KURZBERICHT 2015

Landwirtschaftskammer Niedersachsen

Versuchsergebnisse zur grundwasserschutzorientierten Landbewirtschaftung ZUSAMMENGEFASST

Dieser Versuchsbericht sowie Anlage, Betreuung und Auswertung der Versuche werden durch das Niedersächsische Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz finanziert.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung 1

Versuche mit Sickerwasseruntersuchungen 3

1. Grundwasserschutzorientierte Gestaltung der Fruchtfolge und grundwasserschutzorientierte N-Düngung – Versuchsstandort Hamerstorf 4

2. Grundwasserschutzorientierte Gestaltung der Fruchtfolge und grundwasserschutzorientierte N-Düngung - Versuchsstandort Thülsfelde 5

3. Grundwasserschutz durch Zwischenfruchtanbau - Versuchsstandort Wehnen 6

4. Grundwasserschutzorientierte organische Düngung – Versuchsstandort Wehnen 8

5. Bodenbearbeitung und Begrünung durch Grünroggen nach der Silomaisernte – Auswirkungen auf die N-Dynamik im Boden 9

6. Vergleich grundwasserschutzorientierter N-Düngestrategien im Silomaisanbau 10

7. Weiterentwicklung regionalspezifischer Strategien zur grundwasserschutzorientierten Winterweizendüngung 12

8. Weiterentwicklung grundwasserschutzorientierter Herbizidstrategien im Silomaisanbau 13

9. Auswirkungen von Untersaaten im Silomaisanbau auf die N-Dynamik im Boden 14

10. Auswirkungen von Gülleunterfußdüngung auf die N_{min}-Werte direkt nach der Silomaisernte und zu Beginn der Sickerwasserperiode 15

11. Auswirkungen von Energiegras im mehrjährigen Anbau auf die N-Dynamik im Boden.....16

Anhang

Literaturverzeichnis 16

Einleitung

Im Rahmen der landesweiten Aufgaben im kooperativen Trinkwasserschutz (§ 28 NWG) führt die Landwirtschaftskammer Niedersachsen Versuche zur grundwasserschutzorientierten Landbewirtschaftung durch. Dem Niedersächsischen Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz und dem Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) sei an dieser Stelle für die Finanzierung aus der Wasserentnahmegebühr gedankt. Den Schwerpunkt der Versuche bildet die Vermeidung von Nitrateinträgen in das Grundwasser. Vier Wasserschutzversuche an den Versuchsstandorten Thülsfelde, Wehnen und Hamerstorf werden deshalb durch Sickerwasseruntersuchungen des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) ergänzt. In allen Versuchen werden je nach Versuchsfrage die Auswirkungen der Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die N-Dynamik im Boden, N-Bilanzen, Erträge und Qualitätsparameter untersucht. Um auch die Einträge anderer chemischer Parameter in das Grundwasser, wie beispielsweise Pflanzenschutzmittel oder deren Metaboliten zu minimieren, werden auch Ergebnisse aus Feldversuchen zur Entwicklung alternativer Herbizidstrategien im Silomaisanbau unter Verzicht auf auswaschungsgefährdete Wirkstoffe vorgestellt. Abbildung 1 zeigt die Lage der Versuchsstandorte 2015. Bei der Auswahl der Versuchsstandorte werden die verschiedenen Anbauverhältnisse in Niedersachsen bestmöglich berücksichtigt. Schwerpunkte werden im Hinblick auf die Auswaschungsgefährdung gesetzt. Auf den auswaschungsgefährdeten Geeststandorten im nordwestlichen Niedersachsen werden beispielsweise intensive Sickerwasseruntersuchungen durchgeführt.

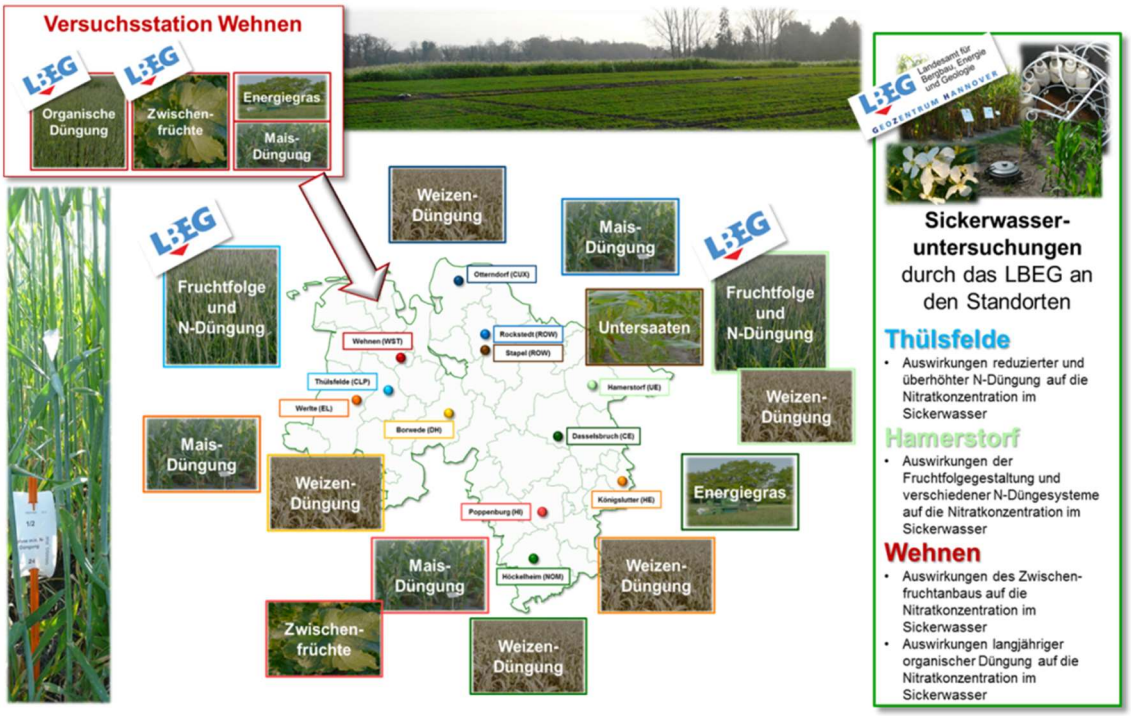

Abbildung 1: Lage der Versuchsstandorte der Wasserschutzversuche zur Minimierung der Nitratauswaschung aus der Landwirtschaft; 2015

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die 2015 durchgeführten Versuche zur grundwasserschutzorientierten Landbewirtschaftung.

Tabelle 1: Übersicht – Versuche zur grundwasserschutzorientierten Landbewirtschaftung 2015

Versuchsfragestellung	Standort	Laufzeit
Versuche mit Sickerwasseruntersuchungen durch das LBEG		
Welchen Einfluss haben die N-Düngung und die Fruchtfolgegestaltung auf die Nitratkonzentration im Sickerwasser? Wie kann die Sickerwasserqualität durch eine grundwasserschutzorientierte Gestaltung der Fruchtfolge und eine Anpassung der N-Düngung verbessert werden? Wie wirken sich die Höhe der N-Düngung und die Fruchtfolgegestaltung auf die N-Dynamik im Boden, Erträge und Qualitätsparameter aus?	Hamerstorf	seit 1995 verlegt: 2014
Welchen Einfluss hat die Höhe der N-Düngung auf die Nitratkonzentration im Sickerwasser? Wie wirken sich reduzierte und überhöhte N-Düngung langfristig auf Sickerwasserqualität, N-Dynamik im Boden, Erträge und Qualitätsparameter aus?	Thülsfelde	seit 1995
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? 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?	Wehnen	seit 2012
Welchen Einfluss hat die Höhe der organischen N-Düngung auf die Nitratkonzentration im Sickerwasser? Wie wirkt sich organische Düngung im Vergleich zu mineralischer 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 N-Dynamik im Boden, Erträge und Qualitätsparameter aus?	Wehnen	seit 2014
Mehrjährige Feldversuche		
Silomais		
In welchem Umfang werden die Reststickstoffgehalte im Boden nach Silomais durch eine Bodenbearbeitung nach der Maisernte erhöht? Können die Reststickstoffgehalte im Boden nach Silomais durch die Aussaat von Grünroggen als Begrünung verringert werden?	Borgholt Wehnen	seit 2012
Können auswaschungsgefährdete Reststickstoffgehalte nach Silomais durch eine möglichst präzise Einschätzung des N-Düngebedarfs gesenkt werden? Wie wirkt sich die Höhe der N-Düngung an verschiedenen Standorten auf die N-Dynamik im Boden aus? 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? Vor- und Nachteile der untersuchten Strategien in der regionalen grundwasserschutzorientierten Düngeberatung	Poppenburg Rockstedt Wehnen Werlte	2013-2015
Weiterentwicklung grundwasserschutzorientierter Herbizidstrategien im Silomaisanbau unter Verzicht auf Terbuthylazin und Metolachlor	Addrup, Dissen Kluse	seit 2014
Winterweizen		
Welche Maßnahmen eignen sich regionalspezifisch zur grundwasserschutzorientierten N-Düngung von Winterweizen?	Borwede Höckelheim Königslutter Otterham Otterndorf Poppenburg	seit 2015
Ergänzende N_{min}-Untersuchungen		
Inwieweit können die Herbst-N_{min}-Werte im Silomaisanbau durch Grasuntersaaten reduziert werden?	Stapel	seit 2011
Wie wirken sich Gülleunterfußdüngung und der Einsatz von Nitrifikationshemmstoffen auf die Ernte- und Herbst-N_{min}-Werte nach Silomais aus?	Poppenburg	2013-2015
Ergänzende N_{min}-Untersuchungen zum grundwasserschutzorientierten Zwischenfruchtanbau (N-Düngung und Aussaattermin)	Poppenburg	2015
Ergänzende N_{min}-Untersuchungen zum grundwasserschutzorientierten Zwischenfruchtanbau (verschiedene Zwischenfrüchte)	Obershagen	seit 2015
Wie wirkt sich der mehrjährige Anbau unterschiedlicher Energiegräser, auf die Herbst-N_{min}-Werte aus?	Dasselsbruch Werlte	seit 2015

Versuche mit Sickerwasseruntersuchungen

An den Standorten Thülsfelde, Hamerstorf und Wehnen erfasst das LBEG in vier verschiedenen Wasserschutzversuchen, ergänzend zu den N_{min}-Untersuchungen durch die Landwirtschaftskammer, die Nitratkonzentration im Sickerwasser. Abbildung 2 zeigt den Aufbau einer Sickerwasseranlage.

Abbildung 2: Beispielhafter Aufbau der Sickerwasseranlage

Mit Hilfe der Saugsonden wird dem Boden durch den Anschluss an eine Unterdruckpumpe Sickerwasser entzogen. Das Sickerwasser wird in den Sammelflaschen aufgefangen und anschließend analysiert.

Die Versuche mit begleitenden Sickerwasseruntersuchungen ermöglichen so, neben der Untersuchung der N-Dynamik im Boden, auch die Beurteilung der damit zusammenhängenden Nitratkonzentration im Sickerwasser und der Nitratfrachten in den einzelnen Varianten.

Die Sickerwasseruntersuchungen leisten zusätzlich zu ihrem wissenschaftlichen Wert einen wichtigen Beitrag um geringe Nitratauswaschung als Erfolgsparameter für erfolgreiche, grundwasserschonende Landbewirtschaftung in der landwirtschaftlichen Praxis zu etablieren. Durch die Besichtigungen der Versuchsflächen und Sickerwasseranlagen mit anschließender Diskussion der Versuchsergebnisse wird der direkte Einfluss der Bewirtschaftung, insbesondere der Stickstoffdüngung, auf die Nitratauswaschung deutlich aufgezeigt.

1. Grundwasserschutzorientierte Gestaltung der Fruchtfolge und grundwasserschutzorientierte N-Düngung – Versuchsstandort Hamerstorf

Mit Sickerwasseruntersuchungen durch das LBEG

Versuchsfrage

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

Versuchsaufbau

- Am Versuchsstandort Hamerstorf werden die Auswirkungen einer konventionellen Fruchtfolge und einer grundwasserschutzorientierten Fruchtfolge bei unterschiedlicher N-Düngung verglichen.
- 2015 wurde am Versuchsstandort Hamerstorf in der konventionellen Fruchtfolge Winterroggen angebaut. In der grundwasserschutzorientierten Fruchtfolge wurde ebenfalls Winterroggen, aber mit reduzierter Aussaatstärke und einer Grasuntersaat angebaut. Der Winterroggen in der grundwasserschutzorientierten Fruchtfolge wurde als GPS geerntet.

Ergebnisse

- Die N_{min}-Werte am Versuchsstandort Hamerstorf lagen insgesamt im Vergleich zu den N_{min}-Werten auf langjährig organisch gedüngten Versuchsstandorten auf einem relativ niedrigen Niveau.
- Die N-Düngung des Vorjahres hatte keinen Einfluss auf die Frühjahrs-N_{min}-Werte.
- Bei Winterroggen hatte die Höhe der N-Düngung nur einen geringen Einfluss auf die Höhe der Ernte-N_{min}-Werte und der Herbst-N_{min}-Werte. Dies bestätigt die Ergebnisse früherer Versuche auf leichten, auswaschungsgefährdeten Standorten. Eine über dem N-Bedarf liegende N-Düngung muss jedoch unbedingt vermieden werden um einen Anstieg der auswaschungsgefährdeten Reststickstoffgehalte im Herbst im Boden zu vermeiden.
- Die Untersaat im Winterroggen reduzierte sowohl die Schwankungsbreite der N_{min} – Werte im Jahresverlauf als auch den Einfluss der Höhe der N-Düngung auf die N_{min}-Werte.
- Bei der grundwasserschutzorientierten Gestaltung der Fruchtfolge soll vor allem eine ganzjährige Begrünung der Fläche sichergestellt werden.
  - Auf dem Versuchsstandort Hamerstorf ist beim Zwischenfruchtanbau häufig ein geringer Auflauf der Zwischenfrucht infolge fehlender Niederschläge im Herbst problematisch. Deshalb soll mit Hilfe einer Untersaat die Bodenfeuchte möglichst optimal genutzt werden. Daher wurden 2015 in der konventionellen und der grundwasserschutzorientierten Fruchtfolge Winterroggen und Roggen-GPS mit Untersaat verglichen
  - Durch die Schnittnutzung der Grasuntersaat können auch die N-Entzüge erhöht werden. 2015 konnten bis zum Beginn der Sickerwasserperiode bei GPS-Roggen mit Grasuntersaat die N-Entzüge im Vergleich zu Winterroggen erhöht werden. Lediglich in der Variante ohne N-Düngung und in der Variante mit organisch-mineralischer N-Düngung waren die N-Entzüge durch Winterroggen ohne Untersaat höher.

2. Grundwasserschutzorientierte Gestaltung der Fruchtfolge und grundwasserschutzorientierte N-Düngung - Versuchsstandort Thülsfelde

Mit Sickerwasseruntersuchungen durch das LBEG

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

Versuchsaufbau

- Am Versuchsstandort Thülsfelde werden seit 1995 auf drei Teilflächen die Auswirkungen unterschiedlicher Fruchtfolgen und der N-Düngungshöhe auf N-Dynamik im Boden, Erträge und Qualitätsparameter untersucht.
- Aufgrund der langen Versuchslaufzeit können am Versuchsstandort Thülsfelde auch langfristige Entwicklungen bei reduzierter oder überhöhter N-Düngung beobachtet werden.
- Auf einer Teilfläche führt das LBEG Sickerwasseruntersuchungen durch. Auf der zweiten und dritten Teilfläche werden eine grundwasserschutzorientieret und eine konventionelle Fruchtfolge verglichen.
- 2015 wurde in allen drei Fruchtfolgen Winterroggen angebaut.

Ergebnisse

- Insgesamt lagen die N_{min}-Werte unter Winterroggen im Jahresverlauf in der N-Sollwertvariante in allen drei Fruchtfolgen auf einem relativ niedrigen Niveau. Unabhängig von der Fruchtfolge und dem Probenahmetermin wurden N_{min}-Werte zwischen 10 und 49 kg N_{min}/ha gemessen. Dies bestätigt die langjährigen Ergebnisse am Versuchsstandort Thülsfelde, diese zeigen, dass unter Winterroggen reativ, unabhängig von der Höhe der N-Düngung, geringe N_{min}-Werte auftreten.
- Die N-Düngung im Vorjahr hatte keinen Einfluss auf die Frühjahrs-N_{min}-Werte. Die Ergebnisse der Sickerwasseruntersuchungen zeigen, dass nach höheren Reststickstoffgehalten im Herbst im Boden auch die Nitratkonzentration im Sickerwasser ansteigt und das Nitrat ausgewaschen wird.
- Auch die Ernte- und Herbst-N_{min}-Werte nach Winterroggen waren in allen drei Fruchtfolgen relativ niedrig. Unabhängig von der Höhe der N-Düngung lagen die Ernte-N_{min}-Werte zwischen 14 und 40 kg N_{min}/ha. Zu Beginn der Sickerwasserperiode wurden Herbst-N_{min}-Werte zwischen 10 und 23 kg N_{min}/ha festgestellt.
- Die Erträge stiegen mit steigender N-Düngung. In der N-Sollwertvariante lagen die Erträge zwischen 86/87 dt/ha (in der Fruchtfolge über der Sickerwasseranlage und in der konventionellen Fruchtfolge) und 94 dt/ha (in der grundwasserschutzorientierten Fruchtfolge). In allen N-Düngungsvarianten konnte in der grundwasserschutzorientierten Fruchtfolge ein höherer Winterroggenertrag geerntet werden, als in der konventionellen Fruchtfolge.

3. Grundwasserschutz durch Zwischenfruchtanbau - Versuchsstandort Wehnen

Mit Sickerwasseruntersuchungen durch das LBEG

- 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?
- 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 aufgenommen Stickstoffs, steht der nachfolgenden Hauptfrucht in den Folgejahren zur Verfügung?

Versuchsaufbau

Versuch mit Sickerwasseruntersuchungen – Versuchsstandort Wehnen

- In diesem Versuch werden drei Varianten des Zwischenfruchtanbaus sowie eine Vergleichsvariante ohne Zwischenfrucht nach Winterroggen mit einer N-Düngestaffel zu Silomais im Folgejahr kombiniert.
- Um jedes Jahr sowohl Daten zum Zwischenfruchtanbau als auch zu den Auswirkungen auf die nachfolgende Hauptkultur erheben zu können, wird die Fruchtfolge Winterroggen mit nachfolgendem Ölrettich als Zwischenfrucht und Silomais als darauffolgende Hauptfrucht auf zwei Teilflächen ein Jahr zeitversetzt angebaut
- Der Winterroggen wird einheitlich entsprechend der N-Sollwertempfehlungen gedüngt. Dem Winterroggen folgen die vier Zwischenfrucht-Varianten:
    - Kontrollvariante ohne Zwischenfrucht, ungedüngte Zwischenfrucht, mineralisch gedüngte Zwischenfrucht, organisch gedüngte Zwischenfrucht
- Auf der anderen Teilfläche wird orthogonal zu den Zwischenfruchtvarianten des Vorjahres Silomais in einer festen N-Düngestaffel mit sechs N-Düngungsvarianten in Stufen à 60 kg N/ha angebaut

Ergänzende Untersuchungen in weiteren Versuchen zum Zwischenfruchtanbau

- An den Versuchsstandorten Obershagen und Poppenburg wurden in Versuchen anderer Fachbereiche der LWK-Niedersachsen zum Zwischenfruchtanbau, ergänzende N_{min}-Untersuchungen durchgeführt.

Ergebnisse

Dauerversuch mit begleitenden Sickerwasseruntersuchungen

- In allen Versuchsjahren (2012-2015) konnten die Herbst-N_{min}-Werte durch die Zwischenfrucht, unabhängig von der N-Düngung zur Zwischenfrucht, erfolgreich gesenkt werden.
- In den vorangegangenen Versuchsjahren wurden der Zwischenfruchtaufwuchs, die Nitratauswaschung und die N-Nachlieferung im Folgejahr vom Witterungsverlauf während der Sickerwasserperiode beeinflusst. Die Ergebnisse der Sickerwasseruntersuchungen 2015/2016 werden durch das LBEG in einem gesonderten Bericht veröffentlicht.
- Bei der Bemessung der Höhe der N-Düngung zur Zwischenfrucht ist neben den gesetzlichen Obergrenzen der N-Düngebedarf der Zwischenfrucht jahres- und standortspezifisch einzuschätzen. Dieser variiert je nach:
  - Anbauzielen
  - Aussaattermin
  - Standorteigenschaften

  Bei später Aussaat beispielsweise ist die N-Düngung entsprechend zu verringern, um das Risiko erhöhter Nitratauswaschung zu minimieren, da die bisherigen Ergebnisse darauf hinweisen, dass bei späten Aussaatterminen die Zwischenfrucht den ausgebrachten Stickstoff nicht mehr vollständig aufnehmen kann.
- Die Düngung zur Zwischenfrucht 2014 erhöhte die bodenbürtige N-Nachlieferung im Vergleich zur ungedüngten Zwischenfrucht. Vegetationsbegleitende Untersuchungen, wie beispielsweise Spät-Frühjahrs-N_{min}-Probenahme, können helfen, die jahres- und standortspezifische N-Nachlieferung präziser einzuschätzen. Der Frühjahrs-N_{min}-Wert wurde durch eine vorangegangene Zwischenfrucht nur leicht erhöht.
- Die anrechenbare N-Nachlieferung der Zwischenfrucht 2014/2015 zu Silomais (darauffolgende Hauptfrucht) lag zwischen 31 kg N/ha nach ungedüngter Zwischenfrucht und 53 kg N/ha nach organisch gedüngter Zwischenfrucht. Um Nitratauswaschung nach Silomais zu vermeiden, muss die N-Nachlieferung der Zwischenfrucht bei der Bemessung der N-Düngung zur darauffolgenden Hauptfrucht berücksichtigt werden.

Ergänzende Untersuchungen Versuchsstandorte Poppenburg/Obershagen:

- Am Versuchsstandort Poppenburg hatte 2015 der Aussaattermin einen deutlicheren Einfluss auf die Reststickstoffgehalte und den Zwischenfruchtaufwuchs als Art und Höhe der N-Düngung. Je später die Zwischenfrucht ausgesät wurde, desto höher waren die N_{min}-Werte.
- Die Intensität der Bodenbearbeitung (Pflug oder Grubber) hatte 2015 am Versuchsstandort Poppenburg keinen Einfluss auf die Reststickstoffgehalte.
- Die Ergebnisse bestätigen den Nutzen eines im Sinne des Grundwasserschutzes geforderten frühen Aussaattermins.

4. Grundwasserschutzorientierte organische Düngung – Versuchsstandort Wehnen

Mit Sickerwasseruntersuchungen durch das LBEG

- Welchen Einfluss hat die Höhe der organischen N-Düngung auf die Nitratkonzentration im Sickerwasser?
- Wie wirkt sich organische Düngung im Vergleich zu mineralischer 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 N-Dynamik im Boden, Erträge und Qualitätsparameter aus?

Versuchsaufbau

- Auf der Versuchsfläche werden Silomais und Winterroggen im Wechsel angebaut. 2015 stand Winterroggen auf der Versuchsfläche.
- In dem Versuch werden parallel eine mineralische und eine organisch-mineralische N-Düngestaffel bezüglich ihrer Auswirkungen auf Nitratkonzentration im Sickerwasser, N-Dynamik im Boden, Erträge und Qualitätsparameter untersucht.

Ergebnisse

- Die N_{min}-Werte nach Winterroggen variierten von 14 bis 44 kg N_{min}/ha direkt nach der Ernte und 29 und 47 kg N_{min}/ha zu Beginn der Sickerwasserperiode. Die höchsten N_{min}-Werte traten in den überhöht gedüngten Varianten auf.
- Sowohl direkt nach der Ernte als auch zu Beginn der Sickerwasserperiode traten die niedrigsten N_{min}-Werte in den Varianten mit geringer N-Düngung auf. Durch einen völligen Verzicht auf N-Düngung konnten die N_{min}-Werte infolge mangelnder N-Entzüge nicht weiter gesenkt werden.
- Eine über dem N-Bedarf liegende N-Düngung führte zu einem Anstieg der N_{min}-Werte. Hierbei war es unerheblich, ob die N-Düngung rein mineralisch, organisch beziehungsweise organisch-mineralisch verabreicht wurde.
- Die Erträge stiegen zunächst mit steigender N-Düngung an. Ab einer N-Düngungshöhe von 120 kg N/ha und einem Ertrag von 118 dt/ha konnte der Ertrag nicht weiter erhöht werden. Als ökonomisch optimale N-Düngung wurde anhand der N-Düngestaffel eine N-Düngergabe von 142 kg N/ha errechnet. Bei einer N-Düngung von 142 kg N/ha lag 2015 der errechnete Herbst-N_{min}-Wert bei 32 kg N_{min}/ha und der Ertrag bei 113 dt/ha.
- Im Vergleich zu den rein organisch gedüngten Varianten führte eine mineralische Ergänzung von 40 kg N/ha zu einem Anstieg der N-Mineraldüngeräquivalente. Bei einer weiteren Steigerung der mineralischen N-Ergänzung wurde der N-Düngebedarf überschritten und die N-Mineraldüngeräquivalente sanken.
- Sowohl für Winterroggen als auch für Silomais liegen aus diesem Versuch derzeit lediglich einjährige Ergebnisse vor. Allgemeine Beratungsempfehlungen können daher noch nicht hergeleitet werden.
    - Die Ergebnisse der beiden ersten Versuchsjahre am Versuchsstandort Wehnen bestätigen die Ergebnisse vorangegangener Versuche, die zeigen, dass Winterroggen im Vergleich zu Silomais besonders bei überhöhter N-Düngung vergleichsweise geringe Herbst-N_{min}-Werte hinterlässt.

5. Bodenbearbeitung und Begrünung durch Grünroggen nach der Silomaisernte – Auswirkungen auf die N-Dynamik im Boden

- In welchem Umfang werden die Reststickstoffgehalte im Boden nach Silomais durch eine Bodenbearbeitung nach der Maisernte erhöht?
- Können die Reststickstoffgehalte im Boden nach Silomais durch die Aussaat von Grünroggen als Winterbegrünung verringert werden?

Versuchsaufbau

- In diesem seit 2012 durchgeführten Versuch werden Bodenbearbeitung (grubbern) jeweils mit und ohne anschließende Begrünung mit Grünroggen in vier Varianten verglichen.
- Der Versuch wird an den Versuchsstandorten Borgholt und Wehnen durchgeführt.

Ergebnisse

- Ein durchgängiger Einfluss von Bodenbearbeitung nach der Maisernte oder der Winterbegrünung mit Grünroggen auf die N_{min}-Werte im Herbst konnte auch 2015 nicht festgestellt werden.
- Im Frühjahr waren die N_{min}-Werte aufgrund der Nitratauswaschung über Winter einheitlich deutlich niedriger als im Herbst. Die N_{min}-Werte in den Varianten mit Begrünung waren jedoch durchgängig etwas geringer, als in den Varianten ohne Begrünung
- Im Mittel der Jahre und Standorte hatte die Bodenbearbeitung (Grubbern) bei moderaten Ausgangs-N_{min}-Werten direkt nach der Ernte kaum einen Einfluss auf die auswaschungsgefährdeten Reststickstoffgehalte im Herbst im Boden.
    - Die Versuchsergebnisse der Vorjahre zeigen, dass bei moderaten Ernte-N_{min}-Werten die aus phytosanitären häufig notwendige Stoppel-/Bodenbearbeitung durchgeführt werden kann, ohne die Herbst-N_{min}-Werte zu erhöhen.
- Bei wärmerer Witterung im Herbst/Winter wurden höhere N_{min}-Werte festgestellt als im ersten Versuchsjahr (2012). Obwohl eine Winterbegrünung nach Mais aufgrund der späten Aussaat deutlich weniger Stickstoff aufnahm als eine Zwischenfrucht nach Getreide, konnte die erhöhte Mineralisierung infolge der milden Witterung durch eine verstärkte N-Aufnahme durch den Grünroggen kompensiert werden.

6. Vergleich grundwasserschutzorientierter N-Düngestrategien im Silomaisanbau

- Können auswaschungsgefährdete Reststickstoffgehalte nach Silomais durch eine möglichst präzise Einschätzung des N-Düngebedarfs gesenkt werden?
- Wie wirkt sich die Höhe der N-Düngung an verschiedenen Standorten auf die N-Dynamik im Boden aus?
- 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?
- Vor- und Nachteile der untersuchten Strategien in der grundwasserschutzorientierten Düngeberatung

Versuchsaufbau

- In diesem Versuch wurden 2013-2015 N-Düngestrategien verglichen und anhand einer festen N-Düngestaffel validiert.
- Bei der **N-Sollwertmethode** wurde von dem für Mais empfohlenen N-Sollwert von 180 kg N/ha zunächst der Frühjahrs N_{min}-Wert abgezogen. Derzeit wird für die Ermittlung des N-Düngebedarfs von Mais der Frühjahrs-N_{min}-Wert in einer Tiefe von 0-60 cm angerechnet. Zusätzlich werden bei der N-Sollwertmethode weitere Korrekturfaktoren, wie beispielsweise langjährige organische Düngung oder vorangegangene Zwischenfrüchte berücksichtigt, um die standörtliche N-Nachlieferung abschätzen zu können.
- 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 Ende Mai beziehungsweise Anfang Juni auf einen Sollwert von 180 kg N/ha nachgedüngt.
- Zusätzlich wurde 2014 und 2015 in Anlehnung an aktuelle Wasserschutzgebietsverordnungen eine Variante mit einer um 20 % reduzierten N-Sollwertdüngung angelegt.
- Der Versuch wurde an den Versuchsstandorten Poppenburg, Rockstedt, Wehnen und Werlte durchgeführt.

Ergebnisse

- Mit steigender N-Düngung stiegen an allen vier Versuchsstandorten die Ernte-N_{min}-Werte an. Besonders bei Überschreiten des N-Düngebedarfs steigen die N_{min}-Werte überproportional an.

Im Mittel der Jahre und Standorte waren sowohl die N-Sollwertmethode, als auch die Spät-Frühjahrs-N_{min}-Methode geeignet, um den N-Düngebedarf von Silomais zu ermitteln. Bei der N-Düngebedarfsermittlung muss besonders auf langjährig organisch gedüngten oder stark N-nachliefernden Standorten, die bodenbürtige N-Nachlieferung berücksichtigt werden. Da diese stark variiert, kann keine N-Düngestrategie standortübergreifend empfohlen werden.

- Grundsätzlich hat der Standort einen großen Einfluss auf die Herbst-N_{min}-Werte im Silomais. Je stärker der Standort nachliefert, umso wichtiger ist die präzise Ermittlung des N-Düngebedarfs um hohe Herbst-N_{min}-Werte zu vermeiden.
    - Besonders bei Standorten mit sehr hoher bodenbürtiger N-Nachlieferung, wie beispielsweise am Versuchsstandort Poppenburg oder auf langjährig

organisch gedüngten Standorten, bietet die Spät-Frühjahrs-N_{min}-Probenahme eine Möglichkeit die N-Düngung jahres- und standortspezifisch anzupassen und das Einsparpotential bei der N-Düngung entsprechend zu nutzen.

- Die N-Düngestrategie muss jedoch auch entsprechend der betriebsspezifischen Anforderungen ausgewählt werden. Bei Wirtschaftsdüngereinsatz ist es aus arbeitswirtschaftlichen Gründen häufig sinnvoll, die N-Düngung in einem Arbeitsgang vor der Aussaat durchzuführen.

- Silomais 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. Dies zeigen die hohen N-Entzüge in ungedüngten oder niedrig gedüngten Varianten.
  - Im Silomaisanbau werden geringe Reststickstoffgehalte im Herbst im Boden und optimale Erträge bei deutlich negativen N-Flächenbilanzen (N-Zufuhr abzüglich N-Abfuhr) erzielt.
- Treten auch bei Sollwertdüngung unter Berücksichtigung der Korrekturfaktoren wiederholt hohe Herbst-N_{min}-Werte auf, kann die Sollwertdüngung häufig mit geringen Ertragseffekten um 10-20 % reduziert werden, um -besonders bei der Teilnahme an erfolgshonorierten Freiwilligen Vereinbarungen- hohe Herbst-N_{min}-Werte zu vermeiden.
- Vegetationsbegleitende Untersuchungen, wie Spät-Frühjahrs-N_{min}-Probenahmen oder Nitrachek-Analysen helfen die N-Nachlieferung des Standortes und die N-Versorgung der Pflanzen einzuschätzen und zu beurteilen, ob weiterer N-Düngebedarf besteht. Die Ergebnisse müssen jedoch immer im Zusammenhang mit Standorteigenschaften, Witterungsverlauf und vorangegangenen Bewirtschaftungsmaßnahmen beurteilt werden.

7. Weiterentwicklung regionalspezifischer Strategien zur grundwasserschutzorientierten Winterweizendüngung

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

Versuchsaufbau

- In einem, vom Fachbereich „Pflanzenbau, Saatgut“ durchgeführten Versuch zur N-Düngung von Winterweizen wurden 2015 an verschiedenen Standorten auch unterschiedliche, regionalspezifische Strategien zur grundwasserschutzorientierten N-Düngung untersucht.
- In den Varianten mit grundwasserschutzorientierter N-Düngung wurde die N-Sollwertdüngung um 20 bis 30 kg N/ha reduziert. Häufig wurde die Spätgabe reduziert oder es wurde vollständig auf eine Spätgabe verzichtet. Am Versuchsstandort Königslutter wurde ein stabilisierter N-Dünger verwendet.
- Der Versuch wurde an den Versuchsstandorten Borwede, Höckelheim, Otterndorf, Königslutter und Poppenburg durchgeführt.

Ergebnisse

- Um die Nitratauswaschung zu reduzieren, ist im Getreideanbau eine Zwischenfrucht sinnvoller, als eine Reduzierung der N-Düngung, (SEITZ et al. (2006)).
- Auch sehr hohe Frühjahrs-N_{min}-Werte konnten bei der N-Düngebedarfsermittlung entsprechend des N-Sollwertschemas abgezogen werden, ohne dass ein Ertragsrückgang festgestellt werden konnte. Die Berücksichtigung eigener Frühjahrs-N_{min}-Werte bei der N-Düngebedarfsermittlung kann besonders bei hohen Frühjahrs-N_{min}-Werten dazu beitragen, überschüssige N-Düngung und damit die Gefahr erhöhter Ernte-N_{min}-Werte oder N-Bilanzen zu vermeiden.
- Die Ernte-N_{min}-Werte konnten durch die grundwasserschutzorientierte N-Düngung im Vergleich zur N-Sollwertdüngung kaum gesenkt werden. An den meisten Standorten lag der Unterschied zwischen den Ernte-N_{min}-Werten bei Sollwertdüngung und bei grundwasserschutzorientierter N-Düngung unter 10 kg N_{min}/ha. Die N-Salden konnten jedoch um bis zu 32 kg N/ha reduziert werden.
- Langjährige Ergebnisse aus Versuchen zur Weizendüngung (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) zeigen jedoch, dass es bei überhöhter N-Düngung im Mittel der Jahre und Standorte auch zu höheren Ernte-N_{min}-Werten kommt.
    - Um hohe Reststickstoffgehalte im Boden nach der Ernte zu vermeiden, können Möglichkeiten die Bestandesführung auch hinsichtlich des N-Düngungstermins zu optimieren, wie beispielsweise die ISIP-Methode oder die Nitrachek-Methode, genutzt werden, da diese insbesondere bei ungünstiger Witterung dazu beitragen, überschüssige N-Düngung zu vermeiden.
- Bei Winterweizen mit Blattvorfrucht hatte die grundwasserschutzorientierte N-Düngung keinen statistisch absicherbaren Einfluss auf den Weizenertrag.
- Bei Winterweizen mit Getreidevorfrucht kam es am Versuchsstandort Königslutter zu einem leichten Ertragsrückgang in der Variante mit grundwasserschutzorientierter N-Düngung im Vergleich zur N-Sollwertdüngung. Auf den anderen Versuchsstandorten gab es keine Ertragsunterschiede zwischen der N-Sollwertvariante und der Wasserschutzvariante.

Die Ergebnisse weisen auch darauf hin, dass- besonders bei reduzierter N-Düngung- die Form des N-Düngers berücksichtigt werden sollte (zum Beispiel stabilisierter N-Dünger in Kombination mit einer Reduzierung der Spätgabe). Die Ergebnisse weisen auch darauf hin, dass- besonders bei reduzierter N-Düngung- die Form des N-Düngers berücksichtigt werden sollte (zum Beispiel stabilisierter N-Dünger in Kombination mit einer Reduzierung der Spätgabe).

8. Weiterentwicklung grundwasserschutzorientierter Herbizidstrategien im Silomaisanbau

Versuchsaufbau

- an drei Standorten werden zwei Herbizidstrategien ohne Metolachlor und Terbuthylazin verglichen. Der Versuch wurde 2015 an den drei Versuchsstandorten Addrup im Landkreis Cloppenburg, Dissen im Landkreis Osnabrück und Kluse im Landkreis Emsland fortgesetzt.
- Eine Kontrollvariante ohne Unkrautbekämpfungsmaßnahmen wurde an allen drei Standorten ebenfalls angelegt.
- Im Gegensatz zur konventionellen Variante wurden in den Wasserschutzvarianten jeweils zwei Behandlungen durchgeführt.

Ergebnisse

- Bei beiden grundwasserschutzorientierten Herbizidstrategien ist im Vergleich zur konventionellen Variante eine weitere Überfahrt notwendig.
- Je nach Unkraut/Standort können vergleichbare Wirkungsgrade zur konventionellen Variante erzielt werden.
- Um neben dem Wasserschutz auch der Resistenzproblematik (besonders bei Hirsen) gerecht zu werden, empfiehlt das Pflanzenschutzamt neben Maßnahmen des integrierten Pflanzenschutzes, wie beispielsweise der Fruchtfolgegestaltung, auch einen Wechsel zwischen den Herbizidstrategien.

9. Auswirkungen von Untersaaten im Silomaisanbau auf die N-Dynamik im Boden

- Inwieweit können die Herbst-N_{min}-Werte im Silomaisanbau durch Grasuntersaaten reduziert werden?

Versuchsaufbau

- In diesem Versuch wurden nach einer N_{min}-Probenahme direkt nach der Maisernte die Herbst-N_{min}-Werte nach Silomais mit und ohne Untersaat verglichen.

Ergebnisse

- Bei insgesamt niedrigen Ernte-/Herbst-N_{min}-Werten konnten 2015 am Versuchsstandort Stapel die Reststickstoffgehalte im Herbst im Boden auch durch Untersaaten kaum weiter gesenkt werden.

Mehrjährige Ergebnisse vorangegangener Versuch zeigten jedoch, dass:

- Durch Untersaaten konnten unabhängig von der Auswahl und Aussaatzeitpunkt in dem durchgeführten Versuch die N_{min}-Werte im Mittel der Jahre und Standorte sowohl direkt nach der Ernte als auch zu Beginn der Sickerwasserperiode reduzieren. Die betriebsspezifischen Anforderungen können somit bei der Auswahl der Untersaat berücksichtigt werden.
- Bei entsprechender Auswahl des Aussaatzeitpunktes hatte die Untersaat- auch bei Sommertrockenheit- keinen Einfluss auf den Silomaisertrag.
- Unkrautbekämpfungsmaßnahmen sollten, besonders bei Einsatz von Bodenherbiziden, mit der Pflanzenschutzberatung vor Ort abgestimmt werden, um eine Schädigung der Untersaat zu vermeiden.

10. Auswirkungen von Gülleunterfußdüngung auf die N_{min}-Werte direkt nach der Silomaisernte und zu Beginn der Sickerwasserperiode

- Wie wirken sich Gülleunterfußdüngung und der Einsatz von Nitrifikationshemmstoffen auf die Ernte- und Herbst-N_{min}-Werte nach Silomais aus?

Versuchsaufbau

- Der Versuch wurde im Rahmen eines von der DBU finanzierten und der Hochschule Osnabrück koordinierten Projektes an verschiedenen Standorten in Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Schleswig Holstein durchgeführt
- Am Versuchsstandort Poppenburg wurde im Rahmen der Wasserschutzversuch ergänzende N_{min}-Proben gezogen.
- Am Versuchsstandort Poppenburg wurde zwölf Varianten angelegt.
  - Eine Kontrollvariante ohne N-Düngung, Gülleausbringung mit dem Schleppschlauch, Gülleunterfußdüngung (N-Sollwert) und Gülleunterfußdüngung bei reduzierter N-Sollwertdüngung. Die Varianten mit Gülleunterfußdüngung wurden mit und ohne Nitrifikationshemmstoff im Vergleich angelegt. Alle Varianten wurde jeweils mit und ohne mineralische Unterfußdüngung angelegt.

Ergebnisse

- Gülleunterfußdüngung bietet im Vergleich zur Schleppschlauchausbringung mit anschließender Einarbeitung einige Vorteile. Aus Sicht des Wasserschutzes sind vor allem die Verbesserung der betrieblichen Nährstoffbilanz und eine Reduzierung bis hin zum Verzicht des Einsatzes mineralischen Unterfußdüngers positiv zu bewerten, (OLFS et al. (2016)).
- Die Ergebnisse der N_{min}-Untersuchungen 2015 am Versuchsstandort Poppenburg weisen darauf hin, dass die höhere N-Effizienz bei der Bemessung der Höhe der N-Düngung entsprechend berücksichtigt werden muss, um einen Anstieg der Herbst-N_{min}-Werte zu vermeiden.
- Darüber hinaus lässt sich die Streifenbearbeitung (Strip-Till Verfahren) sehr gut mit der Gülleunterfußdüngung kombinieren. So können zusätzlich die Vorteile der Mulchsaat, wie beispielsweise verbesserter Erosionsschutz, im Maisanbau genutzt werden, (FEDEROLF et al. (2016b)).
- Die Ergebnisse mehrjähriger Feldversuche in Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein zeigen:
  - dass auf mineralische Unterfußdüngung beim Maisanbau verzichtet werden kann, wenn die flüssigen, organischen Nährstoffträger direkt unter der Maisreihe vor der Aussaat injiziert werden, ((OLFS et al. (2016).
  - dass dieses Verfahren auf vielen Standorten zum Einsatz kommen kann, ohne dass Silomaisertrag und -qualität negativ beeinflusst werden, (FEDEROLF et al. (2016a).
  - dass die Gülleunterfußdüngung sowohl für Betriebe mit Tierhaltung und Maisanbau als auch für Betriebe mit Raps- und Qualitätsweizenanbau ein wichtiger Baustein zur Entlastung der Nährstoffbilanzen sein kann, (OLFS et al. (2016)).

11. Auswirkungen von Energiegras im mehrjährigen Anbau auf die N-Dynamik im Boden

- Wie wirkt sich der mehrjährige Anbau von unterschiedlichen Energiegräsern auf die Herbst-N_{min}-Werte aus?

Versuchsaufbau

- An den Versuchsstandorten Obershagen (Hannover) und Werlte (Emsland) wurden 2015 die N_{min}-Werte unter verschiedenen Energiegräsern, bei unterschiedlicher Schnittnutzung verglichen.

Ergebnisse

- Erste, ergänzende N_{min}-Untersuchungen in einem Versuch zum mehrjährigen Anbau von Energiegras zeigten unabhängig von Schnittnutzung und angebautem Energiegras sehr niedrige Herbst-N_{min}-Werte.

Anhang

Literaturverzeichnis

FEDEROLF C.-P., WESTERSCHULTE M., OLFS H.-W., BROLL G., TRAUTZ D. (2016a)
„Enhanced nutrient use efficiencies from liquid manure by positioned injection in maize cropping in northwest Germany"
European Journal of Agronomy 75 (2016) pp 130-138

FEDEROLF C.-P., WESTERSCHULTE M., OLFS H.-W., TRAUTZ D. (2016b)
„Gülleunterfußdüngung zu Silomais im Nordwesen – Die Nährstoffbilanzen entlasten"
LOP 5/2016 Seite 23-27

HARMS K.-G., (2015)
„N-Stabilisator richtig dosieren "
DLZ Special (11/2015) „Stickstoff-Effizienz steigern bei Gülle und Gärresten"; Seite 21-22

HEUMANN S., FIER A., HAßDENTEUFEL M., HÖPER H., SCHÄFER W., EILER T., BÖTTCHER J. (2013)
„Minimizing nitrate leaching while maintaining crop yields: insights by simulating net N-mineralization"
Nutrient cycling in Agroecosystems

JANKOWSKI A. und ROSKAM A.
„Themenbericht Pflanzenschutzmittel Wirkstoffe und Metaboliten im Grundwasser Datenauswertung 1989 bis 2013"
http://www.nlwkn.niedersachsen.de/aktuelles/pressemitteilungen/pflanzenschutzmittel-im-grundwasser-nachgewiesen-134746.html (23.06.2015)

OLFS H.-W., FEDEROLF C.-P., WESTERSCHULTE M., TRAUTZ D. (2016)
„Gülleinjektion im Maisanbau – Mineralische Unterfußdüngung kann ersetzt werden"
Mais 2/2016 Seite 64-67

PFLANZENSCHUTZAMT LWK NIEDERSACHSEN (2016)
„Wasserschutz und Pflanzenschutz"
https://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/pflanze/nav/506/article/29251.html

SCHÄFER W., HÖPER H., WALLRABENSTEIN H.; (2013)
„Möglichkeiten zur Optimierung der N-Düngung und Fruchtfolgen aus Sicht des Wasserschutzes"
https://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/wasserschutzfuerniedersachsen/nav/1669/article/23725.html
(27.11.2013)

SEITZ O., SCHÄFER W., ESCH R. UND HÖPER H. (2006)
„Nutzungsform beeinflusst Nitratkonzentration im Sickerwasser"
Landwirtschaft und Wasserrahmenrichtlinie (2006); Seite 19-23