen deutlich negative Bilanzsalden auf. Lediglich in der mit 300 kg N/ha gedüngten Variante ist immer ein N-Überschuss zu verzeichnen. Mais kann sowohl den Stickstoff aus dem Boden als auch aus der Düngung gut verwerten, daher reagiert er bei unterschiedlichen N-Düngungshöhen mit nur geringen Ertragsschwankungen. Zudem kann Mais einen großen Anteil seines N-Bedarfes aus dem Bodenvorrat decken. Gibt es zusätzlich eine vorangegangene Zwischenfrucht beim Mais, ist entsprechend das N-Angebot größer. Auch auf organisch gedüngten Böden ist die N-Nachlieferung größer. Daher muss beim Mais die N-Nachlieferung aus der Vorfrucht und der organischen Düngung berücksichtigt werden, um nach der Ernte hohe Rest- N_{\min} -Gehalte zu vermeiden.

Wie bereits in den Vorjahren nahm der oberirdische Aufwuchs der gedüngten Zwischenfrucht mehr Stickstoff auf, als die ungedüngte Zwischenfrucht. Allerdings ist die gesamte mineralisch gedüngte N-Menge von 60 kg N/ha nicht vollständig in der oberirdischen N-Aufnahme der Zwischenfrucht wiederzufinden. Zudem wird anhand der N-Nachlieferung deutlich, dass nicht die gesamte zur Zwischenfrucht gedüngte N-Menge an die nachfolgende Frucht Silomais im direkten Folgejahr freigegeben wird. Die ungedüngte Zwischenfrucht liefert im Vergleich geringere Anteile an Stickstoff nach.

Mit einer gut entwickelten Zwischenfrucht lassen sich die positiven Effekte des Zwischenfruchtanbaus eher erreichen. Dabei wird aus den Versuchsergebnissen am Standort in Wehnen deutlich, dass eine Zwischenfrucht die auswaschungsgefährdeten Reststickstoffgehalte im Herbst reduzieren kann. Zudem ist der Effekt einer Gründüngung durch die Nachlieferung an die Folgefrucht herauszustellen. Es wird deutlich, dass eine Zwischenfrucht, gedüngt oder nicht gedüngt, auf kurze Sicht für den Grundwasserschutz besser ist als keine Zwischenfrucht. Bei später Aussaat und hohen Ernte- N_{\min} -Werten sollte eine reduzierte Düngung erfolgen bzw. auf eine Düngung verzichtet werden.

Wie viel des von der Zwischenfrucht aufgenommen Stickstoffs steht der nachfolgenden Hauptfrucht in den Folgejahren zur Verfügung?

Die ökonomisch optimale N-Düngung im Mais lag in 2017 liegt in allen Varianten in 2017 zwischen 158 und 189 kg N/ha bei einem Ertrag von 184 bis 190 dt TM/ha. Dabei wird deutlich, dass das N-Optimum bei vorangegangener Zwischenfrucht verschiebt. Entsprechend sollte dies immer bei der N-Düngung zu Silomais nach Zwischenfrucht berücksichtigt werden. Auf langjährig organisch gedüngten Flächen, wie in Wehnen, ist nach bisherigen Ergebnissen mit einer Stickstoffnachlieferung für die Folgefrucht von etwa 30 kg N/ha auszugehen. Zur Stickstoffnachlieferung im zweiten Jahr nach Anbau der Zwischenfrucht gibt es bisher noch keine Erkenntnisse. Die N-Nachlieferung ist schwer zu ermitteln, da viele Einflüsse auf die Stickstoffnachlieferung einwirken. Weiterhin kann noch keine konkrete Aussage zu den Unterschieden bei der Auswirkung einer winterharten oder nicht winterharten Zwischenfrucht getroffen werden. Dafür bleiben die nächsten Versuchsjahre abzuwarten.

2.4. Versuchsstandort Wehnen - Grundwasserschutzorientierte organische Düngung (649)

Versuchsfragen:

- Welchen Einfluss hat die Höhe der **organischen N-Düngung** auf die Nitratkonzentration im Sickerwasser?
- Wie wirkt sich eine **organische Düngung im Vergleich zu einer mineralischen N-Düngung** auf die Nitratkonzentration im Sickerwasser und die N-Dynamik im Boden aus?
- Wie wirken sich eine **langfristig reduzierte und eine überhöhte organische Düngung** auf die N-Dynamik im Boden, Erträge und Qualitätsparameter aus?

Versuchsaufbau und Durchführung

- Am Standort in Wehnen wird seit 2014 die Stickstoff-Nachlieferung auf langjährig organisch gedüngten Standorten und deren Auswirkung auf die Nitratkonzentration im Sickerwasser, die N-Dynamik im Boden, Erträge und Qualitätsparameter untersucht. Eine möglichst genaue Einschätzung der Wirksamkeit organischer Dünger und der N-Nachlieferung langjährig organisch gedüngter Standorte ist für den Grundwasserschutz von Bedeutung, um eine Überschätzung des N-Düngebedarfs und hohe auswaschungsgefährdete Reststickstoffgehalte im Herbst im Boden zu vermeiden.
- Am 22.02.2017 wurde ein Frühjahrs- N_{\min} -Wert von 14 kg N_{\min} /ha ermittelt.
- Die effiziente Nutzung organischer Dünger sowie die möglichst präzise Einschätzung der Nährstoff-Wirkung leisten einen wichtigen Beitrag, Nitratreinträge in das Grundwasser zu vermeiden.

Nr.	Varianten-Bezeichnung	Org. Düngung	Min. Düngung (1.Gabe)	Min. Düngung (2.Gabe)	Gesamt-N
		09.03.2017	09.03.2017	13.04.2017	
kg N/ha					
1	0 kg N/ha	-	-	-	0
2	40 kg N/ha	-	20	20	40
3	80 kg N/ha	-	40	40	80
4	120 kg N/ha	-	60	60	120
5	160 kg N/ha	-	80	80	160
6	200 kg N/ha	-	100	100	200
7	Organisch 120 kg Gesamt-N	120	-	-	120
8	40 kg N/ha min. + organisch 120 kg Gesamt-N	120	20	20	160
9	80 kg N/ha min. + organisch 120 kg Gesamt-N	120	40	40	200
10	120 kg N/ha min. + organisch 120 kg Gesamt-N	120	60	60	240
11	160 kg N/ha min. + organisch 120 kg Gesamt-N	120	80	80	280
12	Organisch 170 kg Gesamt-N	170	-	-	170

Zusammenfassung

Welchen Einfluss hat die Höhe der organischen N-Düngung auf die Nitratkonzentration im Sickerwasser?

Sowohl direkt nach der Ernte als auch zu Beginn der Sickerwasserspende (Herbst- N_{\min}) lagen die N_{\min} -Werte in 2017 in den Varianten auf einem niedrigen Niveau. Durch einen völligen Verzicht auf die N-Düngung konnten die N_{\min} -Werte infolge mangelnder N-Entzüge nicht weiter gesenkt werden. Auch in den rein organisch gedüngten Varianten (N-Düngung 120 kg Gesamt-N und 170 kg Gesamt-N) und den kombinierten Varianten aus organisch-mineralischer Düngung konnten sowohl nach der Ernte als auch zu Beginn der Sickerwasserspende einheitlich niedrige N_{\min} -Werte von 30 bis 51 kg N_{\min} /ha erreicht werden. Genaue Aussagen zur tatsächlichen Sickerwasserbelastung liefern die Sickerwasseruntersuchungen des LBEG.

Wie wirkt sich eine organische Düngung im Vergleich zu einer mineralischen N-Düngung auf die Nitratkonzentration im Sickerwasser und die N-Dynamik im Boden aus?

In den beiden Versuchsjahren 2015 und 2017 lag die errechnete Wirksamkeit der Schweinegülle bei einer Ausbringung von 120 kg Gesamt-N zu Winterroggen bei 50%. Anders als in den Versuchsjahren mit Silomais, in denen für das Wachstum des Silomais optimale Wachstumsbedingungen herrschten und durch die standörtlich bedingte N-Nachlieferung sehr gute Erträge aufgrund einer hohen N-Mineralisation erreicht werden konnten. Hier konnte die Schweinegülle zu 100% wirken und die gleichen Erträge wie durch eine mineralische N-Düngung erreicht werden.

Um die Wirkung der organischen Dünger gut auszunutzen, ist der Einsatz im Hackfruchtanbau vorteilhaft, denn diese können durch ihren zeitlichen N-Bedarf das N-Angebot aus organischen Düngern sehr gut ausnutzen. Für den Wasserschutz ist neben der Art der N-Düngung vor allem die Höhe der N-Düngung entscheidend.

Wie wirken sich eine langfristig reduzierte und eine überhöhte organische Düngung auf die N-Dynamik im Boden, Erträge und Qualitätsparameter aus?

Um genaue Aussagen zur langfristigen Auswirkung insbesondere der N-Nachlieferung der organischen N-Dünger treffen zu können sind weitere Versuchsjahre erforderlich.

3. Mehrjährige Feldversuche zur N-Düngung & N-Dynamik im Boden

3.1. Vergleich von N-Düngestrategien im Silomaisanbau (648)

Versuchsfragen

- Können auswaschungsgefährdete Reststickstoffgehalte nach Silomais durch eine **möglichst präzise Einschätzung des N-Düngebedarfs** gesenkt werden?
- Sind N-Düngestrategien wie die **Spät-Frühjahrs-N_{min}-Probenahme oder eine Reduzierung der N-Sollwertdüngung** geeignet, um die Herbst-N_{min}-Werte zu Beginn der Sickerwasserperiode zu reduzieren?
- Wie wirkt sich die Höhe der N-Düngung an verschiedenen Standorten auf die **Erträge und N-Dynamik im Boden** aus?
- Welche **Vor- und Nachteile** der untersuchten Strategien in der grundwasserschutzorientierten Düngeberatung gibt es?

Versuchsaufbau und Durchführung

- Zur Validierung der verschiedenen N-Düngestrategien und der Berechnung jahres- und standortspezifischer N-Mineraldüngeräquivalente für einen möglichst effizienten grundwasserschonenden Wirtschaftsdüngereinsatz wurde eine feste N-Düngestaffel angelegt. Die ergänzenden N_{min}-Untersuchungen wurden in 2017 an zwei lehmig sandigen Standorten in Rockstedt (LK Rotenburg) und Werlte (LK Emsland) durchgeführt. Aufgrund der Witterung in 2017 konnte der Versuch in Rockstedt nicht beerntet und daher nicht mit in die Auswertung einbezogen werden.

Nr.	Varianten-Bezeichnung	N-Düngergabe [kg N/ha]
1	0 kg N/ha	0
2	60 kg N/ha	60
3	120 kg N/ha	120
4	180 kg N/ha	180
5	240 kg N/ha	240
6	300 kg N/ha	300
7	120 kg Gesamt-N Gülle	84
8	KAS (SW 180 N _{min} .)	132
9	Variante späte N _{min} Probennahme	168
10	Verteilvariante 1: Gülle breit nach SW (80% anr.) vor Saat	152
11	Verteilvariante 2: Gülle breit nach SW (80% anr.), 50% v.Saat-50% Bestand	152
12	Verteilvariante 3: wie Var.11 nur Gülle in den Bestand eingearbeitet	152

Zusammenfassung

Können auswaschungsgefährdete Reststickstoffgehalte nach Silomais durch eine möglichst präzise Einschätzung des N-Düngebedarfs gesenkt werden?

Eine möglichst genaue Einschätzung des N-Düngebedarfs wird über die späte N_{\min} -Probenahme untersucht. Im Jahr 2017 war diese Methode in Werlte aufgrund der hohen Abhängigkeit der N_{\min} -Werte vom Zeitpunkt des Probenahmetermins bedingt durch unterschiedliche Mineralisation eine nicht geeignete Methode zur N-Düngungsbemessung. Zusätzlich erschwerte die Witterung die Abschätzung des Zeitpunkts der N-Aufnahme der Pflanze. Das wird vor allem in den Unterschieden der Ernte- und Herbst- N_{\min} -Wert zwischen den Varianten deutlich. Die Variante „späte N_{\min} -Probenahme“ fällt mit 57 kg N_{\min} /ha deutlich schlechter aus, als die Varianten nach Sollwertdüngung mit 14 kg N_{\min} /ha.

Die N_{\min} -Werte in Werlte liegen nach der Ernte in den moderat gedüngten Varianten auf einem insgesamt relativ niedrigen Niveau zwischen 13 und 25 kg N_{\min} /ha. Lediglich die mit 240 und 300 kg N/ha überdüngten Varianten und die Variante zur späten N_{\min} -Probenahme liegen mit 57 (Variante späte N_{\min} -Probenahme), 70 (N-Düngung 240 kg N/ha) und 82 kg N_{\min} /ha (N-Düngung 300 kg N/ha) deutlich höher. Die N-Sollwert-Düngeempfehlung bestätigt sich im Versuchsjahr 2017 in Werlte ebenso wie im Vorjahr 2016.

Sind N-Düngestrategien wie die Spät-Frühjahrs- N_{\min} -Probenahme oder eine Reduzierung der Sollwertdüngung geeignet, um die Herbst- N_{\min} -Werte zu Beginn der Sickerwasserperiode zu reduzieren?

Bei der Methode Spät-Frühjahrs- N_{\min} -Probenahme erfolgte zunächst eine verhaltene Startdüngung von 60 kg N/ha. Dann wurde nach einer weiteren N_{\min} -Untersuchung Anfang Juni auf einen Sollwert von 180 kg N/ha nachgedüngt. In Werlte wurde im Spät-Frühjahr ein N_{\min} -Wert von 72 kg N_{\min} /ha gemessen. Der Ernte- N_{\min} -Werte in Werlte (57 kg N_{\min} /ha) ist im Vergleich zu den ähnlich hoch gedüngten Varianten der N-Düngestaffel z.T. deutlich höher. Der Herbst- N_{\min} -Gehalt stieg am Standort in Werlte nicht weiter an. Mit der Festlegung des Probenahme-Termins im Spät-Frühjahr muss immer gleichzeitig der Zeitpunkt der Mineralisation standortspezifisch erfasst werden. Dies war im Versuchsjahr aufgrund der sehr nassen Witterung nur bedingt möglich. Im Versuchsjahr 2017 konnte mit der Methode der späten die N_{\min} -Probenahme gute Erträge erzielt werden, allerdings mit im Vergleich zur N-Düngestaffel höheren Reststickstoffgehalten nach der Ernte und im Herbst. Für eine genauere Abschätzung der Eignung der späten N_{\min} -Probenahme bleiben weitere Versuchsjahre abzuwarten, in denen, so wie in 2016 ein Vergleich weiterer Standorte erfolgen kann.

Wie wirkt sich die Höhe der N-Düngung an verschiedenen Standorten auf die Erträge und die N-Dynamik im Boden aus?

Die Erträge nehmen in 2017 mit zunehmender Düngung in der N-Staffel zu. Ab einer Düngung von 180 kg N/ha zu Silomais stagnieren die Erträge auf ähnlichem Niveau und nehmen bei der deutlichen

Überdüngung von 300 kg N/ha sogar wieder ab. In der ungedüngten Variante liegt der Ertrag um fast 50 dt TM/ha geringer als in den nach N-Sollwert gedüngten Varianten. Am Standort in Werlte bestätigt sich die Annahme, dass bei N-Düngung über dem N-Sollwert die N_{min} -Werte überproportional zunehmen bei nur sehr geringem Ertragszuwachs.

Unter Silomais lagen die N-Bilanzen in allen Varianten bis zu einer N-Düngung von 180 kg N/ha zwischen -157 (keine Düngung) und -42 kg N/ha (N-Düngung 300 kg N/ha) und weisen damit eine sehr große Schwankungsbreite in Abhängigkeit von der N-Düngung auf. Dabei gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Saldoüberschuss und den Rest- N_{min} -Gehalten, denn die N-Salden liegen auch in den überdüngten Varianten im negativen bzw. ausgeglichenen Bereich. Lediglich in der mit 300 kg N/ha gedüngten Variante lag das N-Saldo bei 50 kg N/ha.

Welche Vor- und Nachteile der untersuchten Strategien in der grundwasserschutzorientierten Düngeberatung gibt es?

Vorteile (+)	Nachteile (-)
<p>Späte N_{min}-Probenahme:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Möglichkeit der Abschätzung der standortspezifischen N-Nachlieferung. Mais kann aufgrund der guten zeitlichen Übereinstimmung von N-Mineralisation im Boden und N-Bedarf der Pflanze die standörtliche N-Nachlieferung des Standortes sehr gut nutzen, sodass eine Überdüngung so vermieden werden kann <p>N-Sollwertdüngung:</p> <ul style="list-style-type: none"> Für den N-Sollwert kann durch eine einfache Berechnung der benötigten Düngeraufwand abgeleitet werden <p>Grundsätzlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die N-Düngestrategie sollte durch die Düngeberatung an die betriebs- und standortspezifischen Anforderungen angepasst werden <p>Vegetationsbegleitende Untersuchungen wie z.B. die Methode des Nitratchecks oder die späte N_{min}-Probenahme können helfen, die Versorgung der Pflanzen einzuschätzen, um zu beurteilen, ob ein weiterer N-Düngebedarf besteht.</p>	<p>Späte N_{min}-Probenahme:</p> <ul style="list-style-type: none"> Es besteht die Schwierigkeit den optimalen Zeitpunkt für die späte N_{min}-Beprobung im Frühjahr abzuschätzen Durch zusätzliche Analysen, wie z.B. der späten N_{min}-Probenahme oder dem Nitratcheck entsteht ein zusätzlicher Aufwand Bei Wirtschaftsdüngergaben zu mehreren Ausbringungszeitpunkten ist der Aufwand bezogen auf die Arbeitsgänge groß Die Ergebnisse aus den zusätzlichen Analysen müssen immer im Zusammenhang mit den Standorteigenschaften, dem Witterungsverlauf und der vorangegangenen Bewirtschaftung beurteilt werden Der Witterungsverlauf ist nur schwer vorherzusagen. Eine Vorhersage zu den Mineralisierungsbedingungen ist schwierig möglich.

3.1. N-Düngung im Maisanbau auf humusreichen Standorten (916)

Versuchsfragen

- Wie hoch ist die **Stickstoff-Nachlieferung auf humusreichen Standorten** bei Mais?
- Kann ein **Abschlag in der Höhe der N-Düngung über den N_r-Gehalt** des Bodens bestimmt werden?
- Wie verändern sich die **N_{min}-Gehalte im Jahresverlauf unter Silomais auf humusreichen Standorten?**

Versuchsaufbau und Durchführung

- Für die weitere Untersuchung der N-Dynamik auf humusreichen Standorten wird seit 2015 auf zwei Versuchsstandorten in Ihlow (LK Aurich) und Wettmar (LK Hannover) ein Versuch angelegt, um die N-Nachlieferung entsprechender Standorte unter Silomais genauer untersuchen zu können.
- Aufgrund der sehr nassen Witterung konnte der Versuch am Standort in Wettmar in 2017 nicht ausgewertet werden.

Variante	Ihlow	
		[kg N/ha]
Mineralische N-Düngestärfel	1.	0
	2.	40
	3.	80
	4.	120
	5.	180
	6.	240
N-Bedarfswert	7.	115
Abschlag L5	8.	55
Abschlag regional-spezifisch	9.	16

Zusammenfassung

Wie hoch ist die Stickstoff-Nachlieferung auf humusreichen Standorten bei Mais?

Wie verändern sich die N_{\min} -Gehalte im Jahresverlauf unter Silomais auf humusreichen Standorten?

Um die Stickstoff-Nachlieferung von humusreichen Standorten im Silomaisanbau erfassen zu können, wurde an zwei Versuchsstandorten in Ihlow (LK Aurich, 24 % Humus) und Wettmar (LK Celle, 12 % Humus) ein Versuch mit einer mineralischen N-Düngestaffel und mit Varianten zu regionalspezifischen N-Düngeabschlägen anhand des Nt-Gehaltes, angelegt. Der Versuch am Standort in Wettmar fiel in 2017 aufgrund der Witterung aus.

Der Frühjahrs- N_{\min} -Wert lag mit 84 kg N_{\min} /ha (Ihlow) zwar etwas höher als im Vorjahr, allerdings auf einem für diesen Bodenklimaraum typischen Niveau. In der Regel liefern humusreiche Standorte viel Stickstoff nach, sobald der Boden feucht und warm wird. Sobald dieser Zeitpunkt erreicht ist, ist die N-Nachlieferung im Vergleich zu anderen Standorten höher, was bei der Planung der N-Düngungshöhe, gerade in Gebieten mit Bedeutung für den Wasserschutz, in Form von Abschlägen berücksichtigt werden sollte. Um diesen Nachlieferungs-Zeitpunkt genauer erfassen zu können, wurde in Ihlow zusätzlich ein später N_{\min} -Wert ermittelt, der in der ungedüngten Parzelle bei 143 kg N_{\min} /ha am 14.06.2017 lag und damit das N-Mineralisationspotential dieser Standorte belegt. Die Rest- N_{\min} -Gehalte nach der Ernte steigen auf den nachliefernden Standorten bei einer N-Düngung über den N-Bedarfswert hinaus für Silomais typisch exponentiell stark an bei annähernd gleichen Erträgen.

Es wird deutlich, dass bei der Bemessung der Höhe des N-Düngeabschlages ohne Ertragseinbußen neben dem Nt-Gehalt die Witterung im Frühjahr entscheidend ist. Um hohe Rest- N_{\min} -Gehalte nach der Ernte zu vermeiden, kann zusätzlich die späte N_{\min} -Beprobung im Sommer als Hilfestellung bei der Bemessung der erforderlichen N-Düngung dienen. Dabei ist die Betrachtung des Verlaufs der Witterung entscheidend, um auf humusreichen Standorten maximale N-Düngeabschläge machen zu können.

Kann ein Abschlag in der Höhe der N-Düngung über den Nt-Gehalt des Bodens bestimmt werden?

Im Versuchs wird in den Varianten Abschlag L5 und dem regionalspezifischen Verfahren angenommen, dass die bodenbürtige N-Nachlieferung auf humusreichen Standorten im Wesentlichen durch Nt-Gehalt bestimmt wird. Dabei soll der Nt-Gehalt als Maß für die Höhe von N-Düngeabschlägen im Maisanbau genutzt werden. Entsprechende N-Düngeabschläge wurden auf Grundlage der Nt-Gehalte nach den Verfahren L5 und der regionalspezifischen Variante abgeleitet. Mit einem N-Düngeabschlag von 60 kg N/ha (Verfahren L5) wurden geringere Silomais-Erträge im Vergleich zur N-Bedarfswert-Variante erzielt. Die Rest- N_{\min} -Gehalte beider Varianten unterschieden sich dabei nur unwesentlich. Höhere N-Düngeabschläge von mehr als 60 kg N/ha (regionalspezifische Variante) führten in 2017 auf beiden Standorten zu signifikanten Mindererträgen, bei nahezu gleichen Rest- N_{\min} -Werten. Zur Validierung der jeweiligen Abschlagsverfahren sind weitere Versuche erforderlich.

3.2. Regionalspezifische Strategien zur grundwasserschutzorientierten N-Düngung im Winterweizen (612)

Versuchsfragen

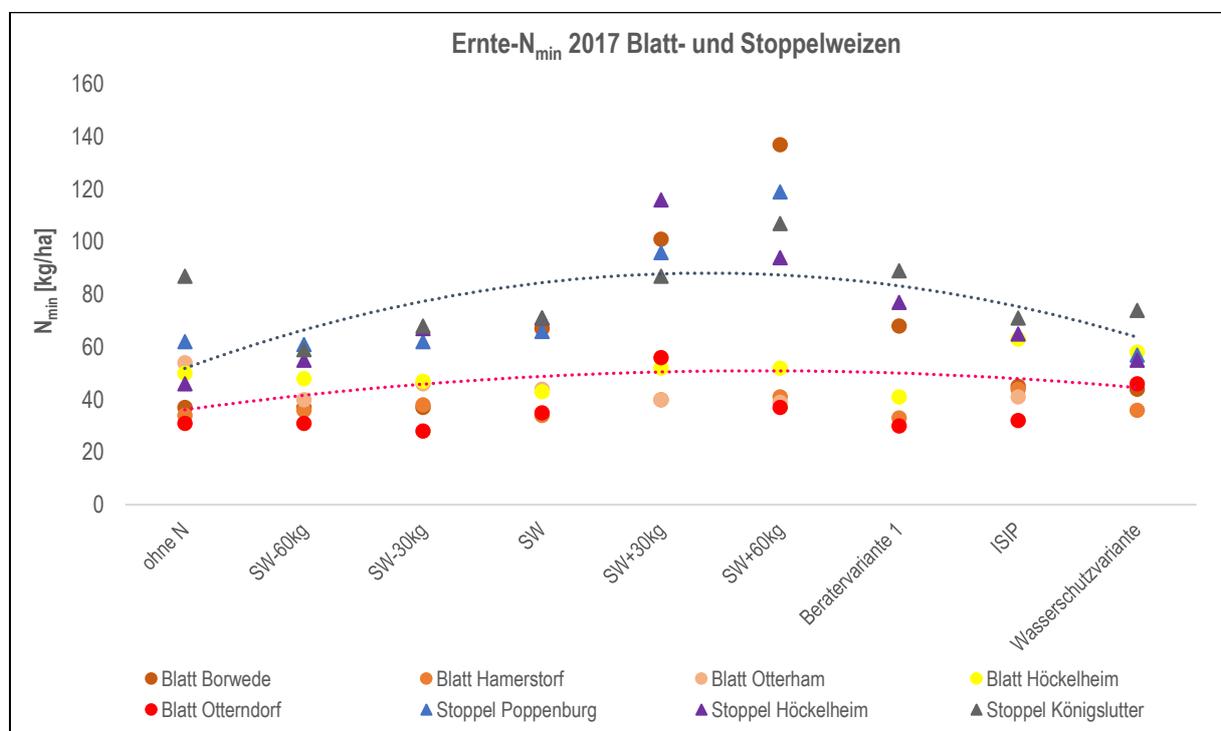
- Welche Maßnahmen eignen sich **regionalspezifisch** zur grundwasserschutzorientierten N-Düngung von Winterweizen?

- In einem vom Fachbereich „Pflanzenbau, Saatgut“ durchgeführten Versuch zur N-Düngung von Winterweizen wurden 2015 an verschiedenen Standorten Varianten angelegt um unterschiedliche, regionalspezifische Strategien zur grundwasserschutzorientierten N-Düngung zu untersuchen.
- Die regionalspezifischen Maßnahmen zur grundwasserschutzorientierten Gestaltung der N-Düngung werden abhängig von den Standortbedingungen und –eigenschaften durchgeführt. Neben einer festen N-Düngestaffel werden zusätzliche Varianten angelegt, u.a. eine regionalspezifische Wasserschutzvariante.
- Dabei werden für jeden Versuchsstandort entsprechend der Standorteigenschaften Annahmen getroffen, wodurch eine standortspezifische Reduzierung der N-Düngung vorgenommen werden kann.
- Neben einer N-Staffel mit 6 Düngungsstufen und der Wasserschutzvariante, wurden weitere Düngesysteme mit differenzierter N-Verteilung und jahresspezifischer Anpassung der N-Gaben in Menge und Zeit (Nitrachek, ISIP) untersucht.

Zusammenfassung

Welche Maßnahmen eignen sich zur grundwasserschutzorientierten N-Düngung von Winterweizen?

Die Stickstoffdüngungsversuche im Winterweizen an Standorten mit Blatt- und Getreidevorfrucht zeigen, dass die N-Düngung nach Sollwertempfehlung der LWK grundsätzlich richtig ist. Eine Düngung über den empfohlenen Sollwert hinaus sollte in jedem Fall unterbleiben. Höhere Stickstoffgaben führen zu keiner Steigerung der Weizenerträge, begünstigen jedoch das Auftreten erhöhter Rest- N_{\min} -Werte zur Ernte und steigern somit die Gefahr von umweltrelevanten Stickstoffausträgen. Optimierungsmöglichkeiten bei der Stickstoffdüngung ergeben sich durch eine an die Standortverhältnisse und die jahresaktuelle Witterung angepasste N-Düngestrategie.



Der Vergleich der acht Versuchsstandorte zeigt, dass neben der N-Düngungshöhe vor allem der Standort, möglicherweise auch in Kombination mit einer Vorfruchtwirkung einen Einfluss auf den N_{\min} -Wert nach der Ernte hat. Dabei lagen an fast allen Standorten die Ernte- N_{\min} -Werte bei Blattweizen deutlich niedriger als bei den Stoppelweizen-Varianten. Im Mittel der Standorte lag der N_{\min} -Wert nach der Ernte beim Blattweizen zwischen 38 und 61 kg N_{\min} /ha, während die N_{\min} -Werte beim Stoppelweizen je nach vorangegangener N-Düngung zwischen 58 und 107 kg N_{\min} /ha lagen. Bei der Interpretation der Ergebnisse muss beachtet werden, dass der Standorteffekt einen Einfluss auf die N_{\min} -Werte nach der Ernte hat. Alle Weizenversuche mit Getreidevorfrucht lagen auf Lössstandorten mit einem hohen Mineralisierungspotential, deshalb waren dort auch schon bei der Ernte (nach Ende der N-Aufnahme) hohe N_{\min} -

Werte zu finden. Dafür spricht ebenfalls, dass die N_{\min} -Werte in den ungedüngten bzw. geringer gedüngten Varianten in gleicher Größenordnung lagen, wie die N_{\min} -Werte der nach Sollwert gedüngten Variante. Wird nach der Ernte eine Zwischenfrucht angesät, so kann diese den mineralisierten Stickstoff nutzen (z.B. Höckelheim). Die Weizenstandorte mit Blattvorfrucht liegen in der Regel auf den eher leichteren Standorten (Ausnahme Höckelheim), die tendenziell eher durch geringere Mineralisationsraten geringere Ernte- N_{\min} -Werte zeigen.

Eine grundwasserschutzorientierte N-Düngung sollte stets standortangepasst und die jahresspezifischen Besonderheiten (Witterung, Bestandesentwicklung) berücksichtigend erfolgen. Dabei sollten die regionalspezifischen Empfehlungen der jeweiligen Beratungsorganisation beachtet und ggf. Methoden zur vegetationsbegleitenden Anpassung der N-Düngung in Höhe und zeitlicher Verteilung (z.B. ISIP-Düngeprognosemodell, Nitrachek) genutzt werden. In 2017 wurde eine hohe Streuung der Frühjahrs- N_{\min} -Werte festgestellt. Flächenbezogene N_{\min} -Werte waren notwendig, um eine optimale N-Bedarfsdeckung zu erreichen.

3.3. Einfluss organischer N-Düngung auf Wintergerste (421)

Versuchsfragen:

- Welchen Einfluss hat die **Höhe der N-Düngung** auf die Rest-Stickstoffgehalte im Boden nach der Ernte von Wintergerste?
- Wie wirkt sich eine **organische N-Düngung im Vergleich zu einer mineralischen N-Düngung** auf die Reststickstoffgehalte im Boden nach der Ernte und die N-Dynamik im Boden aus?

Versuchsaufbau und Durchführung

- Am Standort in Wehnen wurde im Rahmen eines Versuchs zur organischen N-Düngung im Versuchsjahr 2017 Wintergerste (Sorte: Galation) angebaut.
- Ziel des Versuches ist es, die N-Nachlieferung auf langjährig organisch gedüngten Standorten und deren Auswirkungen auf die Rest-Stickstoffgehalte im Boden nach der Ernte, N-Dynamik im Boden, Erträge und Qualitätsparameter zu untersuchen. Die effiziente Nutzung organischer Dünger sowie die möglichst präzise Einschätzung der Nährstoffwirkung leisten einen wichtigen Beitrag, um Nitrateinträge ins Grundwasser zu vermeiden.

Nr.	Varianten-Bezeichnung	Org. Düngung	Min. Düngung	Min. Düngung	Min. Düngung	Gesamt-N
		13.03.2017	(1.Gabe) 09.03.2017	(2.Gabe) 11.04.2017	(3.Gabe) 12.05.2017	
kg N/ha						
1	0 kg N/ha	-	-	-	-	0
2	60 kg N/ha	-	30	30	-	60
3	120 kg N/ha	-	30	60	30	120
4	180 kg N/ha	-	45	90	45	180
5	240 kg N/ha	-	60	120	60	240
6	N-Sollwert-Düngung	-	50	32	50	132
7	120 kg Gesamt-N aus Schweinegülle + 60 kg Mineral-N	83	30	30	-	143

Zusammenfassung

Welchen Einfluss hat die Höhe der N-Düngung auf die Rest-Stickstoffgehalte im Boden nach der Ernte bei Wintergerste?

In Wehnen wird seit 2016 in einem Versuch die N-Nachlieferung in einer Silomais, Winterroggen, Wintergerste Fruchtfolge auf einem langjährig organisch gedüngten Standort untersucht. Dabei soll weiterhin die effiziente Nutzung organischer Dünger, sowie die präzise Einschätzung der Nährstoffwirkung erfolgen. In einer mineralischen N-Düngestaffel wird die langfristige Auswirkung der N-Dünger untersucht und gleichzeitig mit einer Variante zur organisch-mineralischen N-Düngung verglichen. Die Untersuchungen zeigen, dass mit einem erhöhten Einsatz von N-Düngemitteln ein Anstieg der Reststickstoffgehalte im Boden zu beobachten ist.

Die Sollwert-Variante liegt bei 95 kg N_{\min} /ha und damit niedriger als der N_{\min} -Wert bei einer Düngung von 180 kg N/ha. Die jedoch geringen Abweichungen können aber durch die Probenahme entstanden sein. Durch die ausgebrachte Zwischenfrucht konnten die am 15.11.2017 gemessenen Herbst- N_{\min} -Werte auf ein ähnlich niedriges Niveau innerhalb der Varianten gesenkt werden.

Wie wirkt sich eine organische Düngung im Vergleich zu einer mineralischen N-Düngung auf die Reststickstoffgehalte im Boden nach der Ernte und die N-Dynamik im Boden aus?

Im Vergleich der nach N-Sollwert gedüngten Variante (132 kg N/ha) und der organisch-mineralisch gedüngten Variante (120 kg Gesamt-N aus Gülle + 60 kg N/ha mineralisch) liegt der N_{\min} -Wert in der kombinierten N-Düngung mit 80 kg N_{\min} /ha etwas geringer als in der N-Sollwertvariante (95 kg N_{\min} /ha). Diese Beobachtung konnte bereits im letzten Versuchsjahr gemacht werden.

3.4. Einfluss der N-Düngung und Beregnung auf Sommergerste (227)

Versuchsfragen:

- Welchen Einfluss hat die **Höhe der N-Düngung** auf die Rest-Stickstoffgehalte im Boden nach der Ernte von Sommergerste?
- Welchen Einfluss hat die **Beregnungsmenge** auf Ertrag und Qualität von Sommergerste?
- Welchen Einfluss haben die **Höhe der N-Düngung** und **Verteilung** auf die Ertragsreaktionen und die Qualität (Proteingehalt) von Sommergerste bei Trockenstress und bei guter Wasserversorgung?

Versuchsaufbau und Durchführung

- Am Standort in Hamerstorf wird seit 2015 durch den Fachbereich Pflanzenbau und Saatgut (FB 3.8) der Einfluss von unterschiedlichen Beregnungsstrategien auf die Rest-Stickstoffgehalte im Boden nach der Ernte, N-Dynamik im Boden, Erträge und Qualitätsparameter untersucht.
- Die effiziente Nutzung der Beregnungsgaben sowie die möglichst präzise Einschätzung der Höhe der N-Düngung und der damit verbundenen Nährstoff-Wirkung leisten einen wichtigen Beitrag, Nitrateinträge gerade auf Beregnungsstandorten in das Grundwasser zu vermeiden.

Zusammenfassung

Welchen Einfluss hat die Höhe der N-Düngung auf die Rest-Stickstoffgehalte im Boden nach der Ernte von Sommergerste?

Am Standort in Hamerstorf wird seit 2015 der Einfluss von unterschiedlichen Beregnungsstrategien auf die Reststickstoffgehalte im Boden nach der Ernte, N-Dynamik im Boden, Erträge und Qualitätsparameter untersucht. Bei dem Versuchsstandort Hamerstorf handelt es sich um einen leichten auswaschungsgefährdeten Sandstandort. In allen beprobten Varianten liegen die Rest-N_{min}-Gehalte nach der Ernte in einem niedrigen Bereich zwischen 36 und 30 kg N_{min}/ha. Ein Zusammenhang zwischen der Höhe der N-Düngung, der Beregnung und der Höhe der Rest-Stickstoffgehalte nach der Ernte im Boden ist am Standort Hamerstorf nur bedingt erkennbar.

Welchen Einfluss hat die Beregnungsmenge auf Ertrag und Qualität von Sommergerste?

Zusätzlich zu den N-Düngungsvarianten wurden zwei unterschiedliche Beregnungsstrategien (ohne und optimierte Beregnung) getestet. Dabei kann nur in der Variante ohne N-Düngung ein deutlicher Unterschied zwischen den Erträgen beobachtet werden. Es zeigt sich, dass die Pflanze durch die Beregnung höhere Erträge ohne Düngung erzielen kann. Bei den Qualitäten ist in den verschiedenen Düngungsvarianten kein Einfluss der Beregnung zu erkennen.

Auch die N-Bilanz zeigt in diesem Jahr keine großen Unterschiede zwischen den Varianten ohne und mit Beregnung. Diese Unterschiede waren im letzten Versuchsjahr aufgrund der höheren Niederschläge deutlich ausgeprägter.

3.5. Festmistdüngung zu Wintergerste (461)

Versuchsfragen:

- Welchen Einfluss hat die N-Düngung unterschiedlicher Festmiste auf **die Reststickstoffgehalte nach der Ernte und im Herbst** im Boden?
- Welche Auswirkungen haben **unterschiedliche Festmistarten und Ausbringungszeitpunkte** auf Ertrag, Produktqualität und N-Dynamik im Boden?

Versuchsaufbau und Durchführung

- Am Standort in Wehnen werden seit 2002 die Auswirkungen unterschiedlicher Festmistarten und Ausbringungszeitpunkte auf die Rest-Stickstoffgehalte im Boden nach der Ernte, die N-Dynamik im Boden, die Erträge und die Qualitätsparameter untersucht.
- Ziel ist es, die Festmiste so einzusetzen, dass die Nährstoffe für das Pflanzenwachstum optimal genutzt und dadurch Nährstoffverluste minimiert werden. Dazu wird in einer Fruchtfolgerotation Wintergerste – Silomais - Winterweizen angebaut.
- Bei den Wirtschaftsdüngern ist grundsätzlich zwischen Stallmist und Geflügelkot zu unterscheiden. Stallmist ist ein stapelfähiges Gemisch aus Kot, Harn und Einstreu. Zusätzlich können Futtermittelreste sowie Reinigungs- und Niederschlagswasser enthalten sein. Ausschlaggebend für die Einordnung sind der Strohanteil und die N-Verfügbarkeit. Den Stallmistern werden Rinder-, Enten-, und Putenmist aufgrund ihrer Düngewirkung und des hohen Strohanteils zugeordnet. Demgegenüber findet man im Hähnchenmist in der Regel nur geringe Strohanteile. Er ist daher bezüglich der Düngewirkung dem Hühnertrockenkot, d.h. dem getrockneten Frischkot ohne Einstreu zuzuordnen.
- Im Versuchsjahr 2017 wurde Silomais nach Wintergerste am 27.04.2017 ausgesät. Am 26.01.2017 wurde eine Bodenuntersuchung vorgenommen, dabei ist die P-Versorgung des Bodens am Standort in Wehnen der Gehaltsklasse C zuzuordnen. Der Frühjahrs- N_{\min} -Wert wurde am 23.03.2017 ermittelt und liegt bei 27 kg N_{\min} /ha.
- Insgesamt werden 10 von insgesamt 30 Varianten des Versuchs durch N_{\min} -Untersuchungen nach der Ernte und zu Beginn der Sickerwasserspense begleitet, die sich in der Höhe und Form der N-Düngung unterscheiden.

Zusammenfassung

Welchen Einfluss hat die N-Düngung unterschiedlicher Festmiste auf die Reststickstoffgehalte nach der Ernte und im Herbst im Boden?

In einem Versuch in Wehnen wird die langfristige Auswirkung mineralischer N-Dünger untersucht. In weiteren Varianten wird der Einsatz von Putenmist, Entenmist, Hühnertrockenkot und Hähnchenmist mit je 100 kg Gesamt-N und einer 60 kg Mineral-N Ergänzung untersucht. Im Versuchsjahr 2017 wurde Silomais angebaut.

Die Reststickstoffgehalte im Boden nach der Ernte liegen im Versuchsjahr 2017 auf einem Niveau zwischen 20 und 147 kg N_{\min} /ha. Die geringsten Gehalte sind unter der ungedüngten (20 kg N_{\min} /ha) vorzufinden. In der N-Düngestaffel wird die Zunahme der Rest-Stickstoffgehalte im Boden nach der Ernte mit zunehmender N-Düngung deutlich, was typisch für die Kultur Silomais ist. Dabei steigen die N_{\min} -Werte bei einer N-Düngung mit mehr als 120 kg N/ha stark an. In den organisch-mineralisch gedüngten Varianten liegt der N_{\min} -Wert in der mit HTK gedüngten Varianten mit 50 kg N_{\min} /ha und in der Varianten mit EM mit 37 kg N_{\min} /ha im Vergleich am niedrigsten. Der Einfluss der N-Düngungsstufen ist auch in den N_{\min} -Werten Mitte November deutlich erkennbar, die Werte unterscheiden sich nur gering von den Reststickstoffgehalten nach der Ernte.

Es stimmt bedenklich, dass auf dem Versuchsstandort Wehnen in 2017 die Puten- und Hähnchenmiste trotz bedarfsgerechter N-Düngung hohe Rest- N_{\min} -Werte nach der Ernte hinterlassen haben. In Trinkwassergewinnungsgebieten sollten Miste aus Vorsorgegründen daher nur mengenmäßig begrenzt eingesetzt werden.

Welche Auswirkungen haben unterschiedliche Festmistarten und Ausbringungszeitpunkte auf Ertrag, Produktqualität und N-Dynamik im Boden?

Die Erträge der mineralischen N-Düngungsstufen zeigen, dass mit zunehmender N-Düngung auch der Ertrag bis zu einer gewissen Menge ansteigt. Dieser stagniert allerdings ab einer N-Düngung von 180 kg N/ha bei 224 dt TM/ha. Daher ist von einer Überdüngung über den empfohlenen Sollwert hinaus abzuraten, gleichzeitig würde dies zu einer überproportionalen Steigerung der N_{\min} -Gehalte nach der Ernte führen. Bei den untersuchten Mistarten wirken HTK und PM in Bezug auf den Ertrag bei Silomais am besten und erreichten Erträge zwischen 227 und 235 dt TM/ha. Mit einer N-Düngung über HM konnten im Vergleich die geringsten Erträge von 213 dt TM/ha erzielt werden. Wie sich die N-Düngung durch die organische N-Düngung der Miste langfristig auf die N-Dynamik auswirkt, bleibt abzuwarten. In 2019 soll eine langjährige Auswertung der vorhandenen Versuchsergebnisse erfolgen und auf der Seite der LWK veröffentlicht werden.

3.6. Einfluss organischer N-Düngung auf Winterroggen (401)

Versuchsfragen:

- Wie wirkt sich eine **organische N-Düngung** im Vergleich zur mineralischen auf die Reststickstoffgehalte im Boden nach der Ernte und zu Beginn der Sickerwasserspende aus?

Versuchsaufbau und Durchführung

- Am Standort in Wehnen wird seit 2006 die Auswirkung einer organischen und organisch-mineralischen N-Düngung im Vergleich zu einer rein mineralischen N-Düngung auf die Rest-Stickstoffgehalte im Boden nach der Ernte, die N-Dynamik im Boden, die Erträge und die Qualitätsparameter untersucht.
- N_{\min} -Untersuchungen werden in einer festen N-Düngestaffel, bei N-Sollwertdüngung und in einer Variante mit organisch-mineralischer Düngung durchgeführt.

Nr.	Variante	N-Angebot
1	ohne Düngung	69 kg N/ha
2	50 kg N/a	119 kg N/ha
3	100 kg N/ha	169 kg N/ha
4	150 kg N/ha	219 kg N/ha
5	200 kg N/ha	269 kg N/ha
6	Sollwertvariante	150 kg N/ha
9	120 kg Gesamt-N aus Schweinegülle + 60 kg N/ha min. (geteilte Gabe)	212 kg N/ha

Zusammenfassung

Wie wirkt sich eine organische N-Düngung im Vergleich zur mineralischen auf die Reststickstoffgehalte im Boden nach der Ernte und zu Beginn der Sickerwasserspende aus?

In einem Versuch in Wehnen wird die langfristige Auswirkung mineralischer, organischer und organisch-mineralischer N-Dünger untersucht. Aufgrund der langjährigen organischen Düngung und der standörtlich bedingten N-Nachlieferung liegt der P-Gehalt bei 9,0 mg/ 100 g Boden.

Die Ernte- N_{\min} -Werte nach Winterroggen lagen in den Varianten der mineralisch gedüngten N-Düngestaffeln bis zu einer N-Düngung von 100 kg N/ha einheitlich zwischen 41 kg N_{\min} /ha und 44 kg N_{\min} /ha. Bei einer weiteren Erhöhung der N-Düngung konnte ein für Winterroggen untypischer, deutlicher Anstieg der Ernte- N_{\min} -Werte beobachtet werden. Der niedrigste Ernte- N_{\min} -Wert wurde in der Variante mit N-Sollwertdüngung erreicht. Daher ist von einer Überdüngung über den empfohlenen Sollwert hinaus abzuraten, gleichzeitig würde dies zu einer überproportionalen Steigerung der N_{\min} -Gehalte nach der Ernte führen. Bei den untersuchten Varianten zur organischen und organisch-mineralischen N-Düngung ist in Bezug auf die Höhe der N-Düngung auch mit steigender Höhe ein Ertragszuwachs beim Winterroggen zu erkennen.

3.7. Auswirkungen der Stickstoffdüngung auf Winterraps (653)

Versuchsfragen:

- Wie wirken sich **unterschiedliche N-Düngungshöhen** auf die Reststickstoffgehalte im Boden nach der Ernte und zu Beginn der Sickerwasserspende im Rapsanbau aus?

Versuchsaufbau und Durchführung

- In einem Pflanzenbauversuch der Landwirtschaftskammer Niedersachsen zur N-Düngung von Winterraps wurden 2017 an zwei Versuchsstandorten in Astrup (LK Osnabrück) und Otterham (LK Aurich) Untersuchungen zu den Reststickstoffgehalten im Boden nach der Ernte durchgeführt.
- Um die Auswirkungen der Höhe der N-Düngung auf den Ernte-N_{min}-Wert zu erfassen, wurden jeweils eine ungedüngte Variante, eine Variante mit N-Sollwertdüngung, zwei Varianten mit reduzierter N-Sollwertdüngung und eine Variante mit Düngung über dem N-Sollwert untersucht

Nr.	Variante	N-Angebot Astrup	N-Angebot Otterham
1	ohne N-Düngung	16 kg N/ha	23 kg N/ha
2	SW -60 kg N/ha	140 kg N/ha	140 kg N/ha
3	SW -30 kg N/ha	170 kg N/ha	170 kg N/ha
4	SW	200 kg N/ha	200 kg N/ha
5	SW +30 kg N/ha	230 kg N/ha	230 kg N/ha

Zusammenfassung

Wie wirken sich unterschiedliche N-Düngungshöhen auf die Reststickstoffgehalte im Boden nach der Ernte und zu Beginn der Sickerwasserspende im Rapsanbau aus?

Das N_{\min} -Niveau der Böden und der Flächenbewirtschaftung wird durch die Ernte- N_{\min} -Werte an den Versuchsstandorten widergespiegelt. Die N_{\min} -Werte nach der Ernte am Standort Astrup liegen zwischen 17 und 61 kg N_{\min} /ha. Bei der Variante Sollwert Gülle konnte im Vergleich zur Variante der Deckung des Sollwertes durch mineralische Düngung ein niedrigerer Ernte- N_{\min} -Wert festgestellt werden. Obwohl der Sollwert am Standort in Otterham niedriger liegt als am Standort in Astrup werden hier höhere Ernte- N_{\min} -Werte gemessen. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass es sich beim Standort Otterham um einen langjährig gedüngten Marschstandort handelt und somit auch die N-Nachlieferung an dem Standort eine Rolle spielt. Auch die Höhe des Ertrags an diesem Standort ist höher als in Astrup.