



## WAgrico 2

Gewässerbewirtschaftung in  
Kooperation mit der Landwirtschaft  
in niedersächsischen Pilotgebieten

## Projektbericht



Niedersachsen





Niedersächsischer Landesbetrieb für  
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz

## **WAgriCo 2**

**Gewässerbewirtschaftung in  
Kooperation mit der Landwirtschaft  
in niedersächsischen Pilotgebieten**

## **Projektbericht**



**Niedersachsen**

## **Herausgeber**

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,  
Küsten- und Naturschutz – Direktion –  
Am Sportplatz 23  
26506 Norden

## **Projektleitung und Gesamtkoordination**

Hubertus Schültken, NLWKN, Bst. Hannover-Hildesheim  
Hilke Prange, NLWKN, Bst. Hannover-Hildesheim

## **Koordinierung in den Pilotgebieten**

### **Pilotgebiet Lager Hase**

Georg Kühling, NLWKN Bst. Cloppenburg  
Annette Kayser, NLWKN Bst. Cloppenburg

### **Pilotgebiet Große Aue**

Dr. Dorothea Berger, NLWKN Bst. Sulingen  
Sandro Wrede, NLWKN Bst. Sulingen

### **Pilotgebiet Ilmenau/Jeetzel**

Gerald Nickel, NLWKN Bst. Lüneburg  
Silke Hasse-Marquard, NLWKN Bst. Lüneburg

## **Projektpartner**

Dr. Ralf Kunkel, Forschungszentrum Jülich (FZJ)  
Bernhard Osterburg, Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI)  
Dr. Thomas Schmidt, Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI)  
Wolfgang Roggendorf, Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI)  
Dr. Walter Schäfer, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG)  
Beate Thomann, Landwirtschaftskammer Niedersachsen (LWK)  
Ludger Holzenkamp, Landwirtschaftskammer Niedersachsen (LWK)  
Frank Wiebking, Landwirtschaftskammer Niedersachsen (LWK)  
Rainer Behrens, Landwirtschaftskammer Niedersachsen (LWK)

## **Landwirtevertreter aus den Pilotgebieten**

Harald Flerlage (Pilotgebiet Lager Hase)  
Hubertus Berges (Pilotgebiet Lager Hase)  
Wilfried Schlichte (Pilotgebiet Große Aue)  
Hans-Werner Zachow (Pilotgebiet Ilmenau/Jeetzel)

1. Auflage Dezember 2011, 180 Stück

Schutzgebühr 5,00 € zuzüglich Versandkosten

Bezug:

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,  
Küsten- und Naturschutz  
Betriebsstelle Hannover-Hildesheim  
Göttinger Chaussee 76 A  
30453 Hannover

[www.nlwkn.niedersachsen.de](http://www.nlwkn.niedersachsen.de)

## **Danke!**

Danke an alle, die aufbauend auf WAgriCo zum Gelingen des Folgeprojekts WAgriCo 2 beigetragen und mit ihren Fachbeiträgen den vorliegenden Projektbericht erfolgreich mitgestaltet haben.

Besonderer Dank richtet sich deshalb an die Projektpartner und die dazugehörigen Institutionen sowie an die koordinierenden Kolleginnen und Kollegen des NLWKN in den Pilotgebieten. Nicht zu vergessen sind in diesem Zusammenhang die Landwirte in den Pilotgebieten, die durch ihre Kooperation und ihr Engagement den Erfolg des Projektes maßgeblich mitbestimmt haben.



## Inhaltsverzeichnis

- 1 Einleitung (NLWKN)**
- 2 Beteiligungsprozess und Ergebnistransfer (NLWKN)**
  - 2.1 Fortführung des Beteiligungsprozesses
  - 2.2 Ergebnistransfer und Austausch mit Entscheidungsträgern
- 3 Maßnahmenumsetzung und -integration in NAU/BAU**
  - 3.1 Vorgezogene Umsetzung der EG-WRRL-Maßnahmen (LWK)
  - 3.2 Gülleunterfußdüngung im Maisanbau (LWK)
  - 3.3 Bewertung des CULTAN-Verfahrens als Maßnahme zur Verminderung von Stoffeinträgen in das Grundwasser (NLWKN)
  - 3.4 Flächenbilanz – Hinweise zur plausiblen Erfassung von Bilanzdaten für den betrieblichen Nährstoffvergleich gemäß Düngeverordnung (LWK)
  - 3.5 Integration des Maßnahmenvorschlages in NAU/BAU (NLWKN)
- 4 Abschätzung der Maßnahmenwirkung (vTI)**
  - 4.1 Wirkung von Wasserschutzmaßnahmen auf den mineralischen Stickstoffgehalt von Böden
  - 4.2 Abschätzung der ökologischen und ökonomischen Wirkungen einer landesweiten Maßnahmenumsetzung
- 5 Beratungskonzept für die EG-WRRL-Zielkulisse für den Bereich Grundwasser (NLWKN)**
- 6 Weiterentwicklung des Konzeptes zum Wirkungsmonitoring (NLWKN)**
- 7 Wechselwirkungen zwischen Grundwasser und Oberflächengewässern**
  - 7.1 Räumlich differenzierte Quantifizierung der N-Belastung der Grund- und Oberflächengewässer von Lager Hase, Großer Aue und Ilmenau/Jeetzel unter besonderer Berücksichtigung diffuser landwirtschaftlicher Quellen (FZJ)
  - 7.2 Darstellung der Dränwasser-Untersuchungen (LBEG)
- 8 Fazit und Ausblick (NLWKN)**
- 9 Stellungnahme der beteiligten Landwirte im Modellprojekt WAgriCo 2**



## Abkürzungsverzeichnis

<b>AG</b>	Arbeitsgruppe	<b>ELER-VO</b>	Verordnung (EG) Nr. 1698/2005 des Rates vom 20. September 2005 über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums
<b>AK</b>	Arbeitskreis	<b>E-Maßnahme</b>	Ergebnisorientierte Honorierung einer verbesserten N-Effizienz
<b>ATKIS</b>	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem	<b>EU</b>	Europäische Union
<b>AUP</b>	Agrarumweltprogramm	<b>FNN</b>	Flächennutzungsnachweis
<b>BDF</b>	Bodendauerbeobachtungsfläche	<b>FV</b>	Freiwillige Vereinbarung
<b>BLE</b>	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung	<b>FZJ</b>	Forschungszentrum Jülich
<b>Bst</b>	Betriebsstelle des Niedersächsischen Landesbetriebes für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz	<b>GAK</b>	Gemeinschaftsaufgabe Agrarstruktur und Küstenschutz
<b>BÜK</b>	Bodenübersichtskarte	<b>GFN</b>	Gesamtflächennutzungsnachweis
<b>BWK</b>	Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau	<b>GPS</b>	Global Positioning System
<b>BZA</b>	Betriebszweigauswertung	<b>GROWA</b>	Großräumiges Wasserhaushaltsmodell
<b>CULTAN</b>	Controlled Uptake Long Term Ammonium Nutrition	<b>GÜN</b>	Gewässer-Überwachungssystem Niedersachsen
<b>DAAS</b>	Danish Agricultural Advisory Service	<b>GVE</b>	Großvieheinheiten
<b>DENUZ</b>	Modell zur Quantifizierung des Nitratabbaus im Boden	<b>GW</b>	Grundwasser
<b>DG</b>	Generaldirektion der Europäischen Kommission	<b>GWK</b>	Grundwasserkörper
<b>DIWA</b>	Digitales Informationssystem Wasserschutz	<b>ha</b>	Hektar
<b>DLG</b>	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft	<b>HÜK</b>	Hydrogeologische Übersichtskarte
<b>dt</b>	Dezitonne	<b>InVeKoS</b>	Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem
<b>DüngeVO</b>	Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen	<b>IWA</b>	International Water Association
<b>DüV</b>		<b>KrW/AbfG</b>	Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen
<b>EG</b>	Expertengruppe	<b>LAWA</b>	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
<b>EG-WRRL</b>	Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik		

<b>LBEG</b>	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie	<b>WFD</b>	Water Framework Directive (siehe EG-WRRL)
<b>LF</b>	Landwirtschaftlich genutzte Fläche	<b>vTI</b>	Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für ländliche Räume, Wald und Fischerei
<b>LK</b>	Landkreis	<b>WAgriCo</b>	Water Resources Management in Cooperation with Agriculture
<b>LWK</b>	Landwirtschaftskammer Niedersachsen	<b>WEKU</b>	Hydrogeologisches N-Transportmodell
<b>Mio</b>	Millionen	<b>WSG</b>	Wasserschutzgebiet
<b>ML</b>	Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung	<b>WVU</b>	Wasserversorgungsunternehmen
<b>Mon</b>	Monat		
<b>MU</b>	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz		
<b>N</b>	Stickstoff		
<b>NAU/BAU</b>	Niedersächsisches und Bremer Agrarumweltprogramm		
<b>Nds.</b>	Niedersächsisches		
<b>Nges</b>	Summenparameter der anorganischen Stickstoffverbindungen		
<b>NLWKN</b>	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz		
<b>Nmin</b>	mineralisierter Bodenstickstoff		
<b>P</b>	Phosphor		
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	Phosphorpentoxid		
<b>PG</b>	Pilotgebiet		
<b>PROFIL</b>	Programm zur Förderung im ländlichen Raum für Niedersachsen und Bremen 2007 bis 2013		
<b>RAM-Futter</b>	rohprotein- und phosphorarmes Mastfutter		
<b>Ref.</b>	Referat		
<b>SG</b>	Steuerungsgruppe		
<b>Sts.</b>	Staatssekretär		
<b>TGG</b>	Trinkwassergewinnungsgebiet		
<b>TWGG</b>			
<b>TM-Ertrag</b>	Trockenmasse-Ertrag		
<b>UFD</b>	Unterfußdüngung		

## **Kapitel 1 Einleitung**



## 1 Einleitung

### WAgriCo

Mit dem dreijährigen EU-Life-Projekt WAgriCo (LIFE05 ENV/D/000182) wurden Konzepte und Strategien zur Reduzierung der bestehenden diffusen Belastungen aus der Landwirtschaft in die Gewässer erarbeitet und bereitgestellt. Der Ausgangspunkt hierfür sind die Anforderungen der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) und die bestehenden Umweltziele. Gemeinsam mit britischen Projektpartnern hat zu diesem Zweck in ausgewählten Pilotgebieten in Niedersachsen und Großbritannien eine – gegenüber dem Zeitplan der EG-WRRL – vorgezogene Maßnahmenplanung und -umsetzung stattgefunden. Die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse wurden auf die Zielkulisse zum Grundwasserschutz übertragen, in der ab 2010 mit der Maßnahmenumsetzung begonnen wird.

Auf Grundlage eines beteiligungsorientierten Projektansatzes wurden in WAgriCo wichtige Empfehlungen und Konzepte, insbesondere zu folgenden Themen, erarbeitet:

- Vorschlag für einen effizienten Maßnahmenkatalog zur Integration in AUP (NAU/BAU) basierend auf der Maßnahmenerprobung in den Pilotgebieten
- modellgestützte Ableitung des landesweiten N-Minderungsbedarfes
- Konzept zur ergebnisorientierten Honorierung
- Empfehlungen zur maßnahmenbegleitenden Beratung
- Konzept zum Wirkungsmonitoring

Das Projekt WAgriCo wurde im Rahmen eines EU-Workshop zur Ergebnispräsentation und zum Austausch mit in- und ausländischen Fachkollegen im September 2008 erfolgreich beendet.

### Folgeprojekt WAgriCo 2

Bereits vor Ablauf von WAgriCo sprachen sich sowohl die Projektpartner als auch die aktiv beteiligten Landwirte für eine Projektverlängerung in Niedersachsen aus. So wurde bereits im Juli 2008 ein Antrag für das so genannte Folgeprojekt, nachfolgend WAgriCo 2 genannt, für die niedersächsischen Pilotgebiete gestellt. Die baldige Zusage zur Mittelbereitstellung seitens des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt und Klimaschutz erlaubte einen nahtlosen Übergang von WAgriCo zu WAgriCo 2 ab Oktober 2008.

Als wesentliche Gründe für die Projektfortsetzung und zur „Überbrückung“ des Zeitraumes bis 2010 standen dabei folgende Aspekte im Vordergrund:

- Optimierung der Beteiligungsstrukturen auf Grundlage des Partizipationsleitfadens.
- Vorgezogene Umsetzung der EG-WRRL-Maßnahmen – Erprobung organisatorischer, finanzieller und administrativer Lösungsansätze für die landesweite Umsetzung.
- Fortführung der Aktivitäten zur Integration des Maßnahmenvorschlages in NAU/BAU.
- Erweiterung des Konzeptes zum Wirkungsmonitoring
- Modellgestützte Wirkungsabschätzung der Grundwasserschutzmaßnahmen auf die Oberflächengewässer.
- Dränuntersuchungen zu Nährstoffeinträgen in die Gewässer.

Nachdem in WAgriCo vorrangig Maßnahmen zur Verbesserung des Grundwasserzustandes behandelt wurden, sollte in WAgriCo 2 zusätzlich der Frage nachgegangen werden, welche positiven Wirkungen die getesteten „Grundwasserschutzmaßnahmen“ für die Oberflächengewässer haben. Es erfolgte eine entsprechende Analyse zur Maßnahmenwirkung auf die Oberflächengewässer, wodurch die bekannten Wechselwirkungen zwischen Grundwasser und Oberflächengewässern stärker in den Fokus rückten. Ferner wurden Anhaltspunkte für den Nährstoffaustrag in die Gewässer durch Untersuchungen von Dränausläufen gewonnen. Hierauf aufbauend sollen Vorschläge zur Steuerung des Dränabflusses erarbeitet werden.

Der vorliegende Bericht ist eine Zusammenstellung der eigenverantwortlich erarbeiteten Beiträge der unterschiedlichen Partner und Projektbeteiligten. Das spiegelt sich auch im Erscheinungsbild wider, so dass die Layouts der mitwirkenden Institutionen bewusst beibehalten wurden. Orientierung bieten das Inhaltsverzeichnis und die den Kapiteln jeweils vorangestellten Übersichten.

## **Kapitel 2   Beteiligungsprozess und Ergebnistransfer**

2.1 Fortführung des Beteiligungsprozesses

2.2 Ergebnistransfer und Austausch mit  
Entscheidungsträgern



## 2.1 Fortführung des Beteiligungsprozesses

### Beteiligungsstruktur

Das Projekt WAgriCo war als internationales Projekt konzipiert, an dem niedersächsische und englische Behörden, Forschungseinrichtungen, Wasserversorger und Landwirte als Partner beteiligt waren. Für die Umsetzung wurde eine dreigliedrige Projektstruktur mit internationalen, nationalen und regionalen Gremien installiert.

Innerhalb der Pilotgebiete wurden Arbeitskreise gebildet. Alle wesentlichen Schritte und Ergebnisse des Projektes wurden auf dieser Ebene intensiv diskutiert und abgestimmt. Zur landesweiten Koordinierung wurden in beiden Ländern nationale Steuerungsgruppen eingerichtet. In Niedersachsen nahmen Vertreter der Projektpartner und örtlicher Arbeitskreise sowie Gäste aus Ministerien und Wasserversorgungsunternehmen daran teil. Durch die Teilnahme der Ministeriumsvertreter aus dem Umwelt- und dem Landwirtschaftsministerium wurde während der gesamten Projektlaufzeit eine enge Rückkopplung zu Politik und Verwaltung sichergestellt.

Zwischen England und Niedersachsen fand auf Ebene der internationalen Steuerungsgruppe und über Expertentreffen und Workshops ein Austausch zwischen den Ländern statt, an dem auch die Landwirte direkt beteiligt waren.

Ein zentrales Ziel der Projektfortführung bestand darin, die aufgebauten Beteiligungsstrukturen nach bewährtem Muster im Folgeprojekt WAgriCo 2 beizubehalten bzw. weiterzuentwickeln (s. Abb. 2.1.1). Sowohl die Einbindung der örtlichen Interessenvertreter und Landwirte in Entscheidungsprozesse als auch die Weitergabe von Informationen an die Basis der teilnehmenden Landwirte wurde für die Projektfortführung als unverzichtbar angesehen. Zukünftig ist geplant, die Arbeit der örtlichen Arbeitskreise auf Ebene der Gebietskooperationen (s. <http://www.umwelt.niedersachsen.de>) weiterzuführen, wobei sicherlich auch auf die langjährigen Erfahrungen der landwirtschaftlichen Vertreter der Arbeitskreise aus den Pilotgebieten zurückgegriffen werden wird.



Abbildung 2.1.1: Beteiligungsstrukturen in WAgriCo 2

## Beteiligungsprozess

Innerhalb der Projektlaufzeit WAgriCo 2 fanden sechs Steuerungsgruppensitzungen statt. Als Forum für die Projektbeteiligten verfolgten diese Treffen das Ziel über die aktuellen Arbeitsstände zu informieren sowie Anregungen, insbesondere aus den örtlichen Arbeitskreisen und von den Ministerienvertretern, zu bekommen.

Die örtlichen Arbeitskreise in Lager Hase und Ilmenau/Jeetzel haben jeweils zwei Sitzungen und in Große Aue eine Sitzung durchgeführt, um u. a. den aktuellen Sachstand der Maßnahmenerprobung und die Integration des Maßnahmenvorschlages in das NAU/BAU zu diskutieren. Zu den Abschlusssitzungen des Projektes wurden neben den Arbeitskreismitgliedern auch die an der Maßnahmenumsetzung beteiligten Landwirte eingeladen. Es wurden alle Schwerpunktthemen des Projektes angesprochen und ein Ausblick auf die geplante Maßnahmenumsetzung 2010 gegeben.

Neben planmäßig durchgeführten Sitzungen, sind auf Wunsch der Landwirtevertreter der örtlichen Arbeitskreise noch spezielle Treffen durchgeführt worden. So wurden beispielsweise Vertreter des Niedersächsischen Ministerium für Umwelt und Klimaschutz (MU) zu einem Besuch des Pilotgebietes Lager Hase eingeladen, um sich vor Ort ein Bild zum Diskussionsstand zu den Themen Bilanzierung, Maßnahmenumsetzung und Beratung zu machen. Ferner wurden anstehende Fragen mit den Landwirten diskutiert.

Dem Wunsch der am Projekt beteiligten Landwirte nach einem gebietsübergreifenden Erfahrungsaustausch zur Projektarbeit wurde durch ein „Landwirtetreffen“ in Sulingen entsprochen. Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über Sitzungstermine und Veranstaltungen mit ihren Schwerpunktthemen (s. Tab. 2.1.1).

Daneben wurden zwei Treffen der Expertengruppe (EG) Wirkungsmonitoring durchgeführt. Zukünftig werden die Fragen zum Monitoring in der landesweit agierenden AG Wirkungsmonitoring, die der Fachgruppe Grundwasser zuarbeitet, fortgeführt (s. Kap. 6).

Um die Anforderungen der künftigen Beratung innerhalb der EG-WRRL-Zielkulisse zu konkretisieren, fand ein Treffen der EG Beratung statt.

Tabelle 2.1.1: Sitzungen/Veranstaltungen im Rahmen des Projektes WAgriCo 2

Datum	Sitzung/Veranstaltung	Schwerpunktthemen
<b>Steuerungsgruppensitzung (SG)</b>		
12.11.2008	1. SG	Ziele und Themenschwerpunkte WAgriCo 2 Maßnahmenintegration in AUP
18.02.2009	2. SG	Maßnahmenplanung 2009, -integration in AUP Wirkungsmonitoring Wechselwirkung Grundwasser-Oberflächenwasser
25.05.2009	3. SG	WAgriCo-Abschlussveranstaltung Maßnahmenplanung 2009, Integration in AUP Wirkungsmonitoring
18.08.2009	4. SG	WAgriCo-Veranstaltung in Brüssel Maßnahmenintegration in AUP Wirkungsmonitoring Beratung

Datum	Sitzung/Veranstaltung	Schwerpunkthemen
28.10.2009	5. SG	Maßnahmenintegration in AUP WAgriCo-Veranstaltung in Brüssel Nutzung von InVekoS-Daten Projektbericht
01.12.2009	6. SG	Sachstand EG Beratung Sachstand EG Wirkungsmonitoring Nährstoffeinträge in Oberflächengewässer
<b>Arbeitskreise</b>		
13.03.2009	AK Lager Hase	Vorstellung der WAgriCo Berichte Maßnahmenumsetzung Gülleunterfußdüngung Drainwasseruntersuchungen
11.04.2009	AK Ilmenau/Jeetzel	Vorstellung der WAgriCo Berichte Maßnahmenumsetzung Drainwasseruntersuchungen
23.11.2009	AK Große Aue	Maßnahmen /-integration in AUP Wechselwirkung Grundwasser-Oberflächenwasser Beratung, Wirkungsmonitoring Besuch in Brüssel
10.12.2009	AK Ilmenau/Jeetzel	Maßnahmen /-integration in AUP Wechselwirkung Grundwasser-Oberflächenwasser Beratung, Wirkungsmonitoring Besuch in Brüssel
15.12.2009	AK Lager Hase	Maßnahmen /-integration in AUP Wechselwirkung Grundwasser-Oberflächenwasser Beratung, Wirkungsmonitoring Besuch in Brüssel
<b>Sonstiges</b>		
02.06.2009	Bereisung PG Lager Hase mit Vertretern des MU (Ref. 23)	Bilanzierung Maßnahmenumsetzung Betriebsbesichtigungen
31.08.2009	Landwirtetreffen in Sulingen, PG Große Aue	Maßnahmenumsetzung Diskussion über Ziele des Projekts Betriebsbesichtigungen Trinkwasserlehrpfad
<b>EG Wirkungsmonitoring</b>		
20.10.2009		Erfolgsindikatoren Modellbetriebsmessnetz
23.11.2009		Modellbetriebsmessnetz Plausibilitätscheck Plausibilisierung der Bilanzen Nutzbarmachung von Daten (z. B. Agrarförderung)
<b>EG Beratung</b>		
17.06.2009		Anforderungen an die Beratung Fördermöglichkeiten Beratungsgebiete Gremien

Es bleibt festzuhalten, dass sich die Beibehaltung und Weiterentwicklung des Beteiligungsprozesses in WAgriCo 2 in vollem Maße bewährt hat. Durch die direkte Einbindung der Akteure vor Ort ist eine fachlich sehr konstruktive Diskussion geführt worden. So sind zahlreiche Verbesserungsvorschläge zur Maßnahmenausgestaltung, insbesondere bezogen auf die administrativen Vorgaben, formuliert worden. Diese wurden auch bei der Abschlusspräsentation von WAgriCo in Brüssel am 18.11.2009 vorgetragen. Durch den intensiven Beteiligungsprozess mit den Praktikern bei der Maßnahmengestaltung ist es gelungen, die beteiligten Landwirte für die Belange des Gewässerschutzes zu sensibilisieren. Vor diesem Hintergrund nehmen sie daher eine Schlüsselposition als Multiplikatoren zum Thema Umsetzung der EG-WRRL und Gewässerschutz bei ihren Berufskollegen ein. Mit Blick auf die landwirtschaftlichen Winterveranstaltungen wurde gemeinsam mit den Projektlandwirten eine Präsentation erstellt, um Landwirte über die EG-WRRL-Zielkulisse, den Maßnahmenkatalog und relevante Rahmenbedingungen zu informieren.

## 2.2 Ergebnistransfer und Austausch mit Entscheidungsträgern

Neben den zentralen Themen Beteiligungsprozess, Maßnahmenintegration in Agrarumweltprogramme (AUP) und Wirkungsabschätzung bildet der Ergebnistransfer ein weiteres Element der Projektaktivitäten. So haben die Projektbeteiligten, aufbauend auf den Erkenntnissen aus WAgriCo, bei verschiedenen Anlässen im In- und Ausland die Ergebnisse und abgeleiteten Empfehlungen vorgetragen und auf diese Weise den fachlichen Austausch mit nationalen sowie internationalen Experten gefördert (s. Tab. 2.2.1). Hierdurch bot sich die Möglichkeit, die Vorgehensweise Niedersachsens zur Umsetzung der Grundwasserschutzmaßnahmen in der EG-WRRL-Zielkulisse einer breiten Fachöffentlichkeit vorzustellen und gleichzeitig auf die Bedeutung der aktiven Beteiligung der „Stakeholder“ hinzuweisen. Bei der WAgriCo-Abschlussveranstaltung am 18.11.2009 in Brüssel konnten zudem die Ergebnisse sowie konkrete administrative Verbesserungsvorschläge mit Entscheidungsträgern der Generaldirektionen (DG) Landwirtschaft und Umwelt erörtert werden. Wichtig war hierbei, dass auch die in den Pilotgebieten aktiven Landwirte zusätzlich zu den Behördenvertretern ihre Positionen vortragen konnten. Seitens der DG-Vertreter wurden die Anregungen und Empfehlungen mit Interesse aufgenommen. Insbesondere an die Landwirte wurde appelliert, sich aktiv bei der Maßnahmenausgestaltung einzubringen, um Akzeptanzprobleme u. a. aufgrund von administrativen Hemmnissen künftig zu minimieren.

Tabelle 2.2.1: Übersicht zu WAgriCo-Präsentationen auf Fachveranstaltungen

Datum	Referent / Mitwirkende	Veranstalter	Veranstaltung	Thema
14.- 15.01.2009	Schültken, NLWKN	Danish Agricultural Advisory Service (DAAS)	AGWAPLAN-Conference - Improved water quality through good agricultural practices, Herning, Denmark	Providing an advanced programme of measures for the reduction of diffuse nitrogen pollution Results from the EU Life project WAgriCo AGWAPLAN Conference
12.- 15.05.2009	Schültken, NLWKN	Flussgebietsgemeinschaft Weser	Pilot River Basins on Agriculture, Workshop Weser, Implementation of the WFD-Strategies and Approaches, Kirchdorf, LK DH	Identification of measures in the EU Life project WAgriCo - The selection process under consideration of farmers' participation
13.- 14.05.2009	Wiebking, LWK Niedersachsen	Flussgebietsgemeinschaft Weser	Pilot River Basins on Agriculture, Workshop Weser, Implementation of the WFD-Strategies and Approaches, Kirchdorf, LK DH	Vorstellung des Projektes WAgriCo und Exkursion zu einem WAgriCo-Modellbetrieb
10.06.2009	Lodahl, LWK Niedersachsen	LWK, Berufsbildende Schulen des Landkreises Uelzen	Wasserschutztag im WSG Hohenzethen	Nitrataustragsgefährdung und Düngestrategien

Datum	Referent / Mitwirkende	Veranstalter	Veranstaltung	Thema
03.06.2009	Sts. Dr. Birkner, Nolte, MU; Heinrich, Schültken, Nickel, Prange, NLWKN; Dr. Kunkel, FZJ; Dr. Schmidt, Osterburg, vTI; Holzenkamp, LWK Nds; Flerlage, Landwirt, Dr. Dreesmann, NML; Dr. Schäfer, LBEG	NLWKN	Strategien zur Minderung diffuser Stickstoffeinträge in Niedersachsen, Ergebnisse des EU Life-Projektes WAgriCo, Hannover	Themenblöcke: EG-WRRL – Herausforderungen und Projektansätze, WAgriCo-Maßnahmenbedarf, -wirkung und Erfahrungsberichte aus der Praxis, Ausblick: Die Bedeutung von Agrarumweltmaßnahmen für die Umsetzung der EG-WRRL
04.09.2009	Dr. Schmidt, Osterburg, vTI	Bauernverband Mecklenburg-Vorpommern	5. MeLa Kongress Umsetzung der WRRL mit der Landwirtschaft, Güstrow	Agrarpolitische Instrumente zur Umsetzung der WRRL
25.-26.09.2009	Schültken, NLWKN	Deutsche Vernetzungsstelle Ländliche Räume, Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung	BLE-Tagung, Bad Kissingen	Landwirtschaft und WRRL - Wie sollen die Ziele der ersten Maßnahmenprogramme erreicht werden? Workshop II Maßnahmenoptimierung und Wirkungsmonitoring
05.10.2009	Thomann, LWK Niedersachsen	(Bundes-)Verband der Landwirtschaftskammern	Sitzung der Projektgruppe Wasserrahmenrichtlinie	Stand der Umsetzung der EG-WRRL in Niedersachsen und Projekte
14.-15.10.2009	Schültken, NLWKN	EU Life Unit	Water for life – LIFE for water A Conference of the LIFE Programme, Brüssel	WAgriCo - Water Resources Management in Cooperation with Agriculture. Compilation and Implementation of Integrative Programmes of Measures According to the WFD to Reduce Diffuse Pollution from Agriculture
18.11.2009	Kühling, NLWKN	BWK-Bezirksgruppe Lüneburg, Karl-Hillmer-Gesellschaft	Grundwassergüte und EG-WRRL, Suderburg	Maßnahmen zur Sicherung und Verbesserung der Grundwasserqualität
18.11.2009	MU, NLWKN, Landwirte, Vertreter der EU-Kommission und des EU-Parlamentes	Nds. Landesvertretung in Brüssel, MU, NLWKN	Agrarumweltmaßnahmen als Instrument zur Umsetzung der EG-WRRL; Ergebnisse des EU Life-Projektes WAgriCo, Brüssel	Umwelt und Agrar – gemeinsam für gutes Wasser in Europa. Was ist mit Agrarumweltmaßnahmen möglich – was fehlt?
19.01.2010	Schültken, NLWKN	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau	Internationale Grüne Woche 2010 Berlin, Gewässerschutz mit der Landwirtschaft	Strategien zur Reduzierung diffuser Stoffeinträge in Gewässer in Kooperation mit der Landwirtschaft – Ergebnisse des EU Life-Projektes WAgriCo

Datum	Referent / Mitwirkende	Veranstalter	Veranstaltung	Thema
September 2010 (geplant)	Dr. Kunkel, FZJ	International Water Association (IWA)	Diffuse Pollution Conference 2010 (DIPCON 2010), Diffuse Pollution and Eutrophication, Quebec City, Kanada	Model based assessment of the effectiveness of groundwater protection measures in groundwater bodies on surface water quality improvement

Im Zusammenhang mit der sogenannten „After Life Strategy“ des Projektes WAgriCo und im Interesse eines kontinuierlichen Informationsangebotes für die Fachöffentlichkeit, werden die Beiträge auf der WAgriCo-Website eingestellt.

[www.wagrico.de](http://www.wagrico.de)



## **Kapitel 3    Maßnahmenumsetzung und –integration in NAU/BAU**

- 3.1 Vorgezogene Umsetzung der EG-WRRRL-Maßnahmen
- 3.2 Gülleunterfußdüngung im Maisanbau
- 3.3 Bewertung des CULTAN-Verfahrens als Maßnahme zur Verminderung von Stoffeinträgen in das Grundwasser
- 3.4 Flächenbilanz – Hinweise zur plausiblen Erfassung von Bilanzdaten für den betrieblichen Nährstoffvergleich gemäß Düngeverordnung
- 3.5 Integration des Maßnahmenvorschlages in NAU/BAU



## WAgriCo 2 - Vorgezogene Umsetzung der WRRL-Maßnahmen

### Herbstmaßnahmen 2008

Im Herbst 2008 konnten die bereits im Vorjahr im Rahmen des WAgriCo-Projektes angebotenen Maßnahmen erneut in den Gebieten Lager Hase und Große Aue umgesetzt werden. Im Gebiet Ilmenau/Jeetzel wurden die bekannten Maßnahmen nicht mehr angeboten, da sich die betroffenen Grundwasserkörper nach abschließender Betrachtung im guten Zustand befinden und somit ergänzende Maßnahmen gemäß der zukünftigen Vorgehensweise bei der Umsetzung der EG-WRRL nicht angeboten werden sollten.

In Tabelle 1 sind die Herbstmaßnahmen 2008 und der Umfang der Vertragsflächen in den Pilotgebieten dargestellt.

**Tabelle 1: Abgeschlossene Herbstmaßnahmen 2008 in den Pilotgebieten Lager Hase und Große Aue**

Pilotgebiet	Gesamtfläche der Betriebe (ha LF)	H1 Zwischenfrucht winterhart (ha)	H2 Zwischenfrucht Standard (ha)	H5 Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais (ha)	H6 WD-Aufbringzeiten (ha)	H12 Winterrüben vor Wintergetreide (ha)	H13 Auflaufraps (ha)
Lager Hase	1.622,78	333,95	65,41	90,3	773,35	-	5,31
Betriebe	22	14	7	10	11	-	1
Große Aue	1.505,77	72,27	110,61	123,46	-	17,3	77,84
Betriebe	13	5	8	6	-	2	8
Summe ha	3.128,55	406,22	176,02	213,76	773,35	17,3	83,15

Der Zwischenfruchtanbau fand wie in den Vorjahren eine hohe Akzeptanz in beiden Gebieten. Von 34 Betrieben wurden auf einer Fläche von 582 ha Zwischenfrüchte angebaut, wobei die winterharte Zwischenfrucht (H1) mit ca. 70 % der Gesamtzwischenfruchtfläche favorisiert wurde. Der Flächenumfang des Zwischenfruchtanbaus wurde im Gebiet Lager Hase gegenüber 2007 um etwa 15 % reduziert, weil nach einem hohen Auszahlungspreis für Körnermais im Herbst 2007 weniger Getreide und mehr Mais angebaut wurde.

Auf einer Fläche von ca. 214 ha erfolgte der Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais (H5). Der Flächenumfang entsprach in etwa dem Umfang der Vorjahre, es nahmen jedoch insgesamt mehr Betriebe mit einem jeweils geringeren Flächenanteil teil. Es wurde überwiegend die Variante „mit Abschlegeln der Maisstoppeln“ gewählt. Dem Zerkleinern des Maisstrohs und der

Maisstoppel kommt aufgrund der phytosanitären Situation zunehmend eine große Bedeutung zu.

Die zeitliche Beschränkung der Gülle-, Jauche-, Geflügelkot- und Sekundärrohstoffdüngerausbringung im Herbst (H6) wurde wiederum nur im Gebiet Lager Hase auf 11 Betrieben umgesetzt.

Die Maßnahme Anbau von Winterrübsen vor Wintergetreide (H12) wurde ausschließlich im Gebiet Große Aue auf ca. 17 ha von 2 Betrieben umgesetzt. Im Gebiet Lager Hase kam diese Maßnahme nicht zum Einsatz. Die Flächen sind häufig nicht rechtzeitig geräumt (Einsaat bis zum 15.08.) oder es erfolgte der Einsatz eines Totalherbizides gegen Quecke, wodurch die Winterrübsenaussaat nicht möglich war.

Die Maßnahme Auflaufraps (H13) wurde von 9 Betrieben auf ca. 83 ha abgeschlossen. Der Rapsanbau spielt insbesondere im Gebiet Lager Hase eine untergeordnete Rolle. Nach Raps wird dort i.d.R. Winterweizen angebaut, um den besonderen Fruchtfolgewert des Rapses auszuschöpfen.

### **Maßnahmen 2009**

Die Maßnahmen wurden wiederum in den Projektgebieten Lager Hase und Große Aue angeboten. Um einen weiteren Erkenntnisgewinn zur CULTAN-Maßnahme zu erhalten, wurde vereinbart, auch im Gebiet Ilmenau/Jeetzel im Frühjahr 2009 die CULTAN-Maßnahme anzubieten (s. Kapitel 3.3. Bewertung des CULTAN-Verfahrens).

Die Projektpartner entwickelten für die Umsetzung der Maßnahmen 2009 eine neue Vorgehensweise. Die Maßnahmenverträge sollten entsprechend der zukünftigen landesweiten Maßnahmenumsetzung ab 2010 als Agrarumweltmaßnahme an die Kriterien des Niedersächsischen / Bremer Agrarumweltprogrammes (NAU/BAU) angepasst werden. Zu den Kriterien zählen unter anderem eine 5-jährige Vertragsbindung sowie eine Bagatellgrenze von 500,- € je Maßnahme und Jahr.

Durch die einjährige Projektlaufzeit konnte ein Hauptkriterium „5-jährige Vertragslaufzeit“ nicht angewendet werden. Aufgrund der Auszahlungsbeträge je Maßnahme von zum Teil 30,- bzw. 50,- €/ha und des zur Erreichung der Bagatellgrenze von 500,- € erforderlichen großen Flächenumfangs, wurden im WAgriCo 2 Projekt in Erwartung einer späteren Umsetzung im NAU/BAU Einzelmaßnahmen zu Maßnahmengruppen zusammengefasst, um die Auszahlungssumme der Bagatellgrenze zu erreichen.

Die Verträge für die Maßnahmen mussten erstmals bis zum 15. Mai 2009 abgeschlossen sein, vergleichbar mit dem NAU/BAU-Antragsverfahren, in dem mit der Abgabe des „Sammelantrages Agrarförderung und Agrarumweltmaßnahmen 2009“ bis zum 15.05.2009 auch die Agrarumweltmaßnahmen für das laufende Jahr beantragt werden müssen. Ein späterer Vertragsabschluss für die Herbstmaßnahmen war nicht mehr möglich.

Eine Maßnahmengruppe umfasste die Einzelmaßnahmen „Begrünung von Ackerflächen durch Anbau von Zwischenfrüchten, Winterrübsen, Stehen lassen des Ausfallrapses oder Bodenbearbeitungsverzicht nach Mais (H1, H2, H12, H13, H5)“ mit unterschiedlichen Auszahlungsbeträgen von 30,- bis 120,- €/ha.

Die Ausbringung von flüssigem Wirtschaftsdünger auf Acker- und Grünland mit umweltfreundlichen Ausbringverfahren (H7) wurde dahingehend modifiziert, dass nur auf dem Betrieb erzeugte Gülle entsprechend gefördert wird. Des Weiteren gab es keine Vorgaben zu Ausbringungsterminen und Einsatz in bestimmten Kulturen. Die alte Vertragsvariante förderte die umweltfreundliche Ausbringung von Gülle und Gärsubstraten vom 01.02. bis 15.07. in wachsende Wintergetreide- und Winterrapsbestände sowie Grünland. Die zeitliche Beschränkung der Gülle-, Jauche-, Geflügelkot- und Sekundärrohstoffdüngerausbringung im Herbst (H6) konnte nicht mehr als Einzelmaßnahme abgeschlossen werden, weil bei dieser Maßnahme die Administration und Kontrollierbarkeit unter NAU-Bedingungen kritisch gesehen wird. Zur H7-Maßnahme gab es erstmals eine Kombinationsmöglichkeit mit der Einhaltung festgelegter Ausbringzeiten für flüssige Wirtschaftsdünger. Einige Betriebe nehmen auch bereits an der NAU-Maßnahme A3 „Umweltfreundliche Gülleausbringung“ teil.

In der nachfolgenden Tabelle ist der Umfang der abgeschlossenen Maßnahmen 2009 aufgeführt.

**Tabelle 2: Abgeschlossene Maßnahmen 2009 in den Pilotgebieten**

Pilotgebiet	Ausbringung von flüssigem Wirtschaftsdünger auf Acker- und Grünland mit umweltfreundlichen Ausbringverfahren (H7) zusätzlich H6		Cultant-Verfahren in Getreide und Raps (H9)	Begrünung von Ackerflächen oder Bodenbearbeitungsverzicht nach Mai (H1, H2, H12, H13, H5)
	H7			
Lager Hase (ha)	411	842	-	722,37
Betriebe	5	12	-	22
Große Aue (ha)	726	315	-	333,30
Betriebe	9	4	-	13
Ilmenau/Jeetzel (ha)	nicht angeboten		233	nicht angeboten
Betriebe	-		6	-

Die umweltfreundlichen Ausbringverfahren (H7) wurden im Gebiet Lager Hase von 5 Betrieben umgesetzt. Die zusätzliche Kombination mit der Einhaltung festgelegter Ausbringzeiten für flüssige Wirtschaftsdünger wurde von 12 Betrieben umgesetzt. Es nehmen bereits 9 Betriebe an der NAU A3-Maßnahme teil, die somit auch berechtigt sind, die Kombinationsmöglichkeit der festgelegten Ausbringzeiten im Herbst abzuschließen. Von 9 Betrieben wurde H7 im Gebiet Große Aue abgeschlossen. Davon nahmen zusätzlich 4 an der zeitlichen Beschränkung der Gülleausbringung teil. 2 Betriebe nehmen bereits an der NAU A3-Maßnahme teil.

Die CULTAN-Maßnahme wurde erneut im Pilotgebiet Ilmenau/Jeetzel angeboten. Dies galt jedoch nicht der für NAU/BAU 2010 vorgezogenen Maßnahmenumsetzung, sondern erfolgte primär mit Blick auf einen weiteren Erkenntnisgewinn, um ggf. eine spätere Integration in NAU/BAU anzustreben. Die CULTAN-Maßnahme wurde im Gebiet Ilmenau/Jeetzel auf 233 ha von 6 Betrieben umgesetzt.

Der Umfang der Begrünungsmaßnahme oder Bodenbearbeitungsverzicht nach Mais wurde auf etwa 722 ha in Lage Hase und 333 ha in Große Aue umgesetzt. In Tabelle 3 ist der Umfang der Einzelmaßnahmen dieser neuen Maßnahmengruppe aufgeschlüsselt. Unter den durchgeführten Maßnahmen hatte der Zwischenfruchtanbau nach Getreide insbesondere im Gebiet Lager Hase sowohl hinsichtlich der Fläche als auch der beteiligten Landwirte die größte Bedeutung. Die winterharte Zwischenfrucht wurde hier favorisiert. Im Gebiet Große Aue wurde ein höherer Anteil Standard-Zwischenfrucht angebaut. In der Region wird nach der Zwischenfrucht die Folgekultur, hauptsächlich Mais, in einem pfluglosen Verfahren bestellt. Hierfür eignet sich eine Standard-Zwischenfrucht besser. Die winterharte Zwischenfrucht wird entweder als Ackergras mit einem Schnitt genutzt oder aus phytosanitären Gründen eingesetzt. Der Zwischenfruchtanteil nahm im Vergleich zu 2008 wieder zu, da aufgrund des Preiseinbruchs für Mais 2008 wieder vermehrt Getreide angebaut wurde.

**Tabelle 3: Abgeschlossene Maßnahmen 2009 der Maßnahmengruppe Begrünung von Ackerflächen oder Bodenbearbeitungsverzicht nach Mais (H1, H2, H12, H13, H5) in den Pilotgebieten Lager Hase und Große Aue**

Pilotgebiet	H1 Zwischenfrucht winterhart (ha)	H2 Zwischenfrucht Standard (ha)	H5 Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais (ha)	H12 Winterrüben vor Wintergetreide (ha)	H13 Auflauftraps (ha)
Lager Hase	472	28	171	26	25
Betriebe	21	2	14	3	3
Große Aue	122	129	92	12	100
Betriebe	3	8	5	2	8
Summe ha	594	157	263	38	125

Der Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais stieg im Gebiet Lager Hase an, im Gebiet Große Aue wurde der Flächenanteil geringer. In Lager Hase wurde mit 97 ha der größere Anteil aufgrund phytosanitärer Aspekte (z.B. Vorbeugung wegen Befall mit Maiszünsler) abgeschlegt. Die Landwirte wiesen darauf hin, dass es problematisch sei, den Anteil der zu schlegelnden Fläche bereits im Frühjahr genau festzulegen, da, insbesondere bei einer zukünftigen 5-jährigen Vertragslaufzeit, die Befahrbarkeit der Flächen im Herbst nicht vorausgeschätzt werden könne. Im Gebiet Große Aue sind nur 8 ha mit Abschlegeln beantragt worden. Im Vorjahr war der Flächenanteil mit Abschlegeln deutlich höher. Aufgrund des hohen Aufwandes und der hohen Kosten für das Abschlegeln wurde in 2009 eher darauf verzichtet. Der Anteil Winterrüben vor Wintergetreide sowie Auflauftraps stieg in geringem Umfang an.

### **Erfahrungen mit dem Antragsverfahren 2009**

Nachfolgend werden die Erfahrungen mit dem neuen Antragsverfahren 2009 im Vergleich zur vorhergehenden Vorgehensweise im WAgriCo-Projekt (2005-2008) und die Äußerungen der teilnehmenden Landwirte zum neuen Verfahren zusammenfassend dargestellt.

Die freiwilligen Maßnahmen des vorherigen WAgriCo-Projektes entsprachen in der Abwicklung den freiwilligen Vereinbarungen im Trinkwasserschutz, d.h. einjährige und zeitnah abzuschließende Vereinbarungen, die mit Unterstützung einer intensiven Beratung und unter Berücksichtigung der aktuellen Witterungslage auf den Betrieben flexibel umgesetzt werden konnten. Die Anpassungen der Maßnahmengestaltung im WAgriCo2-Projekt bedeutete u.a. die Einführung einer Bagatellgrenze von 500,- € je Maßnahmengruppe und die Festsetzung auf eine festgelegte Maßnahmenfläche bereits zum 15.05.2009.

Durch die Zusammenfassung von Einzelmaßnahmen zu einer Maßnahmengruppe, z.B. „Begrünungsmaßnahmen oder Bodenbearbeitungsverzicht nach Mais“ konnte in jedem Fall die Einhaltung der Bagatellgrenze in Höhe von 500,- € erreicht werden. Dies wurde von den Landwirten begrüßt, da ansonsten bei einigen Einzelmaßnahmen die Bagatellgrenze nicht erreicht worden wäre und somit die Maßnahmenfläche deutlich geringer ausgefallen wäre. Im Gebiet Lager Hase wäre insbesondere die Maßnahme H5 „Bodenbearbeitungsverzicht nach Mais ohne Schlegeln“ (30,- €/ha) an der Bagatellgrenze gescheitert. Für die zeitliche Beschränkung der Gülleausbringung im Herbst (H6) wären zur Erreichung der Bagatellgrenze 50 ha und für die Zwischenfrucht-Standard-Variante (H2) ca. 7 ha erforderlich. Vor dem Hintergrund der häufig aus steuerlichen Gründen durchgeführten Betriebsteilungen ist die Einhaltung der 500,- € Bagatellgrenze je Maßnahme unter Umständen schwer zu erreichen.

Der Projektvorschlag zur Maßnahmengruppierung konnte jedoch aus verwaltungstechnischen Gründen nicht in das NAU-Verfahren 2010 übernommen werden (s. auch Kapitel 3.5).

Die modifizierten WAgriCo2-Verträge entsprachen vom Umfang her den NAU/BAU-Verträgen, die von den Landwirten als sehr umfangreich bezeichnet wurden. Die teilnehmenden Landwirte wünschten leicht verständliche Antragsverfahren und –formulare. Aufgrund der Beratung und vertraglichen Abwicklung durch den bekannten Berater wurden die Maßnahmen dennoch abgeschlossen.

Die bedingt durch die kurze Projektlaufzeit von WAgriCo2 weiterhin erfolgte einjährige Vertragsbindung lässt keine Aussagen über den zukünftigen Umfang von Maßnahmen unter NAU/BAU-Bedingungen zu. Von den Pilotbetrieben wurde die 5-jährige Vertragsbindung zukünftiger Maßnahmen wiederholt deutlich kritisiert und eine flexiblere Gestaltung gefordert. Aufgrund des hohen Pachtanteils und des damit verbundenen möglichen Flächenwechsels bzw. -verlustes sind zum Teil keine verlässlichen Vertragslaufzeiten über 5 Jahre möglich. Außerdem sind aufgrund der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen die Fruchtfolgeplanungen nicht langfristig bekannt. Nach Aussage der teilnehmenden Landwirte schränkt außerdem das Erreichen der Bagatellgrenze von 500,- € je Maßnahme und Jahr die Umsetzung von grundwasserschutzwirksamen Maßnahmen ein, da zum Teil ein hoher Flächenbedarf zur Erreichung der Bagatellgrenze notwendig ist, die nur größeren Betrieben eine Teilnahme erlaubt.



# Gülleunterfußdüngung im Maisanbau

WAgriCo Demonstrationsflächen

Exaktversuche der Landwirtschaftskammer Niedersachsen



## **Inhaltsverzeichnis**

1	Einleitung.....	5
2	WAgrico-Demonstrationsflächen zur Unterfußdüngung mit Gülle im Pilotgebiet Lager-Hase .....	7
2.1	Angewandte Verfahren 2006 bis 2009 .....	8
2.2	Ergebnisse aus den Demonstrationsversuchen .....	12
2.3	Besichtigung der Demonstrationsflächen Gülleunterfußdüngung .....	15
3	Exaktversuche Gülleunterfußdüngung .....	18
3.1	Gülleunterfußdüngungsversuch 2006 .....	18
3.2	Gülleunterfußdüngungsversuche 2007 .....	21
3.3	Gülleunterfußdüngungsversuche 2008 .....	23
3.4	Gülleunterfußdüngungsversuche 2009 .....	27
4	Zusammenfassung .....	31
5	Ausblick .....	32

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1	Flächennutzung der Pilotbetriebe im Gebiet Lager-Hase 2007 .....	7
Abbildung 2	Übersicht Lage Demonstrationsflächen Gülleunterfußdüngung (2006/2007). Rot abgegrenzt: Pilotgebiet Lager Hase .....	7
Abbildung 3	Schleppschlauchverteiler zur Bandablage 2006 .....	8
Abbildung 4	Schleppschuhverteiler zur Gülleausbringung 2007, linke Seite Bandablage, rechte Seite breite Verteilung .....	9
Abbildung 5	Maissaat mit Zinkenrotor 2007.....	9
Abbildung 6	Demonstrationsfläche 2007 mit der Breitablage (links) und dem Gülleband (rechts) im Vergleich .....	10
Abbildung 7	Güllegrubber zur Gülleausbringung 2008 mit der Bandablage (links) und der Gülleinjektion (rechts) im Vergleich.....	11
Abbildung 8	Gülleinjektor PreMaister der Firma Kotte Landtechnik (links) und Arbeitsbild des Prototypen (rechts), Fotos: Firma Kotte .....	12
Abbildung 9	Temperatur-Niederschlag-Diagramm Wehnen 2006.....	13
Abbildung 10	Temperatur-Niederschlag-Diagramm Wehnen 2007.....	13
Abbildung 11	Temperatur-Niederschlag-Diagramm Wehnen 2008.....	14
Abbildung 12	Temperatur-Niederschlag-Diagramm Wehnen 2009.....	14
Abbildung 13	Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Mais, Demonstrationsstandorte Wulfenau, Bokel und Holdorf 2006, Wulfenau und Calhorn 2007, Wulfenau und Wehnen 2008	15

Abbildung 14	Feldbesichtigung am 22.05.06 in Bokel – Demonstrationsversuch zur Gülleunterfußdüngung .....	16
Abbildung 15	Informationsveranstaltung zur Gülleunterfußdüngung am 24.02.2009 bei der Firma Kotte.....	17
Abbildung 16	Unterfußdüngung zu Körnermais, 1997 – 1999 .....	18
Abbildung 17	Parzellengüllefass .....	19
Abbildung 18	Variante „Gülle breit“.....	19
Abbildung 19	Variante „Gülle Band“ .....	19
Abbildung 20	Variante „Gülleinjektion“ .....	20
Abbildung 21	Unterfußdüngung zu Silomais 2006 (Ertrag in GJ NEL/ha rel.) .....	20
Abbildung 22	Versuchsstandorte Gülle UFD .....	21
Abbildung 23	Silomais-Trockenmasse-Ertrag 2007 am Standort Dasselsbruch .....	22
Abbildung 24	Körnermaisertrag 2007 am Standort Essen.....	22
Abbildung 25	Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte 2007 der Standorte Dasselbruch, Essen, Wehnen.....	23
Abbildung 26	Silomais-Trockenmasse-Ertrag 2008.....	24
Abbildung 27	Körnermaisertrag 2008 in Wehnen und Werlte .....	25
Abbildung 28	Nmin-Gehalte im Boden nach der Silomaisernte 2008, Standort Dasselsbruch .....	25
Abbildung 29	Nmin-Gehalte im Boden nach der Körnermaisernte 2008, Standort Wehnen .....	26
Abbildung 30	Nmin-Gehalte im Boden nach der Körnermaisernte 2008, Standort Werlte .....	27
Abbildung 31	Silomais-Trockenmasse-Ertrag 2009.....	28
Abbildung 32	Körnermais-Trockenmasse-Ertrag 2009 .....	29
Abbildung 33	Nmin-Gehalte im Boden nach der Silomaisernte 2009 der Standorte Wehnen und Rockstedt .....	30
Abbildung 34	Nmin-Gehalte im Boden nach der Körnermaisernte 2009 der Standorte Wehnen und Rockstedt .....	30

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1	Varianten Demonstrationsversuch Lager-Hase 2006 .....	8
Tabelle 2	Varianten Demonstrationsversuch Lager-Hase 2007 .....	9
Tabelle 3	Varianten Demonstrationsversuch Lager-Hase 2008 .....	10
Tabelle 4	Varianten Demonstrationsversuch Lager-Hase 2009 .....	11
Tabelle 5	Versuchsvarianten Exaktversuch Wehnen 2006 .....	18
Tabelle 6	Unterfußdüngungsvarianten Exaktversuche 2007 .....	21
Tabelle 7	Unterfußdüngungsvarianten Exaktversuche 2008.....	24

## 1 Einleitung

Der Maisanbau hat in Regionen mit Viehhaltung mit bis zu 40 % in der Fruchtfolge eine große Bedeutung. Bei der Düngung der Maisbestände hat sich auch bei relativ hohen Nährstoffgehalten im Boden die Unterfußdüngung als vorteilhaft erwiesen. Die Jugendentwicklung wird begünstigt, wenn im nahen Umfeld des Maissaatgutes hohe Stickstoff- und Phosphatkonzentrationen vorhanden sind.

Bislang wird die Unterfußdüngung ausschließlich mit Mineraldüngern durchgeführt. Diese Technik legt gezielt Mineraldünger in einem Düngeband während der Maissaat neben das Saatkorn ab. Durch diese Methode werden den jungen Maispflanzen gezielt leicht verfügbare Nährstoffe angeboten.

Unterfußdüngung und Aussaat lassen sich hierbei gut kombinieren. Im Mineraldünger liegen die Nährstoffe in konzentrierter Form vor. Es müssen nur relativ geringe Düngermengen transportiert und ausgebracht werden. Durch die mineralische Unterfußdüngung wird der Pflanzenbedarf für Phosphat bis zu einem Drittel abgedeckt.

In landwirtschaftlichen Betrieben mit intensiver Veredlung fallen phosphatreiche Gülle an, deren Verwertung in der Maisdüngung aufgrund der mineralischen P-Unterfußdüngung begrenzt wird. Kosten für den Transport und die Verbringung von Überschussgülle können die Folge sein.

Somit könnte der Einsatz von Gülle als Unterfußdünger zu einer effizienteren Nutzung der anfallenden Wirtschaftsdünger führen und dabei durch Einsparungen im Mineraldüngerzukauf betriebswirtschaftliche Vorteile bringen. Der Umwelteffekt des Verfahrens Gülleunterfußdüngung wird in erster Linie in der Verbesserung der N-Bilanz auf Betriebsebene durch Ersatz des zugekauften Mineraldüngers für die Unterfußdüngung und durch eine Verbesserung der N-Effizienz der Gülle gesehen (gezielter N-Einsatz, geringere gasförmige N-Verluste). Weitere Voraussetzungen für den flächenhaften Einsatz dieses Verfahrens wären neben der technischen Praxisreife eine mit der mineralischen Variante vergleichbare Ertragswirkung und -sicherheit sowie aus Grundwasserschutzsicht keine höheren N<sub>min</sub>-Werte im Herbst.

Die ehemalige LWK Weser-Ems hat bereits in den Jahren 1997 bis 1999 Exaktversuche zur Gülleunterfußdüngung durchgeführt. Die Gülle wurde mit Hilfe einer speziellen Versuchstechnik bei der Saat direkt in den Boden eingebracht. Aufgrund technischer Probleme und der geringen Schlagkraft wurde kaum Potenzial gesehen, dieses Verfahren in der Praxis umzusetzen.

Inzwischen hat sich die Technik weiter entwickelt. Um eine Unterfußdüngung mit Gülle zu Mais unter Praxisbedingungen zu erproben, wurden im Rahmen des Projektes WAgriGo in den Jahren 2006 bis 2009 auf landwirtschaftlichen Betrieben Demonstrationsflächen angelegt. An vier verschiedenen Standorten im Pilotgebiet Lager Hase kam ein vereinfachtes Verfahren zur Gülleunterfußdüngung zum Einsatz. In den Demonstrationsversuchen wurden verschiedene Applikationsformen und -mengen berücksichtigt.

Zeitgleich legte die Landwirtschaftskammer Niedersachsen Exaktversuche zur Unterfußdüngung an, um neue technische Möglichkeiten zu erproben und belastbare Ergebnisse zur Wirkung zu erhalten.

Es sollten folgende Fragen beantwortet werden:

- Welche technischen Verfahren sind unter Praxisbedingungen einsetzbar?
- Wie wirken sich die Verfahren auf die Erträge von Silo- und Körnermais aus?
- Wie wirken sich die Verfahren auf die Nmin-Werte nach der Ernte aus?

Im Folgenden werden sowohl die Ergebnisse aus den Demonstrationsversuchen, als auch aus den Exaktversuchen dargestellt.

Um Aussagen für den vorbeugenden Grundwasserschutz zu erhalten, wurden die Nmin-Analysen aus der Wasserentnahmegebühr in 2008 und 2009 kofinanziert.

## 2 WAgriCo-Demonstrationsflächen zur Unterfußdüngung mit Gülle im Pilotgebiet Lager-Hase

Das Pilotgebiet Lager Hase umfasst hauptsächlich landwirtschaftliche Flächen in den Landkreisen Cloppenburg und Vechta. Der Maisanteil nimmt hier mit rund 34 % der landwirtschaftlichen Fläche den höchsten Anteil an den landwirtschaftlichen Kulturen ein.

Durch die zunehmende Bedeutung von Mais als Rohstoff für die Biogaserzeugung ist davon auszugehen, dass die Kultur Mais in diesen Regionen weiterhin 1/3 der landwirtschaftlichen Fläche einnimmt bzw. der Anbau noch ausgeweitet wird.

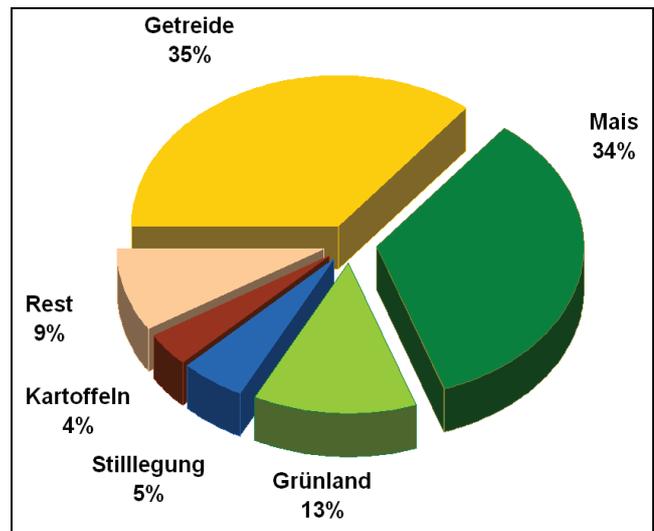


Abbildung 1 Flächennutzung der Pilotbetriebe im Gebiet Lager-Hase 2007

Aufgrund dieses hohen Flächenanteils an Mais verbunden mit einer intensiven Viehhaltung in dieser Region könnte der Gülleunterfußdüngung eine große Bedeutung zukommen und zum effektiven Einsatz der anfallenden Wirtschaftsdünger in dieser Region beitragen.

Um neue Verfahren der Gülleunterfußdüngung im Maisanbau in der Praxis zu testen, wurden erstmals 2006 im Gebiet Lager Hase vier Demonstrationsflächen angelegt. Hierzu wurden für die Region typische Standorte in Calhorn, Bokel, Wulfenau und Holdorf ausgewählt (Abbildung 2).

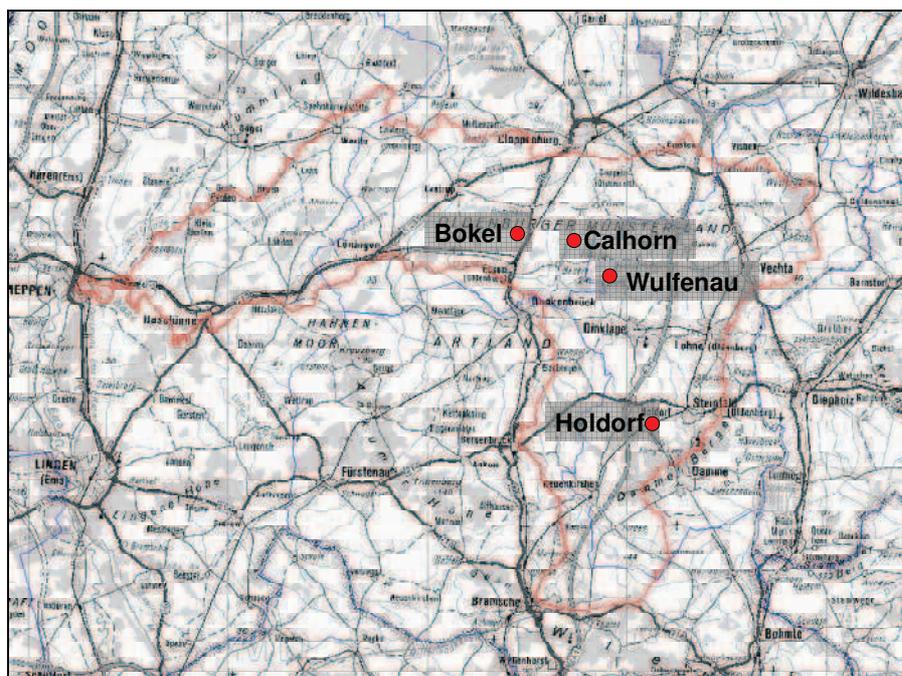


Abbildung 2 Übersicht Lage Demonstrationsflächen Gülleunterfußdüngung (2006/2007). Rot abgegrenzt: Pilotgebiet Lager Hase

In den Folgejahren konnten erneut Demonstrationsflächen auf verschiedenen, für die Region typischen Standorten angelegt werden, um eine modifizierte, weiter entwickelte Technik zu testen und die Maßnahme sowie Einsatzmöglichkeit mit der Praxis zu diskutieren. Die Flächen befanden sich 2007 in Wulfenau und Calhorn, 2008 in Wulfenau und Wehnen (LK Ammerland) und in 2009 in Wulfenau und Uptloh (LK Cloppenburg).

## 2.1 Angewandte Verfahren 2006 bis 2009

Im Jahr 2006 wurden auf den Demonstrationsflächen fünf verschiedene Varianten der Unterfußdüngung nebeneinander angelegt. Die angelegten Demonstrationsstreifen (mit zwei Wiederholungen) variierten in der Düngungsmenge, -art und der Ausbringungstechnik (Tabelle 1).

**Tabelle 1 Varianten Demonstrationsversuch Lager-Hase 2006**

Variante	N-Düngung über Gülle <sup>1</sup>	Gülletechnik	mineral. Unterfußdüngung
1	ohne		ohne
2	ohne		N/P Dünger
3	N-Sollwert <sup>2</sup> abzügl. UFD	konventionelle Schleppschlauchtechnik	N/P Dünger
4	N-Sollwert <sup>2</sup>	konventionelle Schleppschlauchtechnik	ohne
5	N-Sollwert <sup>2</sup> abzügl. UFD	Bandablage (modif. Schleppschlauchtechnik)	N/P Dünger
6	N-Sollwert <sup>2</sup>	Bandablage (modif. Schleppschlauchtechnik)	ohne

<sup>1)</sup> Anrechenbarer Gülle-Stickstoff-N = 70%

<sup>2)</sup> Stickstoffdüngung nach der Nmin-Methode: Sollwert Silomais (180 kg N/ha) abzüglich Nmin-Gehalt im Frühjahr

Die Varianten 1 („Nullparzelle“) und 2 (nur mineralische Unterfußdüngung) dienten als Kontrollvarianten.

In den Varianten 3 und 4 wurde zur Ausbringung der Gülle ein herkömmlicher Schleppschlauchverteiler eingesetzt.

Bei den Varianten 5 und 6, dem Verfahren Bandablage („modifizierte Schleppschlauchtechnik“), wurde vor der Aussaat des Mais die Gülle mit Hilfe eines Schleppschlauchverteilers möglichst exakt in einem schmalen Band im Abstand der späteren Maisreihen von 75 cm abgelegt (Abbildung 3).

Um den Mais exakt in das Gülleband abzulegen, wurden Markierungshilfen eingesetzt.



**Abbildung 3 Schleppschlauchverteiler zur Bandablage 2006**

Auf Wunsch der beteiligten Landwirte wurden im Jahr 2007 die Demonstrationsversuche erneut durchgeführt. Angelegt wurden die Versuche mit einer verbesserten Technik an den Standorten Wulfenau und Calhorn. Die Varianten aus dem Jahr 2007 sind in Tabelle 2 aufgeführt.

**Tabelle 2 Varianten Demonstrationsversuch Lager-Hase 2007**

Variante	N-Düngung über Gülle <sup>1</sup>	Gülletechnik	mineral. Unterfußdüngung
1	ohne		ohne
3	N-Sollwert <sup>2</sup> abzügl. UFD	Schleppschuhtechnik breit	N/P Dünger
4	N-Sollwert <sup>2</sup>	Schleppschuhtechnik breit	ohne
5	N-Sollwert <sup>2</sup> abzügl. UFD	Bandablage (modif. Schleppschuhtechnik)	N/P Dünger
6	N-Sollwert <sup>2</sup>	Bandablage (modif. Schleppschuhtechnik)	ohne

<sup>1)</sup> Anrechenbarer Gülle-Stickstoff-N = 70%

<sup>2)</sup> Stickstoffdüngung nach der Nmin-Methode: Sollwert Silomais (180 kg N/ha) abzüglich Nmin-Gehalt im Frühjahr

Die ungedüngte Variante 1 diente als Kontrollvariante. Die Variante 2 aus dem Jahr 2006 mit einer ausschließlichen mineralischen Unterfußdüngung wurde 2007 nicht wieder ausgesät.

In den Varianten 3-6 erfolgte die Verteilung der Gülle mit einem Schleppschuhverteiler, in den Varianten 3 und 4 als Breitablage und in den Varianten 5 und 6 als Bandablage (Abbildung 4 und 6). In den Varianten mit Bandablage wurden die Schleppschuhe zusammengefasst, so dass die Gülleablage konzentriert in der Reihe erfolgt.



**Abbildung 4 Schleppschuhverteiler zur Gülleausbringung 2007, linke Seite Bandablage, rechte Seite breite Verteilung**



**Abbildung 5 Maissaat mit Zinkenrotor 2007**

Neu war in diesem Jahr die Einarbeitung mit einem Zinkenrotor. Dieser wurde dem Maislegegerät vorgebaut (Abbildung 5) zur tieferen Einarbeitung der Gülle. Die Ablage des Maiskorns erfolgte dann direkt in das so vorbereitete Gülleband.



**Abbildung 6 Demonstrationsfläche 2007 mit der Breitablage (links) und dem Gülleband (rechts) im Vergleich**

In 2008 wurde die Gülleunterfußdüngung an den Standorten Wulfenau und Wehnen fortgesetzt und weiterentwickelt. Da die Einarbeitung der Gülle ein wesentlicher Faktor für den Erfolg des Verfahrens ist, wurde ein Güllegrubber eingesetzt, der auf die Reihenweite 75 cm umgebaut wurde (Abbildung 7). In den Varianten 3 und 4 erfolgte eine Bandablage mit dem hochgezogenen Grubber, in den Varianten 5 und 6 wurde die Gülle mit dem modifizierten Grubber injiziert. Die einzelnen Versuchsvarianten sind in Tabelle 3 aufgeführt.

**Tabelle 3 Varianten Demonstrationsversuch Lager-Hase 2008**

Variante	N-Düngung über Gülle <sup>1</sup>	Gülletechnik	mineral. Unterfußdüngung
1	Ohne		Ohne
2	Ohne		N/P Dünger
3	N-Sollwert <sup>2</sup> abzügl. UFD	Bandablage (hochgezogener Grubber)	N/P Dünger
4	N-Sollwert <sup>2</sup> abzügl. UFD	Bandablage (hochgezogener Grubber)	Ohne
5	N-Sollwert <sup>2</sup> abzügl. UFD	Injektion (modif. Grubber)	N/P Dünger
6	N-Sollwert <sup>2</sup> abzügl. UFD	Injektion (modif. Grubber)	Ohne

<sup>1)</sup> Anrechenbarer Gülle-Stickstoff-N = 70%

<sup>2)</sup> Stickstoffdüngung nach der Nmin-Methode: Sollwert Silomais (180 kg N/ha) abzüglich Nmin-Gehalt im Frühjahr

Die Variante 1 ohne Düngung diente wiederum als Orientierung um den Standort hinsichtlich des N-Mineralisationspotentials einzuschätzen. Die Variante 2 sollte die Wirkung der mineralischen Unterfußdüngung herausstellen. In der dritten und vierten Variante wurde erneut die Bandablage angelegt. Dafür wurde der umgebaute Güllegrubber oberhalb des Bodens geführt. Die Einarbeitung der Gülle erfolgte hier lediglich mit dem Säschar der Drillmaschine. Unterschieden wurden diese Varianten mit und ohne mineralische Unterfußdüngung. In der fünften und sechsten Variante wurden die Erkenntnisse aus den bisherigen Demonstrationsvorhaben zur Gülleunterfußdüngung mit möglichst einfachen Mitteln umgesetzt. Dazu wurde ein Güllegrubber eines führenden Landtechnikunterneh-

mens in der Region eingesetzt. Die Anzahl der Abgänge wurde auf acht reduziert und auf eine Reihenweite von 75 cm montiert. So wurde die Gülle auf ca. 10 bis 12 cm Tiefe in den Boden eingearbeitet. In diese Güllereihen wurde dann im Anschluss der Mais mit einer achtreihigen Drillmaschine gesät.



**Abbildung 7** Güllegrubber zur Gülleausbringung 2008 mit der Bandablage (links) und der Gülleinjektion (rechts) im Vergleich

Aufgrund der sehr viel versprechenden Erfahrungen mit dem Güllegrubber entwickelte das Landtechnikunternehmen in 2009 zur weiteren Optimierung in die praxisreife Technik einen Prototyp eines Gülleinjektors. In 3 Versuchsvarianten kam der Prototyp des Gülleinjektors zum Einsatz (Tabelle 4).

**Tabelle 4** Varianten Demonstrationsversuch Lager-Hase 2009

Variante	N-Düngung über Gülle <sup>1</sup>	Gülletechnik	mineral. Unterfußdüngung
1	Ohne		Ohne
2	Ohne		N/P Dünger
3	N-Sollwert <sup>2</sup> abzügl. UFD	Konventionelle Schleppschlauchtechnik	N/P Dünger
4	N-Sollwert <sup>2</sup> abzügl. UFD	Konventionelle Schleppschlauchtechnik	Ohne
5	N-Sollwert <sup>2</sup> abzügl. UFD	Injektion (Prototyp Gülleinjektor)	N/P Dünger
6	N-Sollwert <sup>2</sup> abzügl. UFD	Injektion (Prototyp Gülleinjektor)	Ohne
7	N-Sollwert	Injektion (Prototyp Gülleinjektor)	Ohne

<sup>1)</sup> Anrechenbarer Gülle-Stickstoff-N = 70%

<sup>2)</sup> Stickstoffdüngung nach der Nmin-Methode: Sollwert Silomais (180 kg N/ha) abzüglich Nmin-Gehalt im Frühjahr

Die Varianten 1 („Nullparzelle“) und 2 (nur mineralische Unterfußdüngung) dienten erneut als Kontrollvarianten. In den Varianten 3 und 4 wurde die Gülle herkömmlich mit einem Schleppschlauchverteiler ausgebracht und anschließend in einem zusätzlichen Arbeitsgang flach eingearbeitet. Die weiteren Varianten wurden mit dem Prototyp des Gülleinjektors angelegt. Dabei wurde zum einen

zwischen N-Sollwertdüngung mit mineralischer Unterfußdüngung (Variante 5) und N-Sollwert abzüglich mineralischer Unterfußdüngung unterschieden (Variante 6). Diesen beiden Varianten wurde die N-Sollwertdüngung komplett über Gülle gegenübergestellt (Variante 7).

Der Gülleinjektor war ausgestattet mit einem Grubberschar, dem sich ein Gülleschlauch anschließt. Dahinter befanden sich Hohl scheiben, die die Güllerille mit einem kleinen Damm bedecken sollten. Der Damm sollte zum einen das Auffinden der Reihen beim Maislegen erleichtern, also Maislegen mit herkömmlicher Technik ohne Einsatz von GPS-Technik ermöglichen. Zum anderen könnte die schnellere Bodenerwärmung vorteilhaft für die Jugendentwicklung des Maises sein. Das Gerät war wie die eingesetzte Maisdrille achtreihig ausgelegt.

Bei der Anlage der Demonstrationsflächen stellten sich jedoch noch technische Mängel heraus. Das Gerät funktionierte nicht einwandfrei, sodass die Gülle nicht genau platziert und teilweise nicht korrekt dosiert werden konnte. Hieraus ergab sich ein ungleichmäßiger Feldaufgang, so dass die Varianten visuell nicht beurteilt werden konnten. Die Firma hat das Gerät überarbeitet und weiterentwickelt und stellt im Herbst 2009 auf der Agritechnica eine weiterentwickelte Technik vor (Abbildung 8).



**Abbildung 8** Gülleinjektor PreMaister der Firma Kotte Landtechnik (links) und Arbeitsbild des Prototypen (rechts), Fotos: Firma Kotte

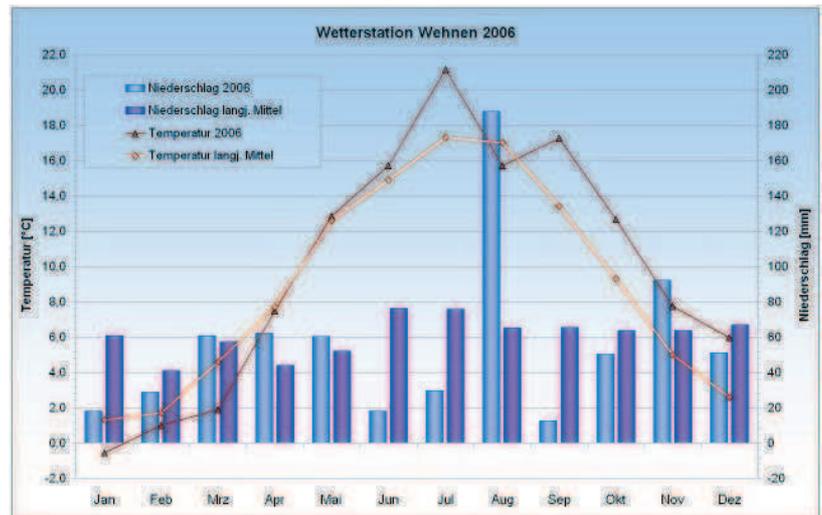
## 2.2 Ergebnisse aus den Demonstrationsversuchen

Die Demonstrationsversuche dienten vorrangig dazu, im Rahmen von Feldbegängen den Praktikern Anregungen zu geben, wie mit einer praxisnahen Technik Wirtschaftsdünger effizient eingesetzt werden können. Eine Ertragserhebung wurde in den Demonstrationsversuchen nicht durchgeführt, da die Ergebnisse zu ungenau wären. Die Auswirkung der Gülleausbringungstechnik auf die potentiell auswaschungsgefährdete Nmin-Menge im Boden, wurde mit Hilfe von Nmin-Untersuchungen nach der Ernte bestimmt.

### Ertragswirkung:

Im Jahre 2006 war aufgrund der ausgeprägten Trockenheit in den Monaten Juni und Juli (Abbildung 9) über alle Varianten hinweg eine unterdurchschnittliche Entwicklung der Bestände zu beobachten.

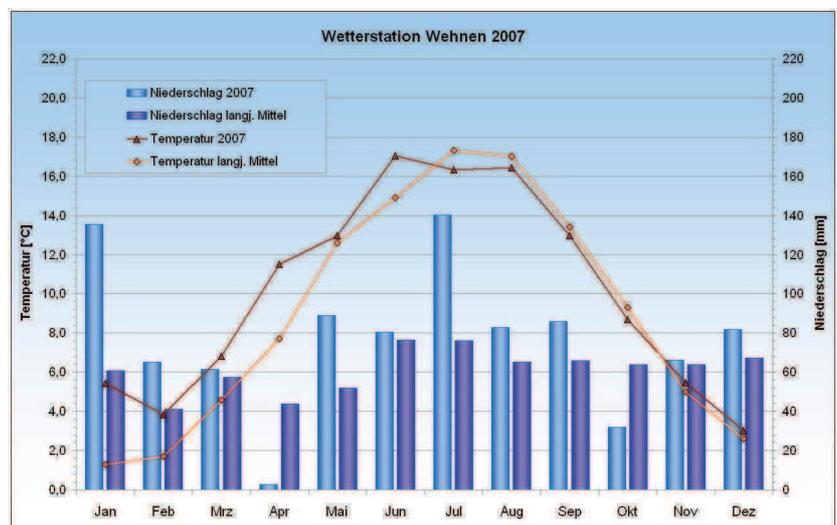
Die ungünstigen Bedingungen ließen keine differenzierte Aussage zur Ertragswirkung der verschiedenen Düngevarianten zu.



**Abbildung 9 Temperatur-Niederschlag-Diagramm Wehnen 2006**

Im Jahr 2007 war die Witterung im Frühjahr optimal für die Entwicklung der Maisbestände.

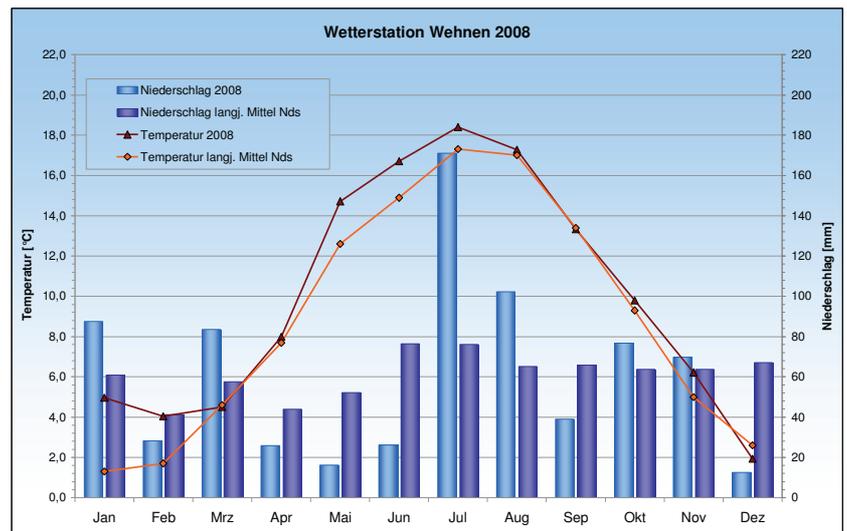
Nach der anfänglichen Trockenheit im April fielen ab dem Monat Mai ausreichend Niederschläge bei nicht zu kühler Witterung (Abbildung 10), so dass der Mais sein Ertragspotential voll ausschöpfen konnte.



**Abbildung 10 Temperatur-Niederschlag-Diagramm Wehnen 2007**

Bedingt durch die sehr günstigen Wachstumsbedingungen waren auch in 2007 zwischen den verschiedenen Düngungsvarianten keine nennenswerten Entwicklungsunterschiede sichtbar. Zur Ernte waren abgesehen von dem visuell etwas schlechter entwickelten Maisbestand in der Kontrolle mit Nulldüngung kaum Unterschiede zwischen den verschiedenen gedüngten Demonstrationsstreifen wahrnehmbar. Eine verzögerte Jugendentwicklung oder mögliche Ertragseinbußen in den Maisvarianten, in denen der mineralische Unterfußdünger durch die Gülleunterfußdüngung ersetzt wurde, konnten somit in beiden Versuchsjahren nicht beobachtet werden.

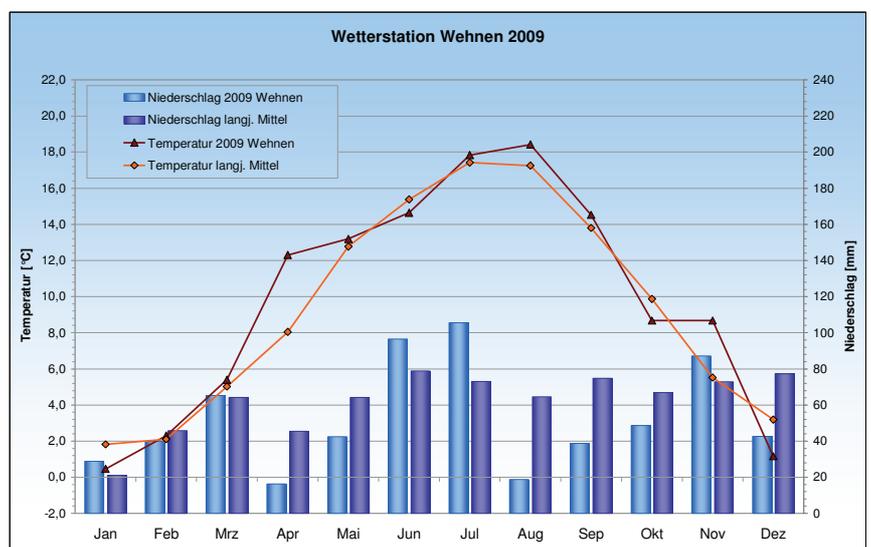
Nach einem milden feuchten Winter schloss sich 2008 ein trockenes Frühjahr an. Die Niederschläge von April bis Juni waren deutlich unterdurchschnittlich (Abbildung 11). Im Juli und August fiel dann reichlich Regen. Die vergleichsweise hohen Temperaturen ab April bescherten dem Mais gut Bedingungen.



**Abbildung 11 Temperatur-Niederschlag-Diagramm Wehnen 2008**

Im Jahr 2008 hatte der Mais nach einer Trockenphase von April bis Juni sehr gute Wachstumsbedingungen. Im Juli gab es reichlich Niederschlag und da der Mais bis dahin überwiegend noch nicht unter der Trockenheit gelitten hatte, konnte er bei vergleichsweise hohen Temperaturen sein Wachstumspotential voll entfalten. Unter diesen Voraussetzungen sind die Unterschiede verschiedener Anbauvarianten häufig nur schwach ausgeprägt. Dennoch waren visuelle Unterschiede zugunsten der Injektionsvariante zu erkennen.

Nach einem trockenen Dezember folgten in den ersten drei Monaten in 2009 durchschnittliche Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse. Der April war vergleichsweise warm und trocken, so dass der Mais früh bestellt werden konnte. Es folgte im Juni eine kalte Phase unter der der Mais vielerorts gelitten hat. Im weiteren Verlauf gab es dort wo die Niederschläge fielen gute Bedingungen für den Mais.

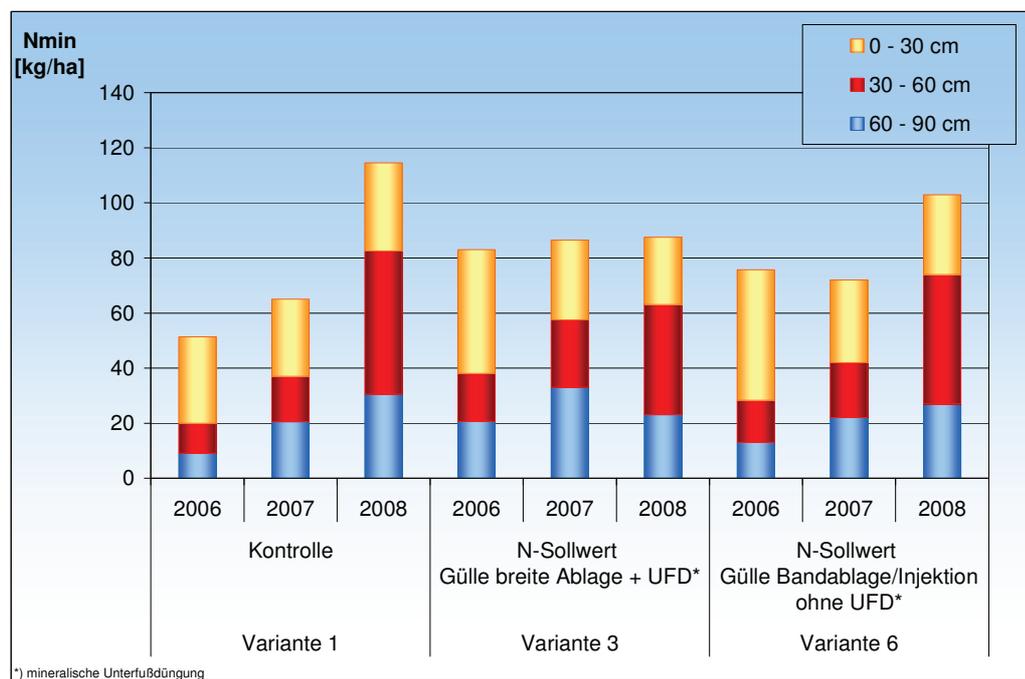


**Abbildung 12 Temperatur-Niederschlag-Diagramm Wehnen 2009**

Aufgrund der oben beschriebenen technischen Probleme bei der Gülleausbringung lässt sich 2009 kein sicheres Ergebnis beschreiben. Dem visuellen Eindruck nach präsentierten sich die Varianten mit mineralischer Unterfußdüngung etwas besser. Allerdings sah der Mais, dort wo er in der Jugendphase gut aufgelaufen war, in der Variante 7 mit der vollen Güllemenge nicht schlechter aus als in den Varianten 3 und 5, die mit mineralischer Unterfußdüngung versorgt wurden. Aufgrund der ungünstigen Witterungsbedingungen in der Jugendphase zeigten sich in der Region vielfach große Effekte bei der Unterfußdüngung.

### Auswirkung auf Nmin-Werte:

Nach der Ernte wurden Nmin-Proben in den Demonstrationsversuchen gezogen, um den Rest-Stickstoffgehalt im Boden zu ermitteln. Die Werte der Kontrollvariante (keine Düngung) lagen in den ersten beiden Jahren bei rund 60 kg Nmin/ha (Abbildung 12). Die Nmin-Werte der gedüngten Varianten lagen rund 10-20 kg höher. Tendenziell waren in den ersten beiden Jahren die Nmin-Werte bei der Variante „Gülle breite Ablage mit mineralischer Unterfußdüngung“ höher als die Variante „Gülleband/Gülleinjektion ohne mineralische Unterfußdüngung“. Das Verhältnis war in 2008 jedoch umgekehrt. Allerdings lagen die Nmin-Werte am Standort Wulfenau vergleichsweise hoch, was in dem sehr humosen mineralisationsfreudigen Boden zu begründen ist. Auffällig ist der hohe Nmin-Wert in der Nullvariante. In dieser Variante präsentierte sich der Mais allerdings erheblich schlechter als in den anderen Varianten.



**Abbildung 13 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte von Mais, Demonstrationsstandorte Wulfenau, Bokel und Holdorf 2006, Wulfenau und Calhorn 2007, Wulfenau und Wehnen 2008**

Nach diesen ersten Ergebnissen der Nmin-Untersuchungen sind in der Regel keine Nachteile durch die Gülleunterfußdüngung für das Grundwasser zu erwarten. Etwas höhere Nmin-Werte nach der Ernte sind gegenüber der mineralischen Unterfußdüngung nur im Jahr 2008 aufgetreten, tendenziell niedrigere Werte in den Jahren 2006 und 2007.

### **2.3 Besichtigung der Demonstrationsflächen Gülleunterfußdüngung**

Die angewandte Technik stieß bei den Landwirten, den Berater/innen und den Behördenvertretern auf großes Interesse. Bei zahlreichen Feldbegängen und Veranstaltungen wurden die Demonstrationsversuche gezeigt, um die Technik und Düngungsvarianten vorzustellen, mögliche Probleme aufzuzeigen und mit den Landwirten vor Ort ins Gespräch zu kommen (Abbildung 13). Durch die Beobachtung der Maisbestände und Darstellung der Praxistauglichkeit der Technik konnten erste Schritte zur Akzeptanz dieser Maßnahme bei aktiven Landwirten unternommen werden.



**Abbildung 14** Feldbesichtigung am 22.05.06 in Bokel – Demonstrationsversuch zur Gülleunterfußdüngung

Die im ersten Jahr praktizierte Form der Gülleausbringung mit dem Schleppschauchverteiler, dessen Schläuche zusammengebunden wurden, fand zwar Zustimmung, die Landwirte bemängelten jedoch die Gülleauflage auf der Fläche und die damit verbundenen Ammoniakverluste. Die im zweiten Jahr erfolgte Gülleausbringung mit dem Schleppschuhgerät wurde als deutliche Verbesserung angesehen. Die Landwirte erwarten, dass dieses verbesserte Verfahren einen Beitrag leisten kann den Aufwand an mineralischem Stickstoff- und Phosphordünger (UFD) zu reduzieren und die Gülle effizienter einzusetzen.

Der Gülleinjektor (modifizierter Güllegrubber), der im 3. Jahr eingesetzt wurde, wird von den Besuchern der Demonstrationsflächen überwiegend als richtiger Ansatz gewertet. Die unmittelbare Einarbeitung stößt auf große Akzeptanz. Zum einen treten kaum gasförmige Stickstoffverluste auf, zum anderen ist es ein arbeitswirtschaftlicher Vorteil den Arbeitsgang für die Einarbeitung der Gülle einzusparen bzw. den Termin der Maisaussaat sehr flexibel wählen zu können. Die Rückmeldungen der Landwirte machten auch deutlich, dass das Gerät im Detail noch verbessert werden sollte. Dabei wurden Details wie die Dammbildung zum einfachen Auffinden der Maisreihen bei der Saat, eine Spurenauflockerung zwischen Güllefass und Injektor sowie der Einsatz von Scheibenscharen statt Grubberscharen angesprochen und diskutiert.

Mit dem Prototyp eines Gülleinjektors, der dann zur Aussaat 2009 von dem Landtechnikunternehmen Kotte in Rieste entwickelt wurde, fanden sich einige dieser Hinweise bereits umgesetzt. Am 24. und 25.02.2009 veranstaltete die Landwirtschaftskammer Niedersachsen für Landwirte, Lohnunternehmer und Berater bei dem Landtechnikunternehmen eine Besichtigung des Prototyps. Außerdem wurden die bisherigen Ergebnisse zur Gülleunterfußdüngung von der Landwirtschaftskammer vorgestellt und mit den Praktikern diskutiert (Abbildung 14).



**Abbildung 15 Informationsveranstaltung zur Gülleunterfußdüngung am 24.02.2009 bei der Firma Kotte**

Entscheidend aus Sicht der Landwirte ist die Praktikabilität und Schlagkraft des Verfahrens. Gülleausbringung und Maislegen müssen deshalb so aufeinander abgestimmt sein, dass in kürzester Zeit beide Maßnahmen nacheinander durchgeführt werden können. Hierfür ist entscheidend, dass sich das Lohnunternehmen logistisch und technisch auf die Maßnahme einstellt und insbesondere ausreichend Gülletransport und -ausbringungskapazitäten zur Verfügung stellt.

Bemängelt wird, dass der Einsatz eigener Technik nicht mehr möglich sein wird. Da die Tendenz jedoch in die Richtung geht, Gülleausbringung und Maisaussaat überbetrieblich zu vergeben, ist künftig mit ausreichend Flächenpotenzialen zu rechnen.

Die Vorstellungen der Demonstrationsflächen boten daneben den Anlass über Themen wie Grundwasserschutz und Düngung zu diskutieren und die in den Betrieben praktizierten Vorgehensweisen zu hinterfragen. Hierbei wurden Potenziale zur Verbesserung des innerbetrieblichen Nährstoffmanagements und der Effizienz der eingesetzten Düngemittel aufgedeckt. Im Austausch mit den Landwirten konnten Wege und Möglichkeiten dargestellt werden, den Düngeeinsatz, insbesondere der Gülle, zu optimieren.

### 3 Exaktversuche Gülleunterfußdüngung

Bereits in den Jahren 1997 bis 1999 hat die ehemalige Landwirtschaftskammer Weser-Ems einen Exaktversuch zur Gülleunterfußdüngung durchgeführt, der zu guten Ertragsergebnissen führte (Abbildung 16).

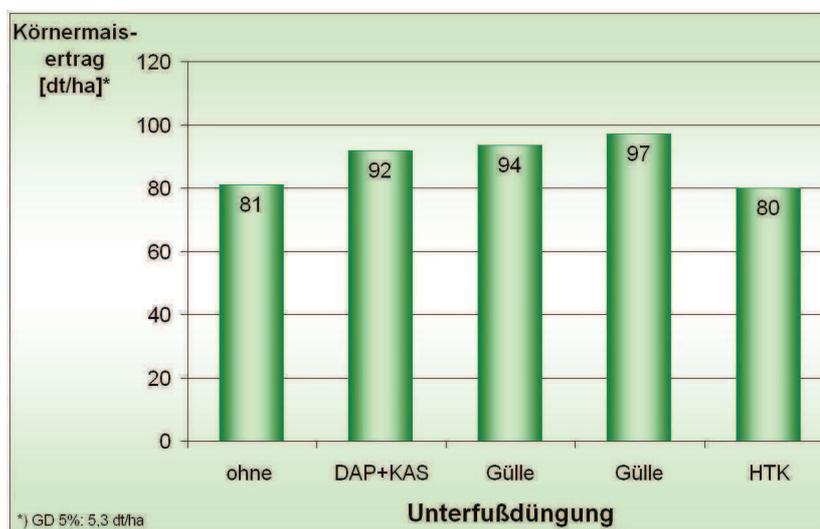


Abbildung 16 Unterfußdüngung zu Körnermais, 1997 – 1999

Dabei wurde die Gülle in einem Arbeitsgang mit dem Maislegen in den Boden injiziert und erzielte im direkten Vergleich zur mineralischen Unterfußdüngung gleiche Erträge. Negativ bei dem dort erprobten Injektionsverfahren waren allerdings der Einsatz schwerer Maschinen und deren Auswirkungen sowie eine nur geringe Schlagkraft.

#### 3.1 Gülleunterfußdüngungsversuch 2006

Im Jahr 2006 nahm die Landwirtschaftskammer Niedersachsen das Thema Gülleunterfußdüngung erneut in ihr Versuchsprogramm auf. Der Versuch wurde durchgeführt am Standort Wehnen, Landkreis Ammerland. Getestet wurden acht verschiedene Varianten, die in Tabelle 5 aufgeführt sind.

Tabelle 5 Versuchsvarianten Exaktversuch Wehnen 2006

Variante	Gülledüngung	min. Unterfußdüngung
1	ohne	ohne
2	ohne	mit
3	Gülle breit	ohne
4	Gülle breit	mit
5	Bandablage (modif. Schleppschauchtechnik)	ohne
6	Bandablage (modif. Schleppschauchtechnik)	mit
7	Gülle Injektion	ohne
8	Gülle Injektion	mit

Die Varianten 1 und 2 dienen der Kontrolle. Für den Faktor Gölledüngung wurden drei verschiedene Verfahren getestet, jeweils einmal mit mineralischer Unterfußdüngung und ohne. Für die Gölledüngung wurde ein für diese Versuche entwickeltes Parzellengöllefass eingesetzt (Abbildung 16).

In den Varianten 3 und 4, „Gölle breit“, wird die Gölle konventionell über Schleppschläuche ausgebracht und anschließend eingearbeitet (Abbildung 18).



**Abbildung 17 Parzellengöllefass**



**Abbildung 18 Variante „Gölle breit“**



**Abbildung 19 Variante „Gölle Band“**

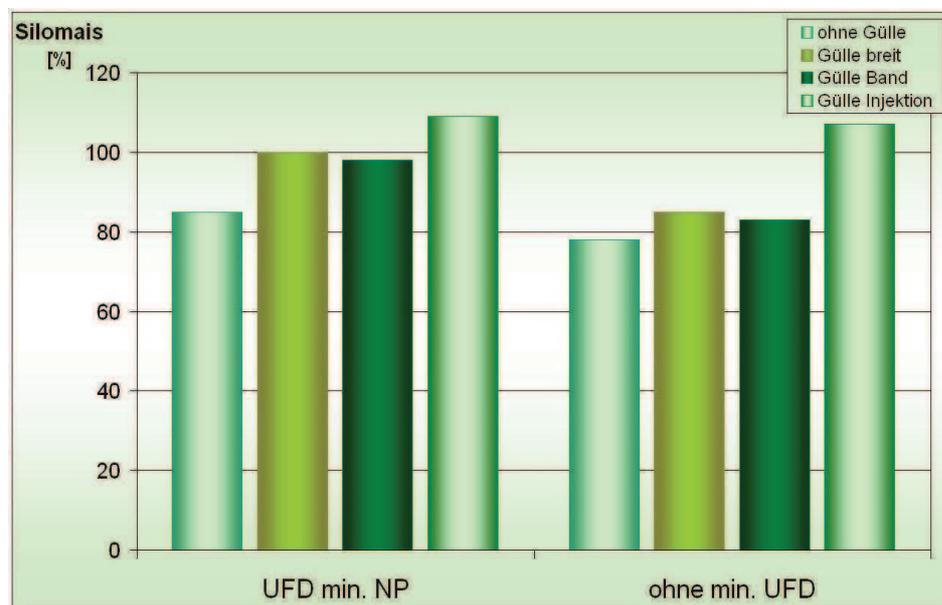
Bei der Bandablage der Varianten 5 und 6 wurden die Schlauchabgänge so zusammengeführt, dass die Gölle in einem Band von ca. 20 cm aufgebracht wird. Zwischen der Mitte der jeweiligen Göllebänder liegt ein Abstand von 75 cm, so dass die Aussaat nach der Einarbeitung in dieses Gölleband erfolgen konnte (Abbildung 19).

In den Varianten 7 und 8, „Gölleinjektion“, wurde die Gölle mit einem Injektionsverfahren in den Boden eingebracht und nahe am Saatkorn abgelegt (Abbildung 20).



**Abbildung 20 Variante „Gülleinjektion“**

Die Ertragsergebnisse aus dem Jahr 2006 sind in der Abbildung 21 abgebildet. Dabei zeigt die Variante „Gülleinjektion“ tendenziell einen Mehrertrag im Vergleich, vor allem bei den Varianten ohne mineralische Unterfußdüngung. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass mit der Gülleinjektion vergleichbare Erträge erzielt werden und auf eine mineralische Unterfußdüngung verzichtet werden kann. Die technische Umsetzung der Gülleinjektion in die Praxis ist jedoch sehr aufwendig.



**Abbildung 21 Unterfußdüngung zu Silomais 2006 (Ertrag in GJ NEL/ha rel.)**

### 3.2 Gülleunterfußdüngungsversuche 2007

Im Jahr 2007 erfolgte eine Umstellung der Versuchsanstellung und an vier Standorten wurden Kleinparzellenversuche mit unterschiedlichen Unterfußdüngungsmaßnahmen angelegt.

Auf den Versuchstandorten Bassum-Bramstedt, LK Diepholz (2) und Dasselsbruch, LK Celle (3) wurde Silomais und auf den Standorten Wehnen, LK Ammerland (1) und Essen, LK Cloppenburg (4) Körnermais angebaut. Die Versuchstandorte sind der Abbildung 22 zu entnehmen.

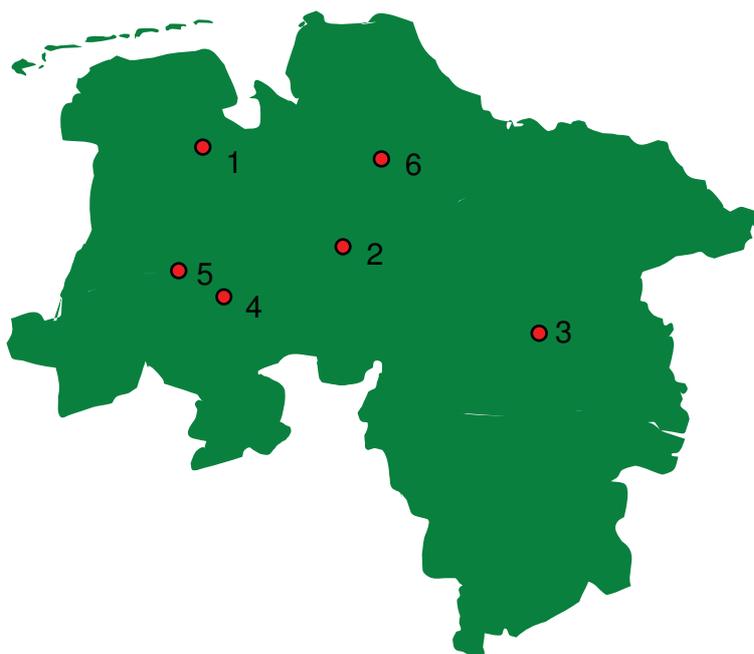


Abbildung 22 Versuchstandorte Gülle UFD

Die Versuche wurden mit 7 Varianten und 4 Wiederholungen angelegt. In den Varianten wurden verschiedene Verteiltechniken eingesetzt und Kombinationen aus Gülledüngung und Unterfußdüngung (mineralisch / organisch) sowie ausschließliche Unterfußdüngung (mineralisch / organisch) und ausschließliche Gülledüngung verglichen. Die Versuchsvarianten sind in der Tabelle 6 aufgeführt.

Tabelle 6 Unterfußdüngungsvarianten Exaktversuche 2007

Variante	N-Düngung über Gülle	Gülletechnik	Einarbeitung	mineral. Unterfußdüngung <sup>1</sup>
1	ohne	-	-	UFD min
2	N-Sollwert <sup>3</sup> abzügl. UFD	Schleppschlauch	Einarbeitung Zinkenrotor	UFD min
3	N-Sollwert <sup>3</sup> abzügl. UFD	Schleppschlauch + Gülleinjektion <sup>2</sup>	Einarbeitung Zinkenrotor	ohne
4	N-Sollwert <sup>3</sup>	Schleppschlauch	Einarbeitung Zinkenrotor	ohne
5	N-Sollwert <sup>3</sup>	Bandablage (modif. Schleppschlauchtechnik)	Einarbeitung Zinkenrotor	ohne
6	N-Sollwert <sup>3</sup>	Schleppschuh	ohne	ohne
7	N-Sollwert <sup>3</sup>	Gülleinjektion	ohne	ohne

<sup>1)</sup> N/P Mischdünger (40/30); 40 kg N/ha

<sup>2)</sup> Unterfußdüngung Gülle (70 % anrechenbar); 40 kg N/ha

<sup>3)</sup> Gülle (70 % anrechenbar) nach N-Sollwert Methode

Die Variante 1 diente als Kontrolle und dort wurde keine Gülle ausgebracht. Die Düngung erfolgte ausschließlich mit mineralischer Unterfußdüngung. Die Varianten 2 und 3 erhielten eine Güllegrunddüngung und zur Saat eine Unterfußdüngung.

In Variante 2 erfolgte diese mit mineralischem Dünger und in Variante 3 wurde Gülle mit dem Injektionsverfahren in den Boden eingebracht und nahe am Saatkorn abgelegt („Gülleinjektion“ Abbildung 20). Die Varianten 4 bis 6 wurden ausschließlich über Gülle vor der Saat gedüngt. Dabei wurde in Variante 3 die Gülle konventionell über Schleppschläuche ausgebracht und anschließend eingearbeitet. In der Variante 5 wurde die Gülle als Gülleband abgelegt („Gülle Band“ Abbildung 19). In der Variante 6 kam ein Schleppschuhverteiler zum Einsatz. Die Gülle wurde hierbei breitflächig abgelegt und durch die Schleppschuhe wurde die Gülle nahe der Oberfläche in den Boden eingebracht. In der Variante 7 wurde die gesamte Düngemenge in Form von Gülle mit der Schlitztechnik zur Saat in den Boden injiziert („Gülleinjektion“ Abbildung 20).

Neben den Auswirkungen auf Ertrag und Wachstumsverlauf der verschiedenen Varianten wurde auch die Wirkung der Gülleunterfußdüngung auf die verfügbaren Stickstoffmengen im Boden nach der Ernte mit Hilfe von Nmin-Untersuchungen ermittelt.

Beispielhaft für die Ertragswirkung sind die Silomaiserträge vom Standort Dasselsbruch und die Körnermaiserträge vom Standort Essen abgebildet (Abbildung 23 und Abbildung 24).

Am Standort Dasselsbruch konnten keine signifikanten Mehr- bzw. Mindererträge im Vergleich zur Standard-Düngungsvariante (2) ermittelt werden. Am Standort Essen führte die Gülleinjektion zu Mindererträgen im Vergleich zu den anderen Varianten. Auffällig war bei beiden Standorten der hohe Ertrag der Kontrollvariante 1. Daran zeigt sich, dass aufgrund der feuchten und warmen Witterung der bodenbürtige Stickstoff optimal verwertet werden konnte.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse aller Standorte aus dem Jahr 2007, dass in Bezug auf die Erträge die Varianten ohne mineralische Unterfußdüngung den Güllevarianten gegenüber leicht schwächer dastehen. Aufgrund der nur einjährigen Ergebnisse und der für den Maisanbau äußerst günstigen Witterung mit insgesamt gutem Ertragsniveau ließen diese Ergebnisse noch keine belastbaren Aussagen in 2007 zu.

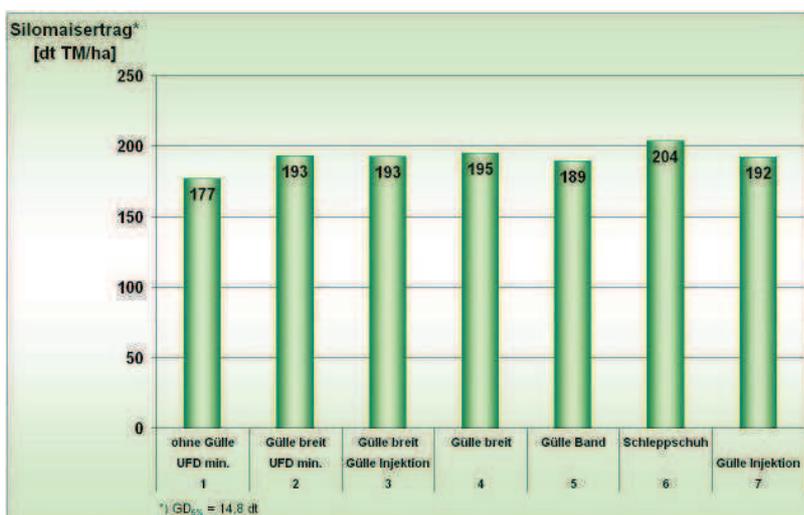


Abbildung 23 Silomais-Trockenmasse-Ertrag 2007 am Standort Dasselsbruch

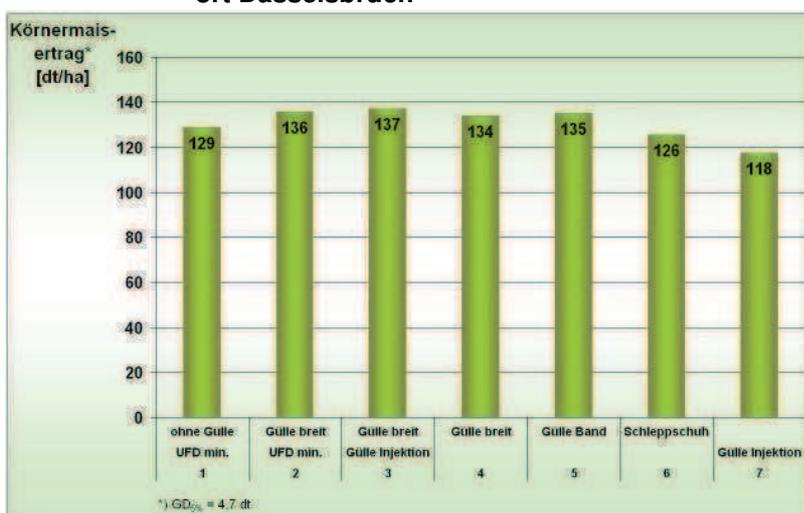
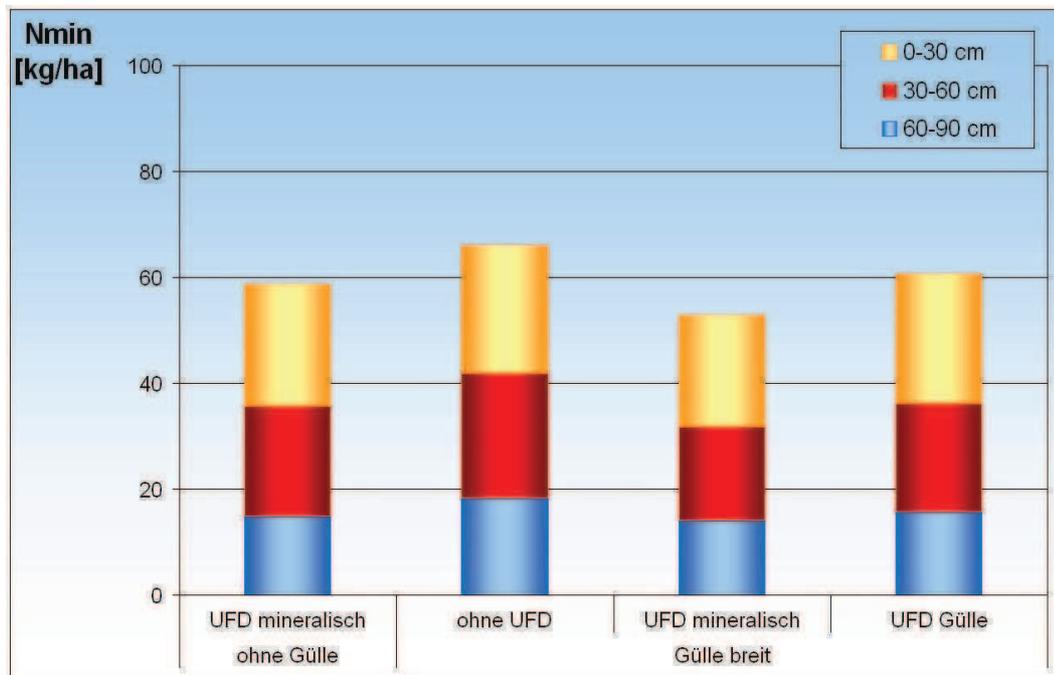


Abbildung 24 Körnermaisertrag 2007 am Standort Essen

Um den Einfluss der Gülleunterfußdüngung auf den Stickstoffhaushalt im Boden nach der Ernte zu ermitteln, wurden Nmin-Proben gezogen. Die Analyse dieser Proben wurde aus Mitteln der Wasserentnahmegebühr (§ 47 h Abs. 3 NWG) finanziert.

Die Proben wurden von den Varianten 1-4 (Tabelle 6) nach der Ernte in einer Tiefe von 0-90 cm an den Standorten Dasselsbruch, Essen und Wehnen gezogen.



**Abbildung 25 Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte 2007 der Standorte Dasselsbruch, Essen, Wehnen**

Die Ergebnisse aus der Abbildung 25 zeigen, dass es 2007 zwischen den Varianten kaum einen Unterschied in den Nmin-Werten nach der Ernte gibt. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass es zwischen den Standorten Unterschiede in der Höhe der Nmin-Werte gibt. Der Standort Essen weist generell höhere Nmin-Werte in allen Varianten auf als die beiden anderen Standorte. Dies kann am Standort Essen u. a. an dem hohen Mineralisierungspotenzial liegen, es handelt sich um einen gut versorgten Eschboden.

### 3.3 Gülleunterfußdüngungsversuche 2008

Im Jahr 2008 wurden die Versuche zur Gülleunterfußdüngung bei Körnermais an den Standorten Wehnen und Werlte (LK Emsland, Standort 5, Abbildung 21) und zum Silomais an den Standorten Bassum-Bramstedt und Dasselsbruch durchgeführt.

Die Versuchsanstellung von 2007 wurde um 2 Varianten ergänzt (Tabelle 7). Zusätzlich wurden eine Null-Variante (Variante 8) und eine UFD-Vergleichsvariante (Variante 9) den Versuchen hinzugefügt. Die UFD-Vergleichsvariante wurde nur mit Gülle als Unterfußdünger (40 kg N /ha) gedüngt, um mögliche Unterschiede zwischen mineralischer (Variante 1) und organischer UFD erkennen zu können.

**Tabelle 7 Unterfußdüngungsvarianten Exaktversuche 2008**

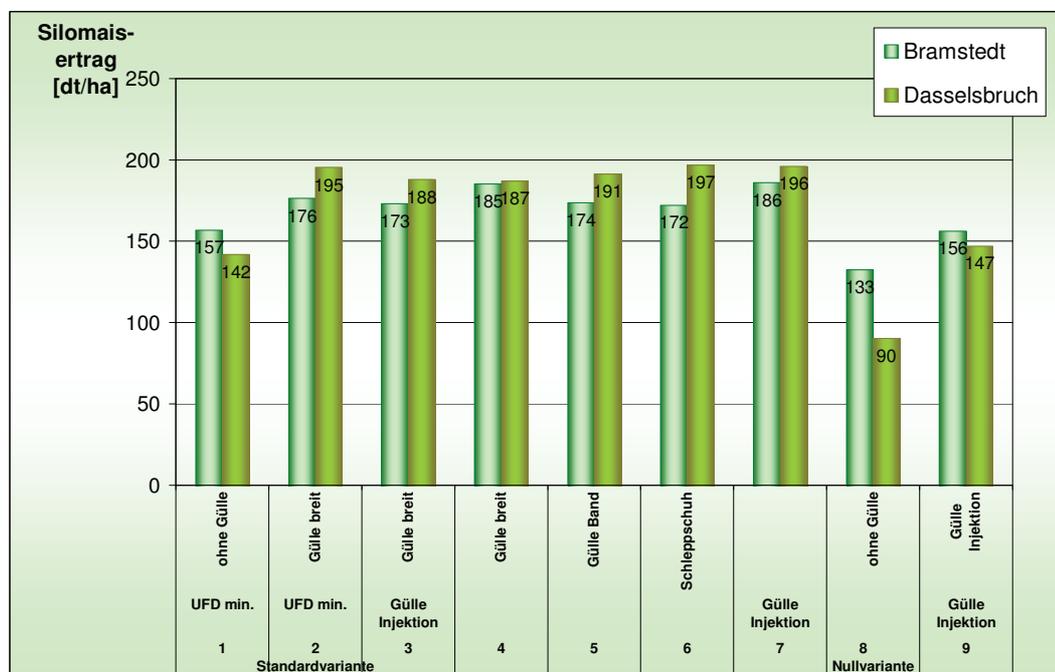
Variante	N-Düngung über Gülle	Gülletechnik	Einarbeitung	mineral. Unterfußdüngung <sup>1</sup>
1	ohne	-	-	UFD min
2	N-Sollwert <sup>3</sup> abzügl. UFD	Schleppschlauch	Einarbeitung Zinkenrotor	UFD min
3	N-Sollwert <sup>3</sup> abzügl. UFD	Schleppschlauch + Gülleinjektion <sup>2</sup>	Einarbeitung Zinkenrotor	ohne
4	N-Sollwert <sup>3</sup>	Schleppschlauch	Einarbeitung Zinkenrotor	ohne
5	N-Sollwert <sup>3</sup>	Bandablage (modif. Schleppschlauchtechnik)	Einarbeitung Zinkenrotor	ohne
6	N-Sollwert <sup>3</sup>	Schleppschuh	ohne	ohne
7	N-Sollwert <sup>3</sup>	Gülleinjektion	ohne	ohne
8	ohne	-	-	ohne
9	ohne	Gülleinjektion <sup>2</sup>	ohne	ohne

<sup>1)</sup> N/P Mischdünger (40/30); 40 kg N/ha

<sup>2)</sup> Unterfußdüngung Gülle (70 % anrechenbar); 40 kg N/ha

<sup>3)</sup> Gülle (70 % anrechenbar) nach N-Sollwert Methode

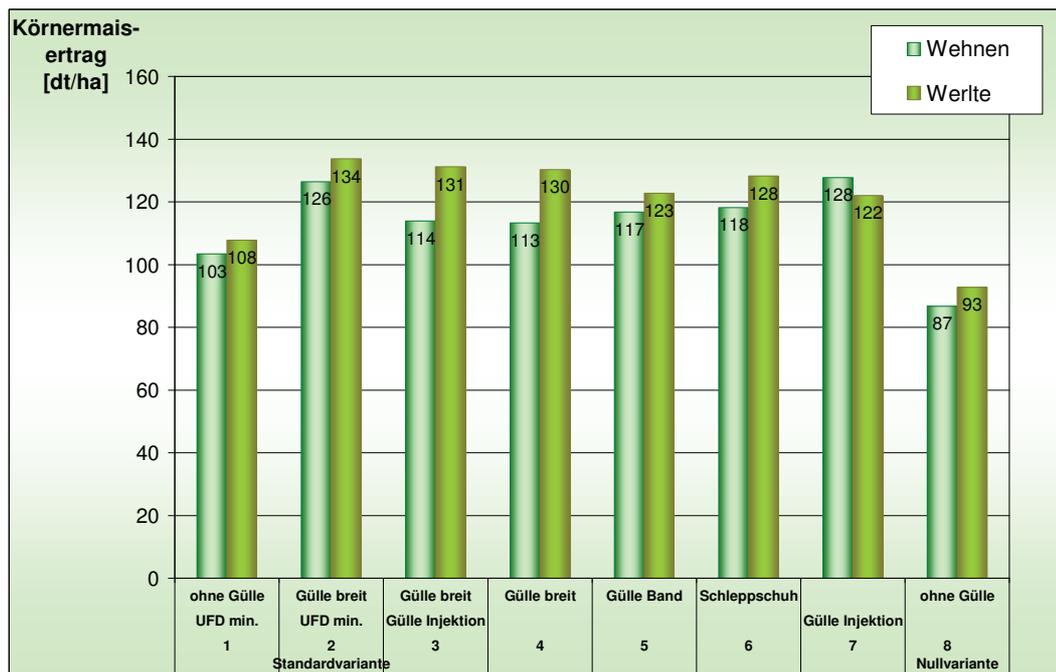
Die Silomais- und Körnermaiserträge sind in Abbildung 25 und Abbildung 26 aufgeführt. Die ertraglichen und qualitativen Unterschiede beim Silomais zwischen den Varianten mit Sollwertdüngung erreichten keine signifikanten Ertragsunterschiede, tendenziell ließen sich 2008 mit Gülleunterfußdüngung z.T. sogar Ertragssteigerungen erreichen.



**Abbildung 26 Silomais-Trockenmasse-Ertrag 2008**

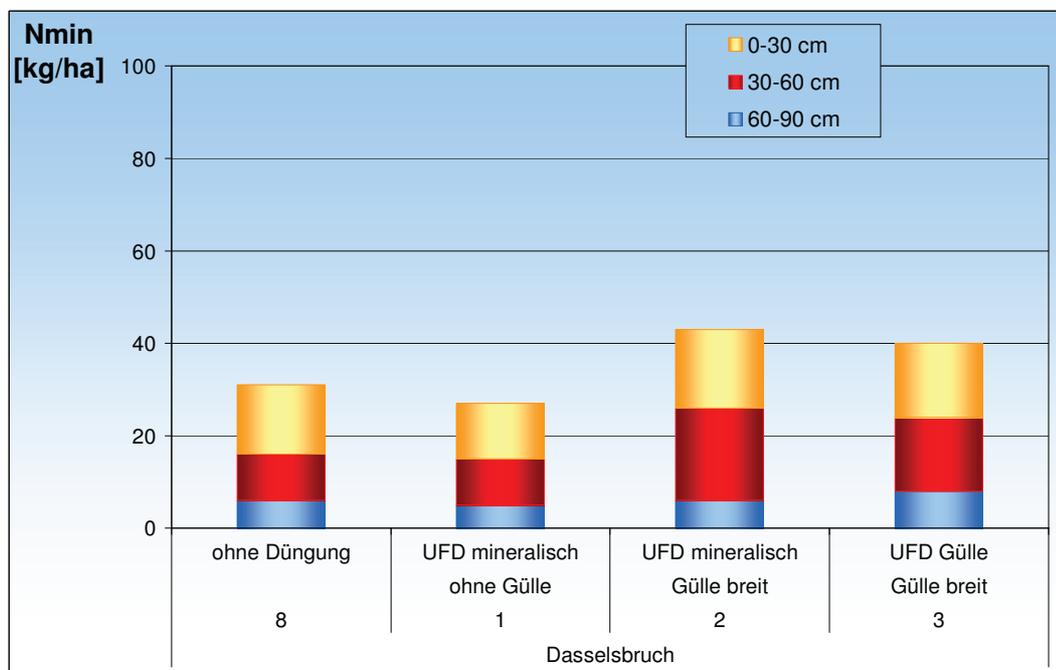
Beim Körnermais stellten sich die Ergebnisse an den beiden Standorten sehr unterschiedlich dar. In Wehnen hat die Gülleunterfußdüngung im Injektionsverfahren (7) sehr gute Ergebnisse geliefert, die mit dem Standardverfahren (2) gleichwertig waren. In Werlte waren hingegen in mehreren Varianten

signifikante Unterschiede zum Standardverfahren erkennbar (Bandablage und Injektion), hier mussten 2008 Ertragseinbußen hingenommen werden.



**Abbildung 27 Körnermaisertrag 2008 in Wehnen und Werlte**

Die Nmin-Proben wurden an den Standorten Dasselsbruch, Werlte und Wehnen gezogen. Die Proben wurden von den Varianten 1 - 3 und Variante 8 (Tabelle 7) genommen. Die Ergebnisse nach der Silomaisenernte in Dasselsbruch sind in Abbildung 28 dargestellt.

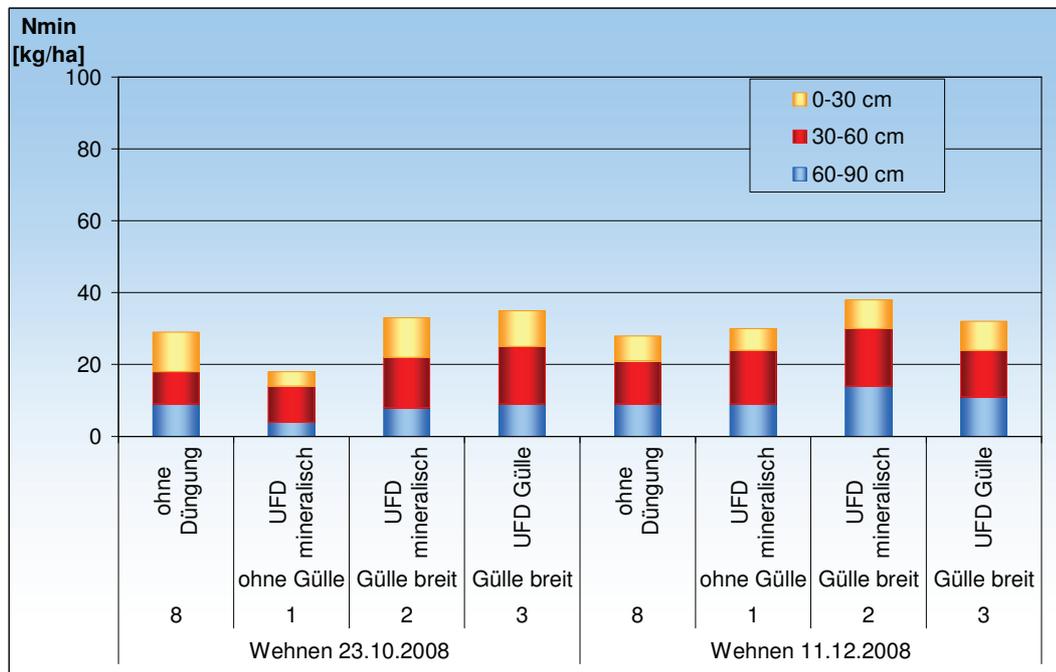


**Abbildung 28 Nmin-Gehalte im Boden nach der Silomaisenernte 2008, Standort Dasselsbruch**

Die Reststickstoffgehalte nach der Ernte lagen unter 50 kg Nmin/ha. Gegenüber der ungedüngten Kontrollvariante erreichen die auf Sollwert gedüngten Varianten zu geringfügig höheren Rest-Nmin-

Gehalten, die innerhalb der Fehlergrenze lagen. Die Gülleunterfußdüngung führte gegenüber der mineralischen Unterfußdüngung zu keinen signifikant höheren Rest-Nmin-Gehalten im Boden.

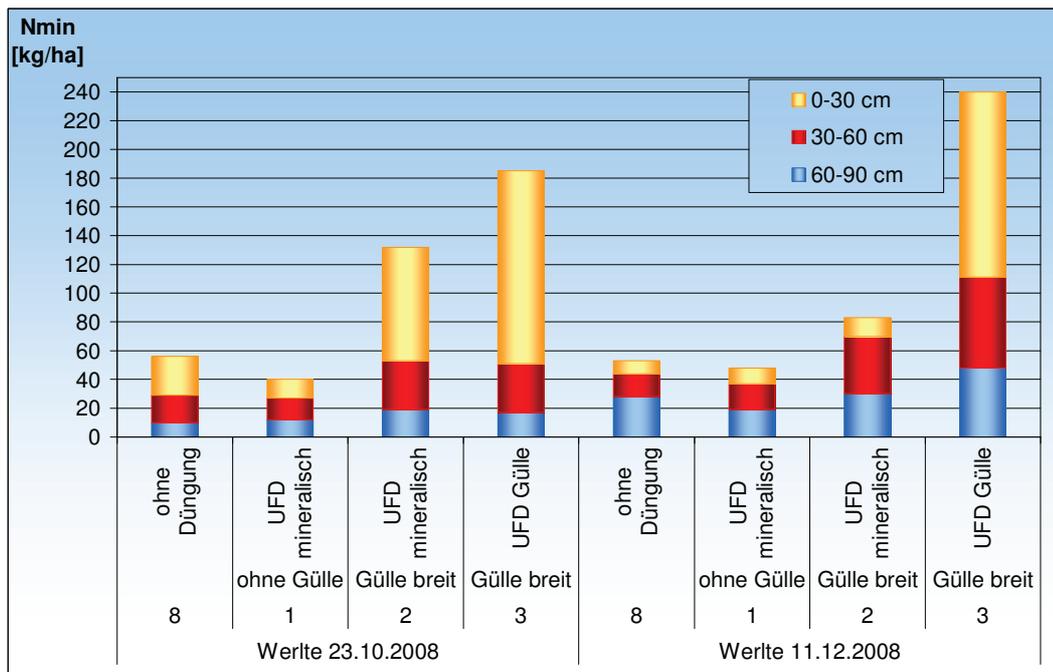
In Abbildung 29 sind die Ergebnisse der Nmin-Proben des Standortes Wehnen nach Körnermais dargestellt.



**Abbildung 29 Nmin-Gehalte im Boden nach der Körnermaisernte 2008, Standort Wehnen**

Am Standort Wehnen lagen die Reststickstoffgehalte nach der Ernte in allen Varianten unter 40 kg Nmin/ha. Dort führte die Gülleunterfußdüngung im Vergleich zur mineralischen Unterfußdüngung gleichgerichtet zu den Ergebnissen am Standort Dasselbruch nicht zu signifikant erhöhten Nmin-Gehalten im Boden.

Die Nmin-Ergebnisse nach der Körnermaisernte am Standort Werlte sind in Abbildung 30 aufgeführt.



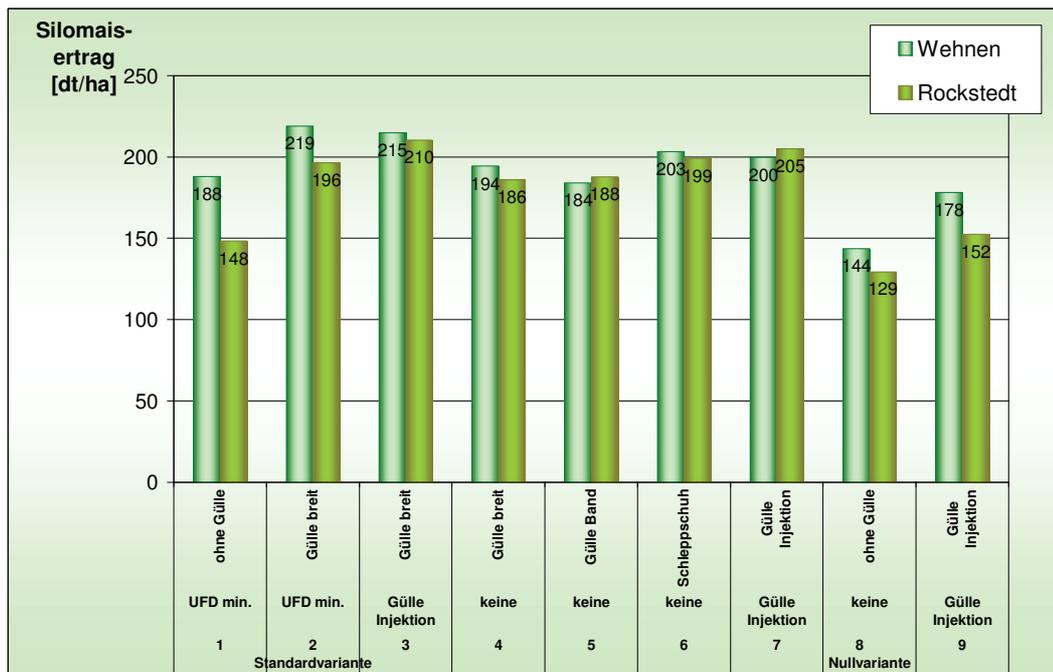
**Abbildung 30 Nmin-Gehalte im Boden nach der Körnermaisernte 2008, Standort Werlte**

Auffällig ist das hohe Nmin-Niveau am Standort Werlte. Die hohen Reststickstoffgehalte im Boden sind maßgeblich auf die hohe N-Nachlieferung zurückzuführen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass es sich um einen Eschboden mit einem sehr hohen N-Nachlieferungspotential handelt. Im Gegensatz zu den übrigen Standorten führte eine Gülleunterfußdüngung gegenüber einer mineralischen Unterfußdüngung 2008 zu signifikant höheren Nmin-Gehalten. Dieses lässt sich eigentlich nur mit einem zusätzlichen „Mineralisationsschub“ erklären, der in diesem Versuchsjahr durch die Gülleunterfußdüngung ausgelöst wurde.

### 3.4 Gülleunterfußdüngungsversuche 2009

Die Versuche zur Gülleunterfußdüngung wurden in 2009 mit Silomais und Körnermais an den Standorten Werlte und Rockstedt (LK Rotenburg, Standort 6 Abbildung 21) mit den Versuchsvarianten 2008 fortgesetzt.

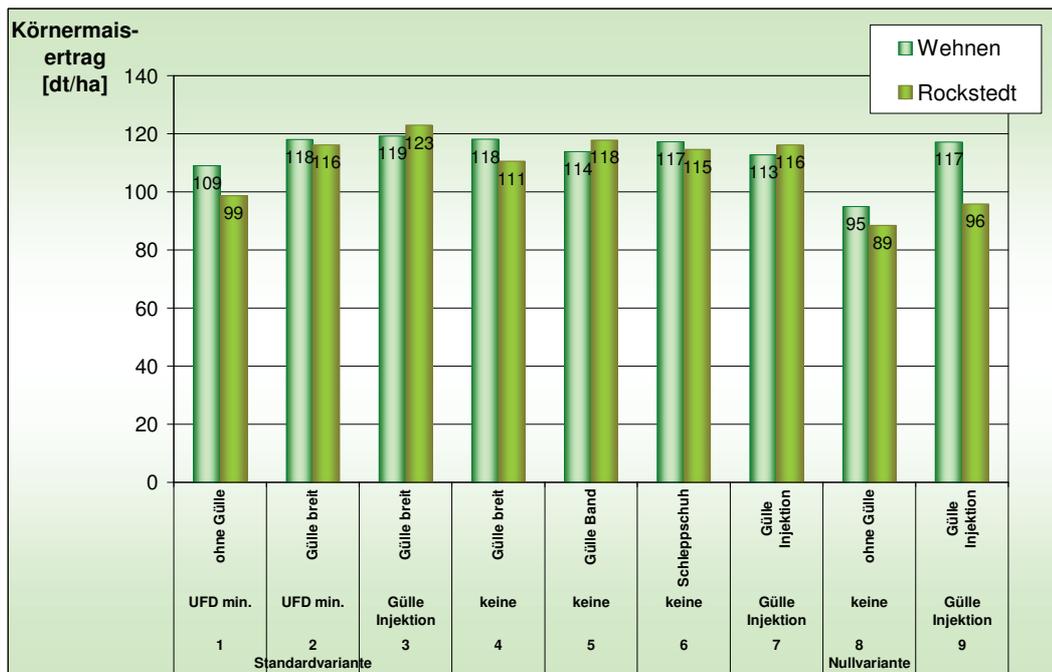
In Abbildung 31 und Abbildung 32 sind die Silomais- und Körnermaiserträge aufgeführt.



**Abbildung 31 Silomais-Trockenmasse-Ertrag 2009**

Hierbei zeigten sich im Silomais sehr unterschiedliche Ergebnisse. Während am Standort Wehnen die Variante 3 mit einer Teilmenge der Gülle als Unterfußdünger keinen signifikanten Ertragsunterschied ergab und damit in allen Merkmalen mit dem Standardverfahren gleich auf war, ergab die Variante 7 mit der gesamten Güllemenge als Unterfußdünger signifikante Mindererträge. Auch die weiteren Varianten mit Sollwertdüngung erreichten keine Ertragsgleichheit gegenüber dem Standard. In Wehnen wurden die Versuche mit Schweinegülle gedüngt.

Am Standort Rockstedt wurden diese Ergebnisse nicht bestätigt, denn hier zeigte sich mit der eingesetzten Rindergülle ein deutlich positiveres Bild. Die Varianten mit Gülleinjektion (gesamte Menge und Teilmenge) erreichten signifikante Mehrerträge nach Trockenmasse. Stärke- und Energieertrag lagen tendenziell auf höherem Niveau, wobei der Energieertrag der Variante 3 sogar signifikant höher war. Die Varianten 4 und 5 ergaben signifikante Mindererträge in allen Ertragsmerkmalen. Lediglich die Variante 6 (Schleppfuß/-Schuh) ergab keinen signifikanten Minderertrag. Der Vergleich der Düngerform in Unterfußdünger erbrachte in Rockstedt keine Unterschiede, jedoch schnitt am Standort Wehnen die mineralische Unterfußdüngung signifikant besser ab.



**Abbildung 32 Körnermais-Trockenmasse-Ertrag 2009**

Die Ergebnisse im Körnermais stellten sich in 2009 an den Standorten ähnlich dar. Auch hier war das Ergebnis aus Rockstedt nicht in allen Varianten mit dem aus Wehnen übereinstimmend.

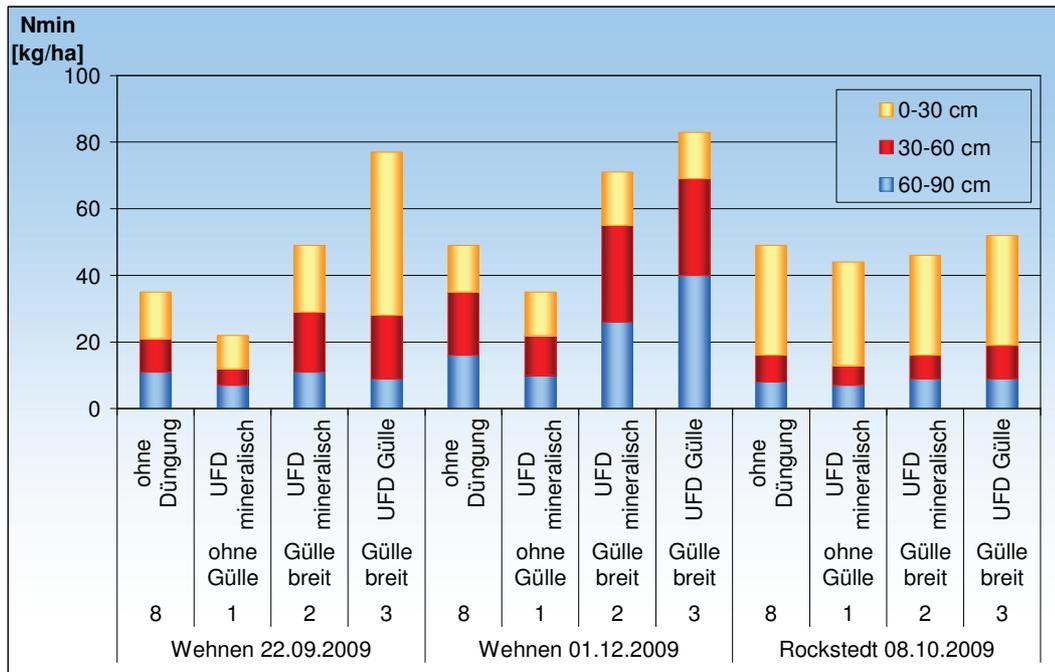
Am Standort Wehnen zeigte sich die Variante 3 gleichauf mit dem Standardverfahren während in Rockstedt bei dieser Variante sogar ein signifikanter Mehrertrag erzielt wurde. Die Variante 4 ergab, dass der Verzicht auf die Unterfußdüngung und eine entsprechend höhere Gülledüngung mit Schleppschläuchen (25 cm Abstand) nur am Standort Rockstedt zu signifikanten Mindererträgen führte; in Wehnen kam es hingegen zu keinen Ertragseinbußen.

Die Varianten 5, 6 und 7 hatten in Rockstedt keinen nachweisbaren Unterschied zum Standardverfahren; in Wehnen wurde in der Variante 7 ein signifikanter Minderertrag festgestellt.

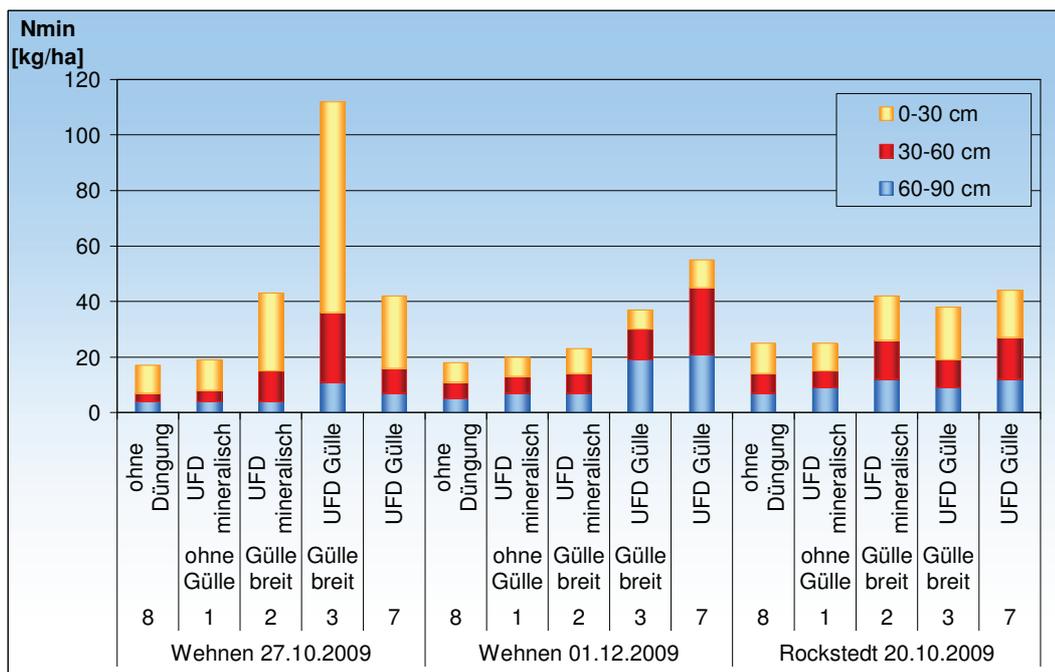
Der reine Vergleich des mineralischen Unterfußdüngers mit dem organischen Unterfußdünger ergab in Rockstedt keinen nachweislichen Unterschied in der Wirksamkeit, jedoch wurde in Wehnen ein signifikanter Unterschied zugunsten der organischen Unterfußdüngung registriert, welcher so hoch war, dass die Gülleunterfußdüngung mit N/P = 40/30 kg/ha sogar das Niveau des Standards erreichte.

Beide Versuche zusammen ergeben somit kein eindeutiges Ergebnis, da die durchaus positiven Erfahrungen des einen Standortes nicht immer durch den zweiten Standort bestätigt wurden.

Analog zu den Vorjahren wurden nach der Maisernte die Nmin-Gehalte im Boden an beiden Standorten Rockstedt und Wehnen ermittelt. Die Proben wurden von den Varianten 1 - 3 und Variante 8 (Tabelle 7) genommen. Auf den Körnermaisflächen wurden auch Proben in der Variante 7 genommen, in der die gesamte Güllemenge in einem Arbeitsgang injiziert wurde. Die Ergebnisse der Silomaisflächen sind in Abbildung 33 und die Ergebnisse der Körnermaisflächen in Abbildung 34 dargestellt.



**Abbildung 33 Nmin-Gehalte im Boden nach der Silomaiserte 2009 der Standorte Wehnen und Rockstedt**



**Abbildung 34 Nmin-Gehalte im Boden nach der Körnermaiserte 2009 der Standorte Wehnen und Rockstedt**

Am Standort Rockstedt hatte die Form der Unterfußdüngung keinen Einfluss auf die Rest-Nmin-Gehalte im Boden. Hingegen war am Standort Wehnen sowohl beim Körnermais als auch beim Silomais eine Erhöhung der Rest-Nmin-Gehalte im Boden infolge der Gülle-Unterfußdüngung zu erkennen. Das Ergebnis entspricht in etwa den Erhebungen am Standort Werlte im Jahr 2008. Inwieweit sich diese Ergebnisse auf Standorten mit einem höheren N-Nachlieferungsvermögen wiederholt, bleibt abzuwarten.

## 4 Zusammenfassung

Der Maisanbau hat in Regionen mit Viehhaltung sowie einer steigenden Anzahl an Biogasanlagen eine große Bedeutung. Dies betrifft auch Trinkwassergewinnungsgebiete. Auch bei guter Nährstoffversorgung mit Stickstoff und Phosphor im Boden ist eine zusätzliche Düngung dieser Nährstoffe als Unterfußdünger förderlich für die Jugendentwicklung des Maises. Die Verwertung der betriebseigenen Wirtschaftsdünger und der optimierte Einsatz sind ein wichtiger Bestandteil der grundwasser-schutzorientierten Düngung.

Die Klärung, ob Mineraldünger durch Gülle ersetzt werden kann, wurde mit Demonstrationsversuchen im WAgriCo-Projekt untersucht und mit den Landwirten diskutiert und weiterentwickelt. Hier wurde insbesondere die technische Umsetzung entwickelt und im Praxisansatz getestet. Das Interesse seitens der Landtechnikhersteller ist vorhanden, diesen Ansatz weiter zu verfolgen. Das an den Demonstrationsversuchen beteiligte Landtechnikunternehmen entwickelte einen Prototyp zur Gülleunterfußdüngung, der auf der Agritechnica im November 2009 ausgestellt wurde. Weitere Hersteller bieten die Technik an. Die Landwirtschaft zeigte ebenfalls großes Interesse an dieser Methode.

Die Ergebnisse der Exaktversuche 2006 bis 2009 zeigten, dass der Ersatz einer mineralischen Unterfußdüngung durch Gülle eine Möglichkeit darstellt, den Wirtschaftsdünger effizient einzusetzen. Ertragsdaten und Nmin-Werte im Herbst zeigten noch keine gerichteten Unterschiede. Der Einfluss der Versuchsjahre auf beide Parameter war größer als zwischen den verschiedenen Varianten.

Bedingt durch die Fütterung, das Haltungsverfahren und den Tränke- und Reinigungswassereintrag schwanken die Nährstoffgehalte der Gülle in einer breiten Spanne. Vor diesem Hintergrund ist es sinnvoll, vor der Gülleausbringung die Nährstoffgehalte anhand einer repräsentativen Gülleprobe zu untersuchen. Im Rahmen der bedarfsgerechten Düngung sollte die Güllegabe nach dem Nährstoff bemessen werden, dessen Bedarf zuerst gedeckt ist. Die fehlenden Nährstoffmengen sind über Mineraldünger zu ersetzen. Wird im Rahmen der Unterfußdüngung der mineralische Unterfußdünger durch Gülle ersetzt, so konnte bislang keine Steigerung der Nährstoffeffizienz auf der Schlägebene festgestellt werden, so dass zur Zeit aufgrund der vorliegenden Versuchsergebnisse nicht von einer Einspar-, sondern von einer Substitutionsmöglichkeit hinsichtlich der eingesetzten Mineraldünger auszugehen ist. Es ist mittelfristig jedoch zu erwarten, dass auf Betriebsebene eine Verbesserung der N- und P-Bilanz erreicht werden kann.

Aus Sicht des Grundwasserschutzes spricht vieles für eine Förderung und Weiterentwicklung dieses Verfahrens. Insbesondere die Möglichkeit, die auf den Betrieben und in der Region anfallende Gülle effizienter einzusetzen und mineralische Düngemittel einzusparen, sollte weiter genutzt werden.

Als Nebeneffekt kann eine verbesserte Stickstoffausnutzung der insgesamt verabreichten Gölledüngung im Maisanbau erzielt werden, da die Ammoniakverluste durch die Gölleinjektion reduziert werden.

Zusammenfassend ist der Ersatz mineralischer Düngemittel durch organische wirtschaftseigene Düngemittel – wie Gülle – auch positiv zu bewerten, da Ressourcen insbesondere bei der Herstellung und beim Transport der Mineraldünger gespart werden. Weitere positive Auswirkungen hinsichtlich des Klimaschutzes werden durch die verbesserte Nährstoffeffizienz durch die ammoniakverlustarme Injektion der Gülle erzielt.

## 5 Ausblick

Die bisher erzielten Ergebnisse und Beobachtungen zur Maisunterfußdüngung mit Gülle lassen darauf schließen, dass es bei der Unterfußdüngung möglich ist, den bislang verwendeten Mineraldünger ganz oder teilweise durch Gülle zu ersetzen. Deutlich wurde aber auch, dass es nicht mit allen Techniken und auch nicht in allen Jahren möglich war, mit der Gülle gleich gute Düngungseffekte zu erzielen wie mit Mineraldüngern, was aber allgemein für die Güllendüngung gilt.

In der Weiterführung der Exaktversuche geht es deshalb zukünftig darum, die Technik so weiterzuentwickeln, dass die Unterfußdüngung mit Gülle ein noch höheres Maß an Ertragsicherheit bekommt.

Ein weiterer Aspekt diese Düngesysteme zu optimieren, wird die zeitliche Aufteilung der Güllegaben sein. Neben der Ertragswirkung sollen weiterhin auch die Auswirkungen auf die Rest Nmin-Werte nach der Ernte erfasst werden.

Das Interesse in der landwirtschaftlichen Praxis, Wirtschaftsdünger verstärkt und effizient einzusetzen ist hoch. Die Weiterentwicklung der eingesetzten Verfahren lässt eine Abnahme der Kosten und einen Einsatz der Gülleunterfußdüngung in der Praxis z.B. auch für den überbetrieblichen Einsatz erwarten. Damit kommt einer Maßnahme wie der Unterfußdüngung künftig eine große Bedeutung zu. Die Gülleunterfußdüngung ist weiterhin Bestandteil des Versuchsprogramms der Landwirtschaftskammer Niedersachsen.

Die Demonstrationsversuche im WAgriCo-Projekt und deren Fortführung im Folgeprojekt WAgriCo 2 haben hinsichtlich der technischen Umsetzung der Gülleunterfußdüngung zu Mais zu einem großen Erkenntnisgewinn geführt. Mit Blick auf den effizienten Einsatz der Gülle zu Mais muss eine weitere intensive Erprobung und Weiterentwicklung des Verfahrens unterstützt werden.

### **3.3 Bewertung des CULTAN-Verfahrens als Maßnahme zur Verminderung von Stoffeinträgen ins Grundwasser**

Der grundsätzliche, potenzielle Vorteil des CULTAN-Verfahrens (Controlled Uptake Long Term Ammonium Nutrition) für den Grundwasserschutz gegenüber herkömmlichen Düngungsverfahren ist die Verwendung eines ammoniumbetonten Flüssigdüngers, der im Gegensatz zu Nitrat wesentlich stabiler im Boden gebunden bleibt. Das Anlegen von Nährstoffdepots durch das Injektionsverfahren unterdrückt die Tätigkeit nitrifizierender Bakterien durch eine für diese Mikroorganismen toxische Konzentration des Nährstoffes. Der Nährstoff wird damit über einen längeren Zeitraum in einer schwer verlagerbaren Verbindung im Boden gehalten. Auf leichten Böden wird in der Folge die Gefahr einer Frühjahrsauswaschung von Nährstoffen deutlich verringert.

Mit dem CULTAN-Verfahren gedüngte Bestände weisen gegenüber konventionellen Vergleichsparzellen deutliche Unterschiede im Wurzelwachstum und oftmals auch in der Farbtintensität der Bestände auf. Experten weisen zudem auf eine höhere Standfestigkeit von Getreidebeständen hin. Diese Unterschiede könnten eine verbesserte Nährstoffeffizienz des CULTAN-Verfahrens bewirken, d. h. bei gleicher Düngung wie in konventionellen Vergleichsvarianten werden höhere Erträge, bzw. bei verminderter Düngung gleiche Erträge erzielt. In Demonstrationsversuchen führte eine um 20 kg N/ha verminderte Düngung zum gleichen Ertrag wie eine konventionelle Düngung bei vollem Düngeraufwand. Wenn diese Wirkung im Exaktversuch abgesichert werden kann, ergibt sich daraus ein signifikantes Verbesserungspotenzial für Nährstoffbilanzen.

Ein Nachteil des Verfahrens ist die Notwendigkeit einer Spezialmechanisierung (s. Abb. 3.3.1 und 3.3.2), wodurch die Technik i. d. R. nur über Lohnunternehmen zum Einsatz kommen wird. Hierin kann aber auch die Chance liegen, Ansätze einer reduzierten N-Düngung als Agrarumweltmaßnahme zu entwickeln. Wegen mangelnder Kontrollierbarkeit sind Auflagen zu Düngungsbeschränkungen bei Einzelmaßnahmen nicht im NAU-Programm enthalten. Über Belegführung durch Lohnunternehmer könnte sich die Belastbarkeit von Nachweisen erhöhen und damit auch Maßnahmen mit N-Reduzierung ermöglichen.

#### **Bewertung der Akzeptanz**

Der Notwendigkeit einer Ausbringung über Lohnunternehmer und die höheren Kosten für die beim CULTAN-Verfahren applizierte Düngerform stehen arbeitswirtschaftliche Vorteile gegenüber. Gerade für Betriebe mit arbeitsintensiven Ackerkulturen, wie Kartoffeln, könnte sich der Einsatz lohnen. Die Erfahrung aus einigen Wasserschutzgebieten im Nordosten Niedersachsens bestätigt, dass Interesse am Einsatz dieser Technik besteht.

Das Einsatzgebiet von CULTAN wird sich allerdings auf vieharme Marktfruchtregionen konzentrieren. In viehstarken Gebieten wird hingegen der wasserschonende Effekt des Verfahrens durch ein hohes Mineralisierungspotenzial organisch hoch versorgter Böden deutlich abgeschwächt. Für Vieh- und Veredelungsbetriebe besteht i. d. R. die Notwendigkeit, im Frühjahr Gülle auszubringen, womit eine ausschließliche, einmalige Nährstoffgabe als Depot im CULTAN-Verfahren ausgeschlossen ist.



Abbildung 3.3.1: Vorführung der CULTAN-Technik im Pilotgebiet Ilmenau/Jeetzel



Abbildung 3.3.2: CULTAN-Technik im Praxiseinsatz

### **Empfehlung zum weiteren Vorgehen**

Wenn sich Verbesserungen der Nährstoffbilanz in einer Größenordnung von 20 kg N/ha\*Jahr bestätigen, kann aus dem CULTAN-Verfahren eine sehr kosteneffiziente Agrarumweltmaßnahme entwickelt werden. Dazu müssen allerdings die Ergebnisse derzeit noch laufender Exaktversuche ausgewertet werden. Da Witterungsverläufe (insbesondere Temperatur und Bodenfeuchte) einen starken Einfluss auf die Wirkung des Verfahrens haben, können mehrere Vegetationsperioden oder Fruchtfolgen erforderlich sein, um abgesicherte Ergebnisse zu erhalten. Erst dann kann eine qualifizierte Beratung bzw. Empfehlung zu vermindertem Nährstoffeinsatz erfolgen und eine entsprechende Agrarumweltmaßnahme angeboten werden.

Bei positiven Versuchsergebnissen wäre das CULTAN-Verfahren ein innovativer und Erfolg versprechender Ansatz mit regional hohem Verbesserungspotenzial für den Grundwasserschutz.





## Flächenbilanz

### Hinweise zur plausiblen Erfassung von Bilanzdaten für den betrieblichen Nährstoffvergleich gemäß Düngeverordnung

Inhalt:

1. EINLEITUNG .....	2
2. NÄHRSTOFFZUFUHR .....	4
2.1. NÄHRSTOFFANFALL AUS DER TIERHALTUNG JE TIERPLATZ UND JAHR .....	4
2.1.1. Rindvieh:.....	5
2.1.2. Sauen .....	7
2.1.3. Mastschweine:.....	7
2.1.4. Hähnchen .....	8
2.1.5. Puten .....	9
2.2. AUFNAHME VON WIRTSCHAFTSDÜNGERN TIERISCHER HERKUNFT .....	9
2.3. SONST. ORGANISCHE DÜNGER, BODENHILFSSTOFFE, KULTURSUBSTRATE, PFLANZENHILFSMITTEL UND ABFÄLLE § 27 KrW-/ABFG .....	9
2.4. MINERALISCHE DÜNGEMITTEL.....	10
2.5. STICKSTOFFBINDUNG DURCH LEGUMINOSEN .....	10
3. NÄHRSTOFFABFUHR .....	10
3.1. ERNTEPRODUKTE.....	10
3.2. NEBENPRODUKTE .....	12
3.3. ABGABE VON WIRTSCHAFTSDÜNGERN UND SONSTIGEN ORGANISCHEN DÜNGEMITTELN	13
4. BILANZIERUNG .....	13
5. ANHANG.....	14

## 1. Einleitung

Im Rahmen der Umsetzung der Maßnahmenprogramme gemäß EG-WRRL ist ein Nachweis der Maßnahmenwirkung zu erbringen. Das landesweite Wirkungsmonitoring wird auf verschiedenen Ebenen (lokal, regional, Landesebene) und mit unterschiedlichen Methoden umgesetzt (s. Leitfaden für ein großräumiges Wirkungsmonitoring, LBEG 2008).

Auf lokaler Ebene werden die Stickstoffbilanzen der an Maßnahmen teilnehmenden Betriebe erfasst. Im Folgenden werden Hinweise für eine plausible Erfassung der benötigten Bilanzdaten zur Erstellung eines betrieblichen Nährstoffvergleichs gemäß Düngeverordnung gegeben. Zur korrekten Ermittlung der Nährstoffzufuhr (Ermittlung der Tierplätze, Einschätzung des Produktionsverfahrens, Aufnahme organischer Düngemittel etc.) und Nährstoffabfuhr (Ernteprodukte, Futterbauerträge etc.) können verschiedene Datenquellen und Berechnungen herangezogen werden, die nachfolgend näher erläutert werden. Im Anhang ist zusätzlich eine Checkliste zur Erfassung der Bilanzdaten beigefügt. Diese Liste enthält Hinweise auf mögliche Datenquellen und Besonderheiten bei der Erfassung und kann als Arbeitshilfe genutzt werden.

Der betriebliche Nährstoffvergleich ist gemäß Düngeverordnung (DüV) jährlich spätestens bis zum 31. März für Stickstoff und Phosphat für das vorangegangene Düngejahr als Flächenbilanz oder aggregierte Schlagbilanz (nur bei viehlosen Betrieben) zu erstellen.

Die Flächenbilanz wird für ein Düngejahr (wahlweise Kalender- oder Wirtschaftsjahr) erstellt. Es wird eine periodenechte Bilanz für das Kalenderjahr empfohlen, d.h. es erfolgt eine Betrachtung der Düngung und Ernte des Anbaujahres.

Beim Nährstoffvergleich werden die Nährstoffzufuhr und –abfuhr auf der Betriebsebene gegenübergestellt. Die einzelnen Positionen der Flächenbilanz sind in der Tabelle 1 dargestellt.

**Tabelle 1: Berechnung Flächenbilanz gemäß Düngeverordnung**

<b>Nährstoffzufuhr</b>	
	Nährstoffanfall der landwirtschaftlichen Nutztiere <sup>1</sup>
+	Wirtschaftsdüngeraufnahme inkl. Gärreste <sup>2</sup>
+	Aufnahme sonstiger organischer Düngemittel
+	Mineraldünger
+	Stickstofffixierung, Leguminosen
=	Summe Zufuhr
<b>Nährstoffabfuhr</b>	
–	Ernteprodukte (verkaufte + verfütterte)
–	Wirtschaftsdüngerabgabe <sup>2</sup>
=	Summe Abfuhr
<b>Saldo = Summe Zufuhr – Summe Abfuhr</b>	

1) Nach Abzug der Stall-, Lager- und Ausbringungsverluste

2) Nach Abzug der Ausbringungsverluste

Die Eingangsdaten der Flächenbilanz können auf der Grundlage verschiedener, auf dem Betrieb vorliegender Unterlagen erfasst und auf Plausibilität überprüft werden. Für die Erfassung der Daten können neben dem Buchabschluss das Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere (HI-Tier), der Gesamtflächennutzungsnachweis (GFN) des Sammelantrages Agrarförderung, Auszüge des Handels, Lieferscheine und Betriebszweigauswertungen herangezogen werden. In Tabelle 2 sind die erfassten Bilanzglieder und die mögliche Datenherkunft aufgeführt.

**Tabelle 2: Bilanzdaten und Datenherkunft**

<b><u>Bilanzdaten</u></b>	<b><u>Datenherkunft</u></b>
Nährstoffanfall der landwirtschaftlichen Nutztiere	HI-Tier <sup>1</sup> , Buchabschluss, BZA <sup>2</sup>
Wirtschaftsdünger Aufnahme inkl. Gärreste	Lieferscheine, Analysen
Aufnahme sonstiger organischer Düngemittel	Lieferscheine, Analysen
Mineraldünger	Buchabschluss, Auszüge, z.B. Handel
Stickstofffixierung, Leguminosen	GFN <sup>3</sup> , Buchabschluss
Ertrag verkaufter Ernteprodukte	GFN <sup>3</sup> , Buchabschluss, Auszüge, z.B. Handel, Schätzgrößen, BZA <sup>2</sup>
Ertrag verfütterter Ernteprodukte	GFN <sup>3</sup> , BZA <sup>2</sup> , Schätzgrößen
Wirtschaftsdüngerabgabe <sup>2</sup>	Lieferscheine, Analysen,
Plausibilisierung Ertrag Raufutterfläche	Buchabschluss, Auszüge, z.B. Handel, Abrechnung Molkerei, BZA <sup>2</sup>

1) HI-Tier: Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere

2) BZA: Betriebszweigauswertung

3) Gesamtflächen- und Nutzungsnachweis des Sammelantrages Agrarförderung

Die Daten aus dem Buchabschluss sind nicht ausschließlich geeignet, da zum Teil die benötigten Bilanzglieder nur monetär aufgeführt sind (z.B. Ausgaben für Mineraldüngereinkauf ohne Angabe der N-Menge) oder ggf. nur steuerliche Buchabschlüsse vorliegen. Bei einer periodenechten Betrachtung des Düngejahres ist außerdem zu beachten, dass Buchabschlüsse aus zwei Wirtschaftsjahren herangezogen werden müssen. Zum Zeitpunkt der Erstellung des Nährstoffvergleichs (bis zum 31.03. des Folgejahres) ist die Düngung des Anbaujahres im vorliegenden Buchabschluss enthalten, die Ernte des Anbaujahres wird jedoch im noch laufenden zweiten Wirtschaftsjahr erfasst.

Die Flächenangaben können sehr gut dem GFN und die Anzahl und Altersstruktur des Rindviehs aus HI-Tier entnommen werden. Sofern Betriebszweig-Auswertungen vorhanden sind, können dort ebenfalls Bilanzglieder entnommen werden. Weiterhin sind Auszüge des Handels, Lieferscheine und Analysedaten zugrunde zu legen. Eine besondere Aufmerksamkeit ist auf die

korrekte Daten-Zuordnung bei geteilten Betrieben und bei Einkaufsgemeinschaften mit mehreren Betrieben zu legen.

Aktuelle Richtwerte zum Nährstoffanfall und zu den Nährstoffgehalten in organischen Düngern und in Ernteprodukten gemäß DüV werden von der Landwirtschaftskammer Niedersachsen zusammengestellt und können unter [www.lwk-niedersachsen.de](http://www.lwk-niedersachsen.de) herunter geladen werden.

Im Folgenden wird die Datenherkunft der Nährstoffzu- und abfuhr näher erläutert.

## **2. Nährstoffzufuhr**

Zur Erfassung der Nährstoffzufuhr auf der Betriebsebene ist die Nährstoffzufuhr über Wirtschaftsdünger aus eigener Tierhaltung, die Aufnahme von Wirtschaftsdüngern und sonstigen organischen Düngern, die Nährstoffzufuhr über Mineraldünger und die Stickstofffixierung durch Leguminosen aufzuführen.

### **2.1. Nährstoffanfall aus der Tierhaltung je Tierplatz und Jahr**

Der Nährstoffanfall aus der Tierhaltung wird i.d.R. aufgrund von Richtwerten zum Nährstoffanfall (gemäß DüV) der jeweiligen Tierart, dessen Haltungsverfahren und den belegten Stallplätzen errechnet. Die aktuellen Richtwerte werden von der Landwirtschaftskammer Niedersachsen zusammengestellt und können unter [www.lwk-niedersachsen.de](http://www.lwk-niedersachsen.de) herunter geladen werden.

Alternativ zur Berechnung des Nährstoffanfalls auf Basis von Richtwerten ist die Erstellung einer Stallbilanz möglich. Die Stallbilanz saldiert die über Futter- und Tierzukauf in den Stall gelangenden Nährstoffe mit den Nährstoffmengen, die als tierische Produkte den Stall wieder verlassen.

Zur Berechnung des Nährstoffanfalls sind die jeweiligen Tierarten, die Dungart sowie die Stall und/oder Weidetage zu ermitteln. Ein besonderes Augenmerk ist auf die Auswahl der im Betrieb vorkommenden Produktions- bzw. Haltungsverfahren (z.B. RAM-Fütterung) zu legen. Der Einsatz nährstoffreduzierter Fütterung kann anhand von Lieferscheinen dokumentiert werden.

Im Rahmen der Nährstoffbilanz sind die gemäß DüV vorgegebenen Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverluste zu berücksichtigen.

Die Feststellung der im Bilanzjahr durchschnittlich gehaltenen Tiere bzw. der belegten Stallplätze kann je nach Tierart über das Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere (HI-Tier), Betriebszweigauswertungen, den Buchabschluss und Angaben im Sammelantrag Agrarförderung erfolgen. Der Rindviehbestand kann über die Datenbank HI-Tier gut abgebildet werden, schwieriger gestaltet sich die Erhebung der Tierzahlen im Bereich der Veredelung.

Im Folgenden werden für einzelne Tierarten Hinweise für die Ermittlung der Daten dargestellt.

### **2.1.1. Rindvieh:**

#### **Anzahl der belegten Stallplätze:**

Die HI-Tier Datenbank wird flächendeckend geführt und enthält den aktuellen Rindviehbestand. Die Alters- und Geschlechtsstatistik für den Zeitraum des Bilanzjahres ergibt den Durchschnittsbestand an Tieren der verschiedenen Altersklassen.

#### **Produktionsverfahren:**

Für Milchkühe gibt es 3 Leistungsklassen (6.000, 8.000 und 10.000 kg Milchleistung). Eine Klasse gilt immer bis zum Beginn der nächst höheren Klasse, d.h. bei einer durchschnittlichen Milchleistung von 9.000 kg/Kuh wird mit dem Wert für eine 8.000 Liter-Kuh gerechnet. Hierbei zählt die abgelieferte Milch und nicht die Milchkontrollleistung.

Alternativ zu den Richtwerten gemäß DüV ist eine Berechnung der N-Ausscheidungen für Milchkühe über den Harnstoffgehalt der Milch möglich. (Berechnungsverfahren zur Abschätzung der Stickstoffausscheidungen von Milchkühen auf der Basis von Milchharnstoffgehalt und Milchleistung, s. DLG, Band 199). Auf der Internetseite der LWK Niedersachsen steht ein excel-Arbeitsblatt zur Berechnung zum download bereit. Sollte sich ein Betrieb für die Nährstoffermittlung auf Basis der Milchharnstoffwerte entschließen, muss diese Methode dann auch beibehalten werden, um die Vergleichbarkeit der Jahreswerte sicherzustellen.

Der Richtwert für eine Mutterkuh bezieht sich auf das Muttertier inkl. Kalb/Jungvieh bis 1 Jahr.

Bei der Jungrinderaufzucht kann neben einem Durchschnittswert für die gesamte Aufzuchtzeit (0 – 27 Monate) auch eine differenziertere Angabe für einzelne Altersabschnitte erfolgen.

Die Berechnung des Nährstoffanfalls im Einzelbetrieb kann somit über die Anzahl produzierter Rinder oder über die Durchschnittsbestände und die Durchschnittsproduktionsdauer in den einzelnen Produktionsabschnitten erfolgen. Der Anfall wurde jeweils für durchgehend 12 Monate ausgewiesen. Wenn Tiere nur bestimmte Zeitabschnitte in einem bestimmten Produktionsbereich gehalten werden, ist dieses anteilmäßig zu berücksichtigen.

Eine ähnliche Aufteilung in bestimmte Produktionsabschnitte ist auch bei den Mastbullen vorzunehmen.

## Abgrenzung Ackerfutterbau – Grünlandbetrieb

Die Düngeverordnung sieht in der Rindviehhaltung bei der Jungrinderaufzucht und der Milchkuhhaltung eine Unterscheidung zwischen einem Grünlandbetrieb, Ackerfutterbaubetrieb und bei Milchkühen Ackerfutterbau ohne Weidegang vor. Dabei gelten Betriebe mit 75 % und mehr Anteilen an Grasprodukten am Grundfutter als Grünlandbetriebe (TM-Ertrag). Die Maisfläche kann Anhaltspunkte geben, ob in größerem Umfang Mais gefüttert wird und dementsprechend kann eine Einordnung erfolgen. Betriebe in Grünlandgebieten mit klassischem Weidegang (Tiere Tag und Nacht draußen) sind in der Regel als Grünlandbetrieb einzustufen, es sei denn, es kann Maiszukauf in entsprechender Menge nachgewiesen werden.

In der nachfolgenden Tabelle 3 ist exemplarisch ein Auszug zur Alters- und Geschlechtsstatistik für einen 12-Monatszeitraum aus der HI-Tier Datenbank eines Betriebes dargestellt.

**Tabelle 3: HI-Tier Alters- und Geschlechtsstatistik eines Beispielbetriebes (01.01.2008 bis 31.12.2008)**

Auswertung der Tabelle:

Diese Seiten sind am 10.03.2009 um 08:53 Uhr erstellt worden.  
470 Datensätze wurden in der HIT- Datenbank für diese Tabelle gefunden.

Die ermittelten GVE betragen: 230,063 .

Kategorie	weiblich	männlich	Summe
0-3 Monate	15,088	14,705	29,793
3-6 Monate	15,038	16,052	31,09
6-9 Monate	14,417	17,981	32,398
9-12 Monate, ohne Kalbung	14,156	19,205	33,361
mit Kalbung	0	-	0
12-24 Monate, ohne Kalbung	55,951	22,243	78,194
mit Kalbung	0	-	0
24-30 Monate, ohne Kalbung	11,012	0	11,012
mit Kalbung	9,093	-	9,093
älter 30 Monate, ohne Kalbung	5,691	0	5,691
mit Kalbung	99,624	-	99,624
Summe	240,07	90,186	330,256
Anteil	72,7%	27,3%	
Kuhanteil	45,3%		32,9%

Anzahl Tiere mit Stammdaten	330,28
mit Kalbung	108,718
ohne Stammdaten	0
Insgesamt	330,28

Die Alters- und Geschlechtsstatistik wurde auf der Grundlage der aktuell gültigen Meldungen von der zentralen Datenbank HI-Tier erstellt.

108.53.34

Die Zuordnung des Tierbestandes erfolgt nach den im Betrieb vorherrschenden Produktionsverfahren. Nachfolgend sind Beispiele für eine Zuordnung der Altersklassen zu den Produktionsverfahren gemäß DüV dargestellt:

- 109 Kühe, 131 Färsen 0-27 Mon., 90 Bullen ab 45 kg 0-18 Mon., oder

- 109 Kühe, 111 Färsen 5-27 Mon., 40 Kälber, 70 Bullen ab 45 kg 0-18 Mon., oder
- 109 Kühe, 38 Färsen 7-12 Mon., 48 Bullen 7-12 Mon., 40 Kälber, 56 Färsen 13-24 Mon., 22 Bullen 13-18 Mon., 17 Färsen 25-27 Mon.
- 109 Kühe, 30 Färsen 0-6 Mon., 29 Färsen 7-12 Mon., 56 Färsen 12-24 Mon., 17 Färsen 25-27 Mon., 31 Bullen 0-6 Mon., 37 Bullen 7-12 Mon., 22 Bullen 13 bis 18 Mon.

### **2.1.2. Sauen**

#### **Anzahl der belegten Stallplätze:**

In der HI-Tier Schweinedatenbank können keine Auswertungen anlog der Rinder ausgewiesen werden.

Die Schweinedatenbank im HI-Tier ist bisher sehr lückenhaft, zudem sind auch keine Jahresdurchschnittsbestände ablesbar. Anhand der Buchführungsergebnisse können die durchschnittlich belegten Sauenplätze aus dem Anfangs- und Endbestand errechnet werden.

Weitere Hinweise zum Bestand können Sauenplaner oder BZA geben.

Die Anzahl der durchschnittlich gehaltenen Systemferkel sind ebenfalls den Buchführungsergebnissen zu entnehmen (verkaufte Ferkel ÷ 6,5 Durchgänge = Ø-Bestand).

#### **Produktionsverfahren:**

In der Sauenhaltung gibt es gemäß DüV 2 Intensitätsstufen (20 oder 22 Ferkel/Sau bis 8 oder 28 kg Gewicht). Die Leistungsklasse 20 Ferkel/Sau gilt bis zum Erreichen der nächsten Leistungsklasse. Bei der Fütterung wird zwischen RAM-Futter, Standardfutter und zweiphasigem Futter unterschieden.

### **2.1.3. Mastschweine:**

#### **Anzahl der belegten Stallplätze:**

Die durchschnittlich belegten Mastschweineplätze können anhand der Buchführungsergebnisse oder der BZA näherungsweise ermittelt werden.

Die nach Buchführungsergebnissen verkauften Mastschweine ÷ 2,6 Durchgänge im Jahr ergeben den Durchschnittsbestand. Hieraus ergibt sich beispielsweise bei einem Betrieb mit einem 800er Mastschweinestall und 1.900 verkauften Schweinen im Jahr, ein Jahresdurchschnittsbestand von 731 Schweinen. Bei einem Rein-/Rausverfahren könnten in einem WJ zwei und in einem anderen WJ drei Durchgänge im Buchabschluss aufgeführt sein. Dann sollte ggf. ein Mittelwert gebildet

werden, weil sonst die Werte in zwei aufeinander folgenden Düngejahren zu stark voneinander abweichen. Im Beispiel wären dann in einem WJ 1.600 Schweine (= 615 Ø), im anderen WJ 2.400 (= 923 Ø) verkauft worden. Im Durchschnitt sollte man in beiden Jahren von 800 Schweinen ausgehen.

### **Produktionsverfahren:**

Die Richtwerte gemäß DüV unterscheiden zwischen einer täglichen Zunahme von 700 g (210 kg Zuwachs/Mastplatz) und 800 g (240 kg Zuwachs/Mastplatz). Analog zu den Kühen gilt die Leistungsklasse 210 kg Zuwachs bis 239 kg Zuwachs pro Platz und Jahr. Entscheidend bei der Einstufung ist der Zuwachs/Mastplatz bzw. die Zahl der verkauften Schweine. Bei hohen Tageszunahmen von 800 g oder mehr, ist die Mastdauer kürzer und die Anzahl der Umtriebe größer. Laut BZA Schwein 2007 wurde im Schnitt aller Betriebe je Tier ein Zuwachs von 88 kg erreicht (Mast von 30 – 118 kg), die Umtriebszahlen schwanken zwischen 2,3 und 2,9. Geht man von durchschnittlich 2,6 Durchgängen aus, werden  $2,6 \times 88 \text{ kg} = 229 \text{ kg}$  Zuwachs je Mastplatz erreicht.

Beim Futter unterscheiden die Richtwerte der DüV Standard- und N-/P-reduziertes Futter. Ähnlich wie für den Sauenbereich wird in Niedersachsen bei den Richtwerten zwischen einem Standardfutter, einem zweiphasigen Futter und einem RAM-Futtereinsatz differenziert.

### **2.1.4. Hähnchen**

#### **Anzahl der belegten Stallplätze:**

Geflügelbestände sind im HI-Tier nicht erfasst. Hier ist auf die unter 1.1 genannten Datenherkünfte zu verweisen.

#### **Produktionsverfahren:**

Neben der Elterntierhaltung und –aufzucht gibt es 4 verschiedene Produktionsverfahren (33, 37, 40 oder >40 Tage Mastdauer) mit Standardfutter bzw. RAM-Futter. Aufgrund ständiger Anpassung an die Marktlage ist eine starre Eingrenzung eines Betriebes an eines der 4 Produktionsverfahren jedoch nicht sachgerecht. Die Auswertung der BZA im WJ 2005/06 ergab durchschnittlich 7,33 Umtriebe bei 37,4 Masttagen. Daraus ergibt sich für die plausible Erfassung der Daten im ersten Ansatz beim Einsatz von Standardfutter mit 0,26 kg N je Tier und Stallplatz zu rechnen. Bei Zweifeln an der Tierzahl ergibt die Anzahl der verkauften Hähnchen geteilt durch 7,5 Durchgänge den Bestand.

### **2.1.5. Puten**

#### **Anzahl der belegten Stallplätze:**

Anhand der verkauften Tiere gemäß Buchführung kann der durchschnittliche Bestand errechnet werden. Bei integrierter Kükenaufzucht, also Mast von 0-16 (Hennen) bzw. 0-22 Wochen (Hähne) gilt: Anzahl verkaufter Hennen  $\div$  3,3 Durchgänge ergibt durchschnittlichen Hennenbestand bzw. Anzahl verkaufter Hähne  $\div$  2,7 Durchgänge ergibt durchschnittlichen Hähnebestand.

Bei separater Kükenaufzucht wird die Aufzuchtphase (0 bis 5 Wochen) als eigene Tierart im Nährstoffvergleich aufgeführt: Anzahl eingestallter Küken  $\div$  7,5 Durchgänge ergibt  $\emptyset$ -Kükenbestand, Anzahl verkaufter Hennen (6-16 Wo)  $\div$  4,0 Durchgänge ergibt  $\emptyset$ -Hennenbestand, Anzahl verkaufter Hähne (6-22 Wo)  $\div$  2,9 Durchgänge ergibt  $\emptyset$ -Hähnebestand.

#### **Produktionsverfahren:**

In der Putenmast werden P-reduziertes Futter, Standardfutter und RAM-Futter eingesetzt.

### **2.2. Aufnahme von Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft**

Nimmt der Betrieb Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft auf, sind die jeweilige Art des Wirtschaftsdüngers, die zugeführte Menge, die jeweiligen Nährstoffgehalte und die entsprechenden N-Ausbringungsverluste aufzunehmen. Die Nährstoffgehalte sind den jeweiligen Nährstoffanalysen, Angaben auf den Lieferscheinen bzw. Richtwerten zu entnehmen.

Die Aufnahme von Wirtschaftsdüngern und anderen org. Düngemitteln ist über Lieferscheine nachzuweisen. In den Lieferscheinen ist die Art, Menge und N- und P-Gehalte aufzuführen.

### **2.3. Sonst. organische Dünger, Bodenhilfsstoffe, Kultursubstrate, Pflanzenhilfsmittel und Abfälle § 27 KrW-/AbfG**

Nimmt der Betrieb sonst. organische Düngemittel wie z. B. Klärschlamm, Kompost, Kartoffelruchtwasser etc. auf, so ist die jeweilige Art des organischen Düngers, die zugeführte Menge pro Betrieb und die jeweiligen Nährstoffgehalte aufzunehmen. Die Nährstoffgehalte sind den vorgeschriebenen Lieferscheinen bzw. Kennzeichnungen zu entnehmen. Durch die Multiplikation der aufgenommenen Mengen mit den jeweiligen Nährstoffgehalten errechnet sich die Nährstoffzufuhr über die Aufnahme von organischen Düngern auf der Betriebsebene. Nimmt der Betrieb Stroh als Einstreu- oder Abdeckmaterial auf, so ist die Nährstoffzufuhr über diese Stoffe analog der Nährstoffzufuhr über Sekundärrohstoffdünger aufzuführen.

## **2.4. Mineralische Düngemittel**

Zur Erfassung der mineralischen Düngung sind die jeweilige Düngerart, Menge und die jeweiligen Nährstoffgehalte einzutragen. Durch die Multiplikation der zugeführten Düngermengen mit den jeweiligen Nährstoffgehalten wird die Nährstoffzufuhr über Mineraldünger auf der Betriebsebene berechnet.

Die Nährstoffzufuhr durch Mineraldünger kann über Auszüge vom Handel bzw. über den Buchabschluss nachgewiesen werden.

Es ist darauf zu achten, wie viel Mineraldünger tatsächlich in dem Düngejahr verbraucht wurde oder ob es noch Lagerbestände gibt, die erst im folgenden Düngejahr verwendet werden. Bei den Mineraldüngerbelegen ist außerdem zu prüfen, ob der Bezug des Mineraldüngers für den Betrieb aufgewendet wurde, oder ob z.B. bei Einkaufsgemeinschaften die Zuordnung zum Betrieb korrekt erfolgte.

## **2.5. Stickstoffbindung durch Leguminosen**

Zur Berechnung der Stickstofffixierung durch Leguminosen sind die jeweilige Leguminosenart bzw. der Kleeanteil des Grünlandes, die jeweiligen Flächengrößen und die dazugehörige Stickstoffbindung je Hektar aufzunehmen.

## **3. Nährstoffabfuhr**

Die Nährstoffabfuhr auf der Betriebsebene setzen sich zusammen aus der Abfuhr mit den Haupternteerzeugnissen und des Grünlandes einschließlich der Beweidung, über verkaufte oder verfütterte Ernterückstände und Zwischenfrüchte sowie der Abgabe von Wirtschaftsdüngern.

Die Flächenangaben der einzelnen Kulturen können dem Gesamtflächen- und Nutzungsnachweis (GFN) des Sammelantrages auf Agrarförderung entnommen werden. Falls das Wirtschaftsjahr als Düngejahr gewählt wurde, sind die Flächen aus dem GFN des ersten Wirtschaftsjahr-Halbjahres zugrunde zu legen. D.h. wenn bei der Erstellung des Nährstoffvergleichs 2008 das Wirtschaftsjahr 2007/2008 zugrunde gelegt wird, sind die Flächenangaben des GFN 2007 heranzuziehen.

### **3.1. Ernteprodukte**

Zur Berechnung der Nährstoffabfuhr über das Haupternteerzeugnis einschließlich der Beweidung sind die Haupternteprodukte (z.B. Wintergerste-Korn) bzw. Intensitätsstufen des Grünlandes, die Flächengrößen, die Erträge sowie die Nährstoffabfuhr pro Hektar zu erfassen.

Die Nährstoffabfuhr mit dem Haupterntegut pro Hektar errechnet sich, indem die Erträge mit den jeweiligen Nährstoffgehalten im Haupterntegut multipliziert werden. Durch die Multiplikation der Nährstoffabfuhr der jeweiligen Früchte bzw. des Grünlandes pro Hektar mit den jeweiligen Flächengrößen errechnet sich die Nährstoffabfuhr auf der Betriebsebene. Da i.d.R. keine betriebsspezifischen Daten über die Nährstoffgehalte vorliegen, sind die Richtwerte gemäß DüV zu verwenden. Die tatsächlichen Nährstoffgehalte können von den angegebenen Mittelwerten deutlich abweichen. Falls betriebseigene Daten über Nährstoffgehalte im Ernteprodukt vorliegen, ist die entsprechende Umrechnung auf die jeweiligen Trockenmasse-Gehalte zu beziehen.

Die Erträge der verkauften Ernteprodukte können aus den Buchführungsergebnissen übernommen bzw. über Verkaufsbelege nachgewiesen werden. Die Erträge können auch geschätzt werden. Vom Niedersächsischen Landesamt für Statistik (NLS) werden jährlich die regionaltypischen Erträge auf Landkreisebene (Ernteerhebung) geschätzt bzw. erfasst. Mit Hilfe dieser Ernteerhebung können die vom Betriebsleiter geschätzten Erträge validiert werden.

Da in der Regel beim Grünland die Ertragshöhe nur geschätzt werden kann, wird die Nährstoffabfuhr vom Grünland über die Nutzungsintensitäten abgeschätzt. Dabei sind Beweidung und auch die Viehintensität des Betriebes entscheidend. Beim Grünland können 5 Intensitätsstufen (1 Nutzung/Jahr mit 40 dt TM/ha Ertrag bis 5 Nutzungen/Jahr mit 110 dt TM/ha Ertrag) ausgewählt werden. Hier ist zu prüfen, ob der ausgewählte Grünlandertrag zum Viehbesatz passt und ob ggf. Futter verkauft wird.

Als erweiterter Plausibilitätscheck kann der Futterbauertrag auch errechnet werden (Tabelle 4). Hier wird die Nährstoffabfuhr über das Grundfutter berechnet, die plausibel zum Raufutter fressenden Tierbestand passt. Für die Berechnung (siehe nachfolgendes Beispiel) werden neben dem Brutto-Nährstoffanfall aus der Tierhaltung, die Größe der Raufutterfläche sowie Informationen zum Futterzukauf (Krafftfutter, Saftfutter, Silagen etc.) und Fleisch- und Milchverkauf benötigt. Die Nährstoffgehalte in Tierkörpern sind im Anhang aufgeführt.

**Tabelle 4: Beispiel zur Berechnung des N-Exportes über das Grundfutter**

Betriebsdaten	LF ohne Brache	86,36 ha
	Ackerland	6,5 ha
	Grünland	77,52 ha
	Krafffutterzukauf	8.975 kg N/Betrieb;
	Fleisch- und Milchverkauf	5.045 kg N/Betrieb;
	N-Bruttoausscheidung	14.614 kg N/Betrieb
	N-Bruttoausscheidungen	14.614 kg N
-	N-Krafffutterzukauf	8.975 kg N
+	N-Export über Fleisch u. Milch	5.049 kg N
=	N-Export über Grundfutter	10.688 kg N
10.688 kg N : 2,4 kg N/dt* TM Gras = 4.453 dt TM Gras		
+	Grassilageverkauf	+ 305 dt TM Gras
<b>= Grasertrag/Betrieb</b>		<b>= 4.758 dt TM Gras</b>
<b>= Grasertrag/ha</b>		<b>≈ 61 dt TM Gras/ha</b>
* 2,4 kg N/dt $\triangleq$ 15 % Rohprotein		

### 3.2. Nebenprodukte

Zur Berechnung der Nährstoffabfuhr über Ernterückstände u. Zwischenfrüchte sind die verkauften oder verfütterten Ernterückstände und Zwischenfrüchte zu erfassen. Ernterückstände, die zur Einstreu genutzt werden, sind nicht aufzuzeichnen, da im Rahmen des Nährstoffvergleichs die im Einstreumaterial enthaltenen Nährstoffe den Flächen i.d.R. wieder zugeführt werden. Zwischenfrüchte zur Gründüngung oder auf den Ackerflächen verbleibende Ernterückstände sind ebenfalls nicht aufzuführen, da keine Nährstoffabfuhr von den Flächen stattfindet.

Zur Berechnung der Nährstoffabfuhr über verkaufte oder verfütterte Ernterückstände und Zwischenfrüchte sind die jeweiligen Ernterückstände und Zwischenfrüchte, die Größe der Anbauflächen, die Mengen an verkauften und verfütterten Ernterückständen bzw. Zwischenfrüchten pro Hektar und die jeweilige Nährstoffabfuhr pro Hektar aufzunehmen.

Die Nährstoffabfuhr pro Hektar errechnet sich, indem die jeweiligen Mengen an verkauften oder verfütterten Ernterückständen bzw. Zwischenfrüchten pro Hektar mit den jeweiligen Nährstoffgehalten multipliziert werden. Durch die Multiplikation der Nährstoffabfuhr pro Hektar mit den jeweiligen Flächengrößen errechnet sich die Nährstoffabfuhr auf der Betriebsebene.

Da i.d.R. keine betriebsspezifischen Daten über die Nährstoffgehalte der Nebenprodukte vorliegen, sind die Daten gemäß DüV zu verwenden.

### **3.3. Abgabe von Wirtschaftsdüngern und sonstigen organischen Düngemitteln**

Über den Export von Wirtschaftsdünger und/oder sonstigen organischen Düngemitteln kann eine weitere Nährstoffabfuhr aus dem Betrieb erfolgen. Die Wirtschaftsdüngerart, die abgegebene Menge, die jeweiligen Nährstoffgehalte und die entsprechenden Ausbringungsverluste sind aufzunehmen. Die Nährstoffgehalte sind entweder vorliegenden Nährstoffanalysen oder Richtwerten zu entnehmen. Durch die Multiplikation der abgegebenen Mengen an organischen Düngern mit den jeweiligen Nährstoffgehalten errechnet sich der Nährstoffexport über die Abgabe von Wirtschaftsdüngern auf der Betriebsebene.

## **4. Bilanzierung**

Abschließend wird jeweils die Summe der Zufuhr und der Abfuhr des jeweiligen Nährstoffes ermittelt und daraus die Differenz gebildet. Durch die Division dieser Summe durch die Hektarzahl der landwirtschaftlich genutzten Fläche wird der Nährstoffsaldo auf einen Hektar bezogen.

## 5. ANHANG

**Tabelle 1: Nährstoffgehalte in Tierkörpern in kg/dt Lebendgewicht**

Nr.	Art	Schlacht- ausbeute*	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	Kühe	50 %	2,50	1,37	0,24
2	Mastbullen	54 %	2,50	1,37	0,24
3	Mastbullen (Fleischrassen)	58 %	2,80	1,37	0,24
4	Mastschweine	80 %	2,56	1,17	0,24
5	Sauen	75 %	2,56	1,17	0,24
6	Masthähnchen	73 %	3,50	1,15	0,24
7	Hennen	66 %	3,50	1,49	0,24
8	Puten	81 %	3,50	1,58	0,24
9	Gänse	73 %	3,50	1,40	0,24
10	Enten	74 %	3,50	1,40	0,24
11	Fohlen bis 6 Monate	-	2,70	2,06	0,22
12	Pferde ab 6 Monate	53 %	3,00	1,72	0,24
13	Lämmer	47 %	2,60	1,48	0,24
14	Mutterschafe	40 %	2,60	1,48	0,24
15	Kaninchen	58 %	2,80	1,47	0,24

\* Anhaltswerte, falls Schlachtausbeute nicht bekannt

## Checkliste – Erfassung von Bilanzdaten (Flächenbilanz)

Düngejahr: \_\_\_\_\_

Datengrundlage:  Kalenderjahr \_\_\_\_\_  Wirtschaftsjahr \_\_\_\_/\_\_\_\_

### Nährstoffzufuhr

Nährstoffanfall aus der Tierhaltung

Angabe Tierart und belegte Stallplätze erfasst

---

Angaben zur Einstufung des Produktionsverfahrens erfasst (Dungart, Fütterung, Leistungsklassen, Stalltage)

---

Aufnahme von Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft

Angaben über Dungart, Menge und Nährstoffgehalt erfasst (Lieferscheine, Nährstoffanalysen, Richtwerte)

---

Aufnahme sonst. organische Dünger, Bodenhilfsstoffe, Kultursubstrate, Pflanzenhilfsmittel und Abfälle § 27 KrW-/AbfG

Angaben über Art, Menge und Nährstoffgehalt erfasst (Lieferscheine, Nährstoffanalysen, Richtwerte)

---

Mineralische Düngemittel

Angabe in Düngerart und Menge erfasst (Lagerbestände, Einkaufsgemeinschaften)

---

Stickstoffbindung durch Leguminosen

Angaben über Anbau und Fläche erfasst

---

### Nährstoffabfuhr

Ernteprodukte

Mengen und Inhaltsstoffe von verkauften Ernteprodukten erfasst

Erträge von eingelagerten und verfütterten Ernteprodukten erfasst (Grünlandintensität, ggf. Berechnung des Futterbauertrages)

---

Nebenprodukte

Angabe Ernterückstände und Zwischenfrüchte erfasst

---

Abgabe von Wirtschaftsdüngern und sonstigen organischen Düngemitteln

Angabe in Düngerart und Menge erfasst (Lieferscheine, Nährstoffanalysen, Richtwerte)

---



### 3.5 Integration des Maßnahmenvorschlages in NAU/BAU

#### Zielsetzung und der Weg zu Maßnahmen

Ein Ziel der Projekte WAgriCo und WAgriCo 2 war es, Maßnahmen mit guter ökologischer Wirksamkeit und hoher ökonomischer Effizienz für die Zielerreichung gemäß der EG-WRRL bereitzustellen. Im Projekt WAgriCo fand eine Auswahl von Maßnahmen statt, die eine positive Wirkung auf Nmin-Werte oder Stickstoffsalden besitzen. Ferner sollten die Maßnahmen leicht umzusetzen sowie mit einem geringen Kontroll- und Verwaltungsaufwand verbunden sein und zudem eine hohe Akzeptanz erwarten lassen. Dabei sollten die Gesamtkosten der Maßnahme vertretbar sein. Zur Verfügung stand eine Liste von „Freiwilligen Vereinbarungen“ des Trinkwasserschutzes, das bestehende Niedersächsische und Bremer Agrarumweltprogramm (NAU/BAU) sowie Maßnahmen anderer Projekte.

In den 52 Projektbetrieben fand die Umsetzung der ausgewählten Maßnahmen von Herbst 2006 bis Herbst 2009 statt. Innerhalb dieses Zeitraumes wurden in Beteiligungsprozessen (s. Kap. 2.1) auf lokaler Arbeitskreisebene, in Diskussionsrunden innerhalb der Expertengruppe Maßnahmen sowie in der WAgriCo 2-Steuerungsgruppe die Maßnahmen fortlaufend qualifiziert. Die Abbildung 3.5.1 gibt schematisch den Prozess der Maßnahmenauswahl und -evaluierung innerhalb des Projektes WAgriCo/WAgriCo 2 wieder.

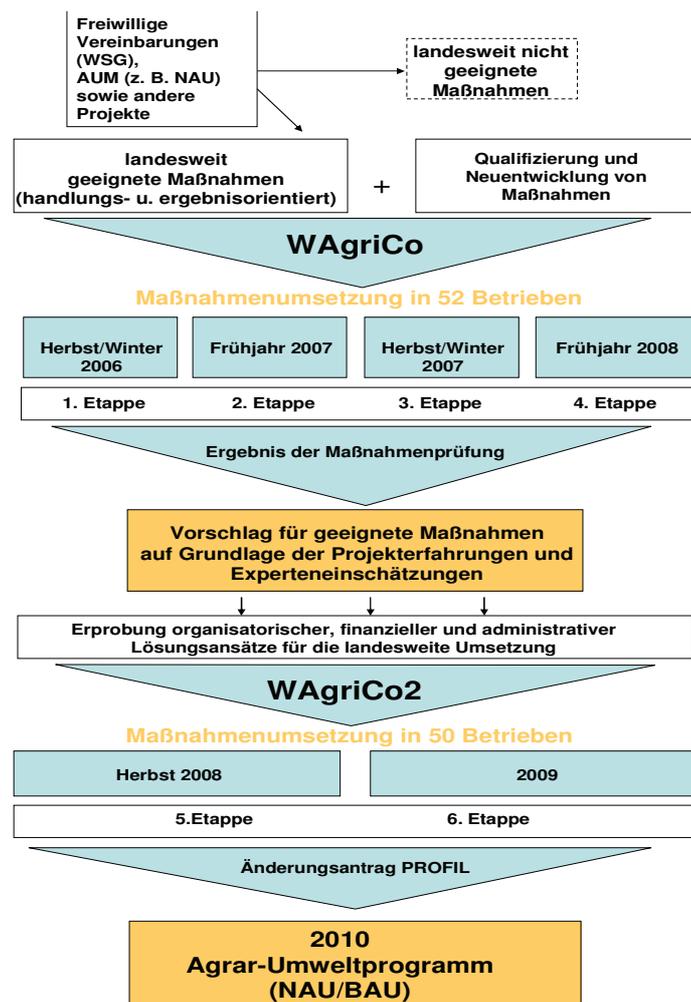


Abbildung 3.5.1: Maßnahmenumsetzung und -evaluierung im Projekt WAgriCo u.WAgriCo 2

Ein innovativer Ansatz im Projekt WAgriCo bestand in der Entwicklung der ergebnisorientierten Honorierung einer verbesserten N-Effizienz (E-Maßnahme). Innerhalb des Projektes WAgriCo hat sich jedoch gezeigt, dass zurzeit noch keine praxisreife Umsetzung der Maßnahme möglich ist. Unter anderem haben Probleme bei den Anforderungen zur Datenhaltung und -erhebung dazu geführt, dass die E-Maßnahme in WAgriCo 2 als Maßnahme nicht weiter betrachtet wurde. WAgriCo 2 zielte unter anderem darauf ab, Erfolgsindikatoren zur Reduzierung der Emissionen aus der Landwirtschaft zu identifizieren und in die lokale Ebene (Betriebsebene) des Wirkungsmonitorings zu integrieren (s. Kap. 6). In diesem Zusammenhang wurde in WAgriCo 2 daher eine weitere Auswertung von Betriebsdaten (insbesondere Bilanzdaten) vorgenommen, die weitere Erkenntnisse zu geeigneten und mit vertretbarem Aufwand zu erhebende Erfolgsindikatoren liefern sollte.

Nach Beendigung der Maßnahmenumsetzung in WAgriCo (Frühjahr 2008) konnte dem Niedersächsischen Ministerium für Umwelt und Klimaschutz (MU) zum 31.03.2008 ein Vorschlag für geeignete Maßnahmen vorgelegt werden (s. Tab. 3.5.1).

Tabelle 3.5.1: Maßnahmenvorschlag 2008

	<b>Maßnahme</b>	<b>Entgelt [€/ha]</b>
<b>H 1</b>	Zwischenfruchtanbau (winterhart, später Umbruch)	120
<b>H 2</b>	Zwischenfruchtanbau (Standard)	90
<b>H 3</b>	Dreijährige Brache mit aktiver Begrünung	120
<b>H 5</b>	Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais	30 (75)
<b>H 6</b>	Zeitliche Beschränkung der Gülleausbringung	10 /m <sup>3</sup> /J
<b>H 7</b>	Gülleausbringung mit Schleppschauch, -schuh	20 (35 )
<b>H 12</b>	Winterrübsen vor Wintergetreide	70
<b>H 13</b>	Ausfallraps	50
<b>M 45</b>	Ökoplus	146

Die Maßnahme „Ökoplus“ wurde im Projekt WAgriCo/WAgriCo 2 aufgrund bekannter positiver Effekte nicht näher untersucht. Im NAU/BAU ist die Förderung ökologischer Anbauverfahren gemäß der Vorschriften der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 bereits integriert. Die Maßnahme wurde mit der Möglichkeit, gegebenenfalls bei Fördermittelknappheit eine Beschränkung auf die EG-WRRL-Zielkulisse auszusprechen, in den Maßnahmenkatalog mit aufgenommen. Eine generelle Beschränkung auf die EG-WRRL-Kulisse wurde jedoch nicht als sinnvoll erachtet. Die Notwendigkeit, eine zusätzliche Öko-Maßnahme für neu umgestellte Betriebe in der Zielkulisse zu installieren, besteht nicht.

In Abstimmung mit dem MU wurde die Maßnahme „Brache mit aktiver Begrünung“ aus der Maßnahmenliste genommen. Um eine Alternative zur Ackernutzung zu bieten, wären sehr hohe Ausgleichsbeträge notwendig. Ein geringeres Entgelt, wie im Projekt angeboten (120 €/ha), kann hingegen nur einen Anreiz zum Erhalt bestehender Brachen bieten.

Im Folgeprojekt WAgriCo 2 fand anhand des vorgelegten Maßnahmenvorschlages die Erprobung organisatorischer, finanzieller und administrativer Lösungsansätze für die landesweite Umsetzung statt. Die Vertragsgestaltung und Maßnahmenumsetzung wurde daher nach Anforderungen des NAU/BAU-Programmes vorgenommen. Das Maßnahmenangebot 2009 wurde entsprechend ausgestaltet (Tab. 3.5.2). Der Grundvertrag und die dazugehörigen Maßnahmenblätter mit ihren Anlagen sind im Anhang dieses Kapitels beigefügt.

Tabelle 3.5.2: Maßnahmenangebot 2009

<b>Maßnahme</b>		<b>Entgelt [€/ha]</b>
<b>Begrünung, Bodenbearbeitungsverzicht</b>		
<b>H 1</b>	Zwischenfrucht (winterhart, später Umbruch)	120
<b>H 2</b>	Zwischenfrucht (Standard)	70
<b>H 5</b>	Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais	30 (75)
<b>H12</b>	Winterrübsen vor Wintergetreide	70
<b>H 13</b>	Ausfallraps	50
<b>Umweltfreundliche Ausbringung von flüssigem Wirtschaftsdünger</b>		
<b>H 7</b>	Gülleausbringung mit Schleppschlauch, -schuh	15 /GVE; max. 30
<b>H 6</b>	Kombination mit zeitlicher Beschränkung der Ausbringzeiten	10 /ha LF ohne Brache
<b>Einsatz des CULTAN-Verfahrens (H 9)</b>		35

Während der Projektlaufzeit von WAgriCo 2 fanden Abstimmungsgespräche zwischen dem MU und dem ML (Nds. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung) unter Beteiligung des NLWKN statt, um die Förderbestimmungen der ausgewählten Maßnahmen für die spätere Umsetzung festzulegen und zu optimieren.

Die Maßnahme Zwischenfrucht (Standard) wurde bereits im Jahr 2008 in einer definierten Gebietskulisse (Grundwasser/Nitrat) als NAU A7 im NAU/BAU-Programm aufgenommen. Die Maßnahme NAU A7 wird ab 2010 nicht mehr auf eine Gebietskulisse beschränkt, sondern niedersachsenweit angeboten, da insgesamt ein besonderer Nutzen für die Umwelt gesehen wird.

Die aus Sicht des Grundwasserschutzes wirkungsvolle Maßnahme „Zeitliche Beschränkung der Gülleausbringung“, wurde im Projekt WAgriCo regional gut angenommen. Da es sich abzeichnete, dass die Maßnahme aufgrund der schwierigen Kontrollierbarkeit nicht als NAU-

Maßnahme vorgesehen würde, wurde sie im Folgeprojekt WAgriCo 2 nicht mehr als eigenständige Maßnahme angeboten, sondern nur in Kombination mit der Maßnahme „Ausbringung von flüssigem Wirtschaftsdünger auf Acker- und Grünland mit umweltfreundlichen Ausbringungsverfahren“. In der Diskussion zwischen dem MU und dem ML hat sich jedoch diese Kombinationsmaßnahme als nicht umsetzungsfähig herausgestellt. Das Kriterium der Kontrollierbarkeit hat bei Aufnahme einer Maßnahme in den Katalog der AUM einen hohen Stellenwert, so dass auch eine Maßnahmenkombination zukünftig nicht angeboten werden kann.

Als Alternative eine spezielle Förderung des Güllelagerstättenbaus über Agrarförderprogramme (AFP) anzubieten, konnte ebenfalls nicht umgesetzt werden.

Anders als im Projekt WAgriCo wurde die Maßnahme „Gülleausbringung mit Schleppschlauchverfahren“ in WAgriCo 2 analog zur bereits bestehenden Maßnahme NAU A3 ausgestaltet. Eine Umgestaltung der NAU A3-Maßnahme mit Vorgaben bestimmter Ausbringungstermine und dem Einsatz in bestimmten Kulturen war nicht umsetzbar. Die bereits bestehende NAU A3-Maßnahme wurde somit nicht verändert.

Das CULTAN-Verfahren ist im Projekt WAgriCo angeboten und getestet worden (siehe Kapitel 3.3). Im Folgeprojekt WAgriCo 2 wurde das Verfahren ausschließlich in Ilmenau/Jeetzel angeboten. Das Pilotgebiet Ilmenau/Jeetzel befindet sich nicht in der Maßnahmenkulisse nach EG-WRRRL, bot aber die Möglichkeit, die Erkenntnisse zum CULTAN-Verfahren zu erweitern. Eine Integration in Agrarumweltprogramme ist noch nicht erfolgt, da zurzeit in Exaktversuchen der Landwirtschaftskammer die verminderte Nitratauswaschung und Erhöhung der N-Effizienz weiter geprüft werden.

### **Gülleunterfußdüngung zu Mais**

Die Gülleunterfußdüngung zu Mais ist während der gesamten Projektlaufzeit über Demonstrationsversuche begleitet worden (s. Kap. 3.2). Durch den Einsatz von Wirtschaftsdünger zur Unterfußdüngung soll mineralischer Stickstoff eingespart werden. Die Landwirtschaftskammer testet die Maßnahmenwirkung durch Exaktversuche, wobei aus pflanzenbaulicher Sicht zurzeit noch keine klaren Aussagen möglich sind. Falls weitere Untersuchungen die positive Wirkung der Gülleunterfußdüngung für den Grundwasserschutz absichern, sollte die konkrete Ausgestaltung der Maßnahme weiter verfolgt werden. In diesem Jahr (2010) wird eine für diesen Zweck entwickelte Ausbringtechnik von der Firma Kotte (Rieste, LK Osnabrück) nach Praxistests zur Marktreife gebracht werden (PreMaister, Firma Kotte).

### **Allgemeine Hemmnisse bei der Akzeptanz von NAU/BAU**

Die für NAU-Maßnahmen geforderte Fünfjährigkeit führte, gerade im Hinblick auf die ab 2010 geplante Umsetzung der Maßnahmen als EU-kofinanzierte Agrarumweltmaßnahmen mit einer zwingenden 5-jährigen Vertragslaufzeit, zu weitreichenden Diskussionen und verschiedenen Lösungsansätzen. Als wesentliches Argument gegen die Fünfjährigkeit wurden u. a. mangelnde Flexibilität aufgrund sich ändernder agrarpolitischer Rahmenbedingungen genannt. Zudem erschwert der hohe Pachtflächenanteil in einigen Gebieten, verbunden mit möglichen Flächenverlusten, eine verlässliche Flächenbindung

über fünf Jahre. Bei der WAgriCo-Abschlussveranstaltung („Umwelt und Agrar - Gemeinsam für gutes Wasser in Europa - Was ist mit Agrarumweltmaßnahmen möglich – was fehlt?“) am 18.11.2009 in Brüssel, haben die Vertreter des MU, des NLWKN und der Landwirtschaft deutlich auf die Probleme bei einer Verpflichtung zu einer langfristigen Vertragsbindung hingewiesen.

Die Maßnahmenausgestaltung in WAgriCo 2 beinhaltete, entsprechend der zukünftigen landesweiten Umsetzung als Agrarumweltmaßnahme, die Einführung einer Bagatellgrenze von 500 € oder bei Aufsattelung auf eine bestehende Maßnahme eine Bagatellgrenze von 250 €. Innerhalb des Projektes wurde versucht, die Einhaltung der Bagatellgrenze durch das Zusammenfassen von Begrünungsmaßnahmen zu einer Maßnahmengruppe zu erleichtern und somit eine höhere Maßnahmenakzeptanz zu erreichen. Dieses Verfahren wird aufgrund verwaltungstechnischer Vorgaben für die künftige Ausgestaltung der NAU-Maßnahmen nicht umgesetzt werden. Bisher ist eine Bündelung von Einzelmaßnahmen zu Maßnahmengruppen („Pool-Bildung“) nicht üblich und wird daher auch bei den neuen Wasserschutz-Maßnahmen (W-Maßnahmen) nicht angewendet. Bei einigen Maßnahmen ist aufgrund des niedrigen Maßnahmenentgeltes ein Maßnahmenabschluss auf großem Flächenumfang zum Erreichen der Bagatellgrenze notwendig. Daneben erschweren auch Betriebsteilungen das Erreichen der Bagatellgrenze. Eine Bündelung in Form von Maßnahmengruppen würde die Erreichung dieser Mindestentgeltgrenze erleichtern. Falls sich das Nichterreichen der Bagatellgrenze als Hauptgrund für eine mangelnde Akzeptanz bei der Umsetzung herausstellt, sollte gegebenenfalls wieder über die Möglichkeiten einer Poolbildung nachgedacht werden.

### **Umsetzung ab 2010**

Ab 2010 erfolgt die Förderung einer grundwasserschonenden Landwirtschaft zum Schutz des Bodens vor Erosion und Nährstoffaustrag, zur Förderung der biologischen Aktivität und Struktur des Bodens sowie zum Schutz des Grundwassers im Niedersächsischen und Bremer Agrarumweltprogramm NAU/BAU. Gegenstand der Förderung sind die folgenden vier Maßnahmen (s. Tab. 3.5.3) mit Gewässerschutzwirkung (W-Maßnahmen), die in WAgriCo 2 erprobt wurden:

- Anbau winterharter Zwischenfrüchte
- Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais bei nachfolgendem Anbau einer Sommerung
- Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Raps
- Anbau von Winterrüben vor Wintergetreide

Tabelle 3.5.3: Agrarumweltmaßnahmen mit Gewässerschutzwirkung

Maßnahmen		Zielsetzung	Entgelt [€/ha]
A2	Mulchsaat, reduzierte Bodenbearbeitung	Erosionsschutz	
A3	Umweltfreundliche Gülleausbringung	Gewässerschutz allgemein, Atmosphärenschutz	
A7	Zwischenfruchtanbau/Untersaat Standard	WRRL	
<b>W2</b>	<b>Zwischenfrucht winterhart</b>	<b>WRRL</b>	<b>110</b>
<b>W3</b>	<b>Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais</b>	<b>WRRL</b>	<b>30</b>
<b>W4</b>	<b>Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Raps (Ausfallraps)</b>	<b>WRRL</b>	<b>50</b>
<b>W5</b>	<b>Winterrübsen vor Wintergetreide</b>	<b>WRRL</b>	<b>70</b>
B1	Extensive Grünlandbewirtschaftung, handlungsorientiert	Biodiversität, Gewässerschutz allgemein	
B2	Extensive Grünlandbewirtschaftung, ergebnisorientiert	Biodiversität, Gewässerschutz allgemein	
C	Ökologischer Landbau	Ressourcenschutz allgemein	

Ein Abschluss von W-Maßnahmen ist für Betriebe möglich, bei denen 25 % der Ackerfläche des Betriebes innerhalb der Zielkulisse liegen. Eine Umsetzung der Maßnahmen ist jedoch auf der gesamten Betriebsfläche möglich.

Reichen die Haushaltsmittel für die Bewilligung der eingereichten Anträge nicht aus, ist geplant, die Anträge aus besonders schutzwürdigen Gebieten, darunter auch die aus der Zielkulisse der EG-WRRL, vorrangig zu bedienen.

Daneben gelten die allgemeinen Bestimmungen für Förderprogramme nach der Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen für das NAU/BAU-Programm für das Jahr 2010.

Die abschließende Fassung der Förderrichtlinie lag zum Zeitpunkt der Erstellung des Berichtes noch nicht vor.

## Die Maßnahmen im Einzelnen

In den besonderen Bestimmungen der Förderung werden die Zuwendungsbestimmungen der W-Maßnahmen festgelegt, die im Folgenden stichwortartig wiedergegeben werden:

### W2 Zwischenfrucht winterhart

- Höhe der Zuwendung 110 €/ha
- Anbau einer leguminosenfreien, winterharten und zur Winterbegrünung geeigneten Zwischenfrucht bis zum 15.09.
- Für ökologisch wirtschaftende Betriebe keine Leguminosen in Reinsaat
- Nach der Ernte von Kartoffeln, Mais und Raps keine Stickstoffdüngung zur Zwischenfrucht
- Kein Umbruch vor dem 15.03. des Folgejahres
- Nutzung mit Abfuhr des Aufwuchses ist zulässig

**W3 Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais**

- Höhe der Zuwendung 30 €/ha
- Verzicht auf Bodenbearbeitung bis zum 15.03. des Folgejahres
- Keine organische oder mineralische N-Düngung von der Ernte bis zum 01.03. des Folgejahres
- Schlegeln der Stoppeln ist erlaubt
- Bei Reduzierung der Fläche für den Maisanbau verringert sich die prämierelevante Fläche sanktionslos

**W4 Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Raps (Ausfallraps)**

- Höhe der Zuwendung 50 €/ha
- Nach der Ernte der Hauptfrucht keine Bodenbearbeitung
- Keine organische oder mineralische Stickstoffdüngung nach der Ernte bis zum 01.11.
- Bei Anbau einer Winterung Umbruch frühestens am 01.10., bei Anbau einer Sommerung frühestens am 15.03.

**W5 Anbau von Winterrübsen vor Wintergetreide**

- Höhe der Zuwendung 70 €/ha
- Anbau von Winterrübsen nach der Ernte der Hauptfrucht und noch im selben Jahr Aussaat von Wintergetreide
- Aussaat bis zum 15.08. mit einer Aussaatmenge von 10 – 12 kg/ha
- Kein Umbruch vor dem 10.10. oder anderweitige Beseitigung der Winterrübsen

**Anlagen:**

**Vertrag** im Rahmen des WAgriCo 2-Projektes für Maßnahmen zum Schutz der Gewässer und des Wasserhaushaltes im Pilotgebiet Lager Hase **mit den Anlagen:**

- Begrünung von Ackerflächen durch Anbau von Zwischenfrüchten, Winterrübsen
- Stehenlassen des Ausfallrapses oder Bodenbearbeitungsverzicht nach Mais
- Ausbringung von flüssigem Wirtschaftsdünger auf Acker- und Grünland mit umweltfreundlichen Ausbringverfahren (mit Anlagen)
- Einsatz einer Flüssigdüngerinjektionsradmaschine zur ammoniumbetonten Düngung (CULTAN-Verfahren) in Getreide und Raps (mit Anlagen)





## Anlage 2: Maßnahme H7

**spätestens bis 15. November 2009 beim NLWKN vorzulegen**

Ergänzende Angaben für die Ausbringung von flüssigem Wirtschaftsdünger auf Acker- und Grünland mit besonders umweltfreundlichen Ausbringungsverfahren- Nachweis über die umweltfreundlich ausgebrachte Güllemenge (Maßnahme H7)

**WAgriCo2 AZ:62004/3110/04**

**H7- 2009**

Name, Vorname		Telefon
Ortsteil, Straße, Haus-Nr.		Telefax
PLZ	Wohnort	E-mail:
Betriebsnummer:		

### Ergänzende Angaben zur Gülleausbringung

Datum bzw. Zeitraum der Ausbringung		2009
		2009

### Ausbringverfahren

- Schleppschlauchverfahren  m<sup>3</sup>
- Schleppschuhverteiler  Fassgröße
- Injektion
- Verschlauchung  m<sup>3</sup>

### Abrechnungsbasis mit Maschinenring/Lohnunternehmer:

Arbeitsleistung	<input type="text"/>	Std.
Flächenleistung	<input type="text"/>	ha
Ausgebrachte Menge	<input type="text"/>	m <sup>3</sup>

### Umweltfreundliche Ausbringungsverfahren auf folgenden Flächen:

Schlag-Nr. nach GFN					
Registrier-Nr. des Betriebes *					
Zahl der Fässer					
Datum					

\* Die Registrier-Nr. des Betriebes ist nur einzutragen, wenn es sich nicht um selbst bewirtschaftete Flächen handelt.

### Unterschrift Maschinenring/Lohnunternehmer

Die oben aufgeführten Angaben sind Grundlage für die Berechnung mit dem Auftraggeber; diese Anlage wird mit der Rechnung an den Auftraggeber zurückgegeben.

\_\_\_\_\_  
Ort, Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift

### Unterschrift Antragsteller

Die oben aufgeführten Angaben sind Grundlage für die Berechnung mit dem Auftragnehmer. Die Rechnungen sind auf dem Betrieb vorzuhalten.

Ich erkläre, dass ich keine Förderung für umweltgerechte Gülleausbringung in anderen Bundesländern bzw. Mitgliedstaaten beantrage bzw. erhalte.

\_\_\_\_\_  
Ort, Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift



## WAgriCo2 AZ:62004/3110/04 Maßnahme (H1,2,12,13,H5) - 2009 -

Name, Vorname der Antragstellerin oder des Antragstellers		Betriebs-Nr. gem. EU-Agrarförderung (unbedingt angeben)	Meine Bankverbindung hat sich geändert: <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja, wie folgt:
Konto-Nr.	Bankleitzahl	Kreditinstitut	

### Begrünung von Ackerflächen durch Anbau von Zwischenfrüchten, Winterrübsen, Stehenlassen des Ausfallrapses oder Bodenbearbeitungsverzicht nach Mais

- Ich beantrage/wir beantragen eine Zuwendung für die Maßnahme „Begrünung von Ackerflächen mit Zwischenfrüchten, Winterrübsen, durch Stehenlassen von Ausfallraps oder Bearbeitungsverzicht nach Mais“ gemäß den Zuwendungsbestimmungen.

Die **Mindestfläche**, die von mir/uns nach den Vorgaben der Maßnahme bewirtschaftet werden muss, lege ich/legen wir auf

\_\_\_\_\_ ha fest.

Die **maximale Förderhöhe** der Begrünungs/Bodenbearbeitungsverzichtmaßnahmen lege ich/legen wir auf

\_\_\_\_\_ € fest.

Die maximale Förderhöhe errechnet sich aus der Flächensumme für die 2009 geplanten Begrünungs/Bodenbearbeitungsverzichtsmaßnahmen multipliziert mit den Entgelten der Einzelmaßnahmen.

Ich/wir planen 2009 folgende Begrünungsmaßnahmen/ Bodenbearbeitungsverzicht nach Mais:

Maßnahme	ha	Entgelt (€)	Fördersumme (€)
H1		120	
H2		70	
H12		70	
H13		50	
H5		30	
H5 (Schlegeln)		75	
maximaler Förderbetrag 2009			

### Zuwendungsbestimmungen

#### Gegenstand der Förderung:

Zum Schutz des Bodens vor Erosion und Nährstoffaustrag, zur Förderung der biologischen Aktivität und Struktur des Bodens sowie zum Schutz des Grundwassers wird nach der Ernte der Hauptfrüchte auf Ackerflächen des Betriebes der Anbau von Zwischenfrüchten, Winterrübsen, das Stehenlassen des Ausfallrapses oder der Bodenbearbeitungsverzicht nach Mais gefördert.



Die zu erwartende **ökologische Wirksamkeit** der Maßnahme variiert je nach Art der Einzelbegrünungsmaßnahme:

#### **H1 Zwischenfrucht winterhart**

- Reduzierung des N-Saldo (Schlagbilanz) um 0 bis 40 kg N/ha
- Reduzierung des Herbst-Nmin-Wertes um 30 bis 60 kg N/ha

#### **H2 Zwischenfrucht Standard**

- Reduzierung des N-Saldo (Schlagbilanz) um 0 bis 40 kg N/ha
- Reduzierung Herbst-Nmin-Wert um 20 bis 60 kg N/ha

#### **H12 Winterrübsen vor Wintergetreide**

- Reduzierung des N-Saldo (Schlagbilanz) um 0 bis 40 kg N/ha
- Reduzierung Herbst-Nmin-Wert um 20 bis 60 kg N/ha

#### **H13 Ausfallraps**

- Reduzierung des N-Saldo (Schlagbilanz) um 0 bis 30 (40) kg N/ha , \*() bei nachfolgender Sommerung
- Reduzierung Herbst-Nmin-Wert um 0 bis 40 kg N/ha

#### **H5 Bodenbearbeitungsverzicht nach Mais bei nachfolgendem Anbau einer Sommerung**

- Reduzierung des N-Saldo (Schlagbilanz) um 0 bis 20 kg N/ha
- Reduzierung Herbst-Nmin-Wert um 0 bis 40 kg N/ha

**Entgelt:** Die Höhe der Zuwendung ist abhängig von der Art der Begrünungsmaßnahme:

**H1:** Zwischenfrucht winterhart: **120 €/ha**

**H2:** Zwischenfrucht Standard: **70 €/ha**

**H12:** Winterrübsen vor Wintergetreide: **70 €/ha**

**H13:** Ausfallraps: **50 €/ha**

**H5:** Bearbeitungsverzicht nach Mais bei nachfolgendem Anbau einer Sommerung, ohne Schlegelgang **30 €/ha**, mit Abschlegeln der Maisstoppeln **75 €/ha**

Der Bewirtschafter verpflichtet sich,

- nach der Ernte der Hauptfrucht auf mindestens 5 Prozent der 2009 bestehenden Ackerfläche die o.g. Maßnahmen vorzunehmen,
- einen **Nachweis** über die mit Begrünungsmaßnahmen belegten Flächen durch Anlage 1 bis zum **15. November** zu erbringen,
- folgende besondere Zuwendungsbestimmungen der Einzelmaßnahmen H1, H2, H12, H13, H5 einzuhalten:

#### **H1 Zwischenfrucht winterhart**

- Anbau einer leguminosenfreien Zwischenfrucht (ZF) nach der Hauptfruchternte bis zum **15.09.**
- für ökologisch wirtschaftende Betriebe: keine Leguminosen in Reinsaat (max. 30 % Leguminosenanteil)
- mindestens 30 % Gewichtsanteile der Saatmischung aus winterharten ZF (Positivliste: Winterrübsen, Winterraps, Welsches Weidelgras, Stoppelrüben)
- nach Kartoffeln, Mais und Raps als Vorfrucht keine organische oder mineralische Stickstoffdüngung zur ZF
- Beweidung nicht zulässig, ausgenommen Wanderschäferei
- Keine Bodenbearbeitung bis zum **15.03** des Folgejahres

#### **H2 Zwischenfrucht Standard**

- Anbau einer leguminosenfreien Zwischenfrucht (ZF) nach der Hauptfruchternte bis zum **15.09.**



- für ökologisch wirtschaftende Betriebe: maximal 30 % Leguminosenanteil am Bestand
- nach Kartoffeln, Mais und Raps als Vorfrucht keine organische oder mineralische Stickstoffdüngung zur ZF
- Beweidung nicht zulässig, ausgenommen Wanderschäferei
- keine Bodenbearbeitung bis zum **01.02** des Folgejahres

### **H12 Winterrüben vor Wintergetreide**

- Aussaat bis zum **15.08.**
- Aussaatmenge 10-12 kg/ha
- keine Stickstoffdüngung zu Winterrüben oder zum folgenden Wintergetreide
- Umbruch ab dem **10.10.**

### **H13 Ausfallraps**

- keine wendende Bodenbearbeitung
- Stehenlassen des Ausfallrapses
- keine organische oder mineralische Stickstoffdüngung nach Ernte der Hauptfrucht bis **01.11.**
- Einbeziehung der Nährstoffe des Ausfallrapses in die Düngeplanung der anschließenden Fruchtfolge
- Beweidung nicht zulässig, ausgenommen Wanderschäferei
- bei nachfolgendem Anbau einer Sommerung Umbruch ab dem **15.03.** des Folgejahres
- bei nachfolgendem Anbau einer Winterung Umbruch ab dem **01.10.**

### **H5 Bearbeitungsverzicht nach Mais bei nachfolgendem Anbau einer Sommerung**

- keine Bodenbearbeitung nach der Maisernte bis zum **15.03.** des Folgejahres
- keine organische oder mineralische N-Düngung von der Ernte bis zum **01.03.** des Folgejahres (Kalkung zulässig)
- es kann ein Abschlegeln der Maisstoppeln erfolgen

---

Ort, Datum

Unterschrift des/der Antragsteller/s/in





## WAgriCo2 AZ:62004/3110/04 Maßnahme H9 - 2009

Name, Vorname der Antragstellerin oder des Antragstellers		Betriebs-Nr. gem. EU-Agrarförderung (unbedingt angeben)	Meine Bankverbindung hat sich geändert: <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja, wie folgt:
Konto-Nr.	Bankleitzahl	Kreditinstitut	

### Einsatz einer Flüssigdüngerinjektionsradmaschine zur ammoniumbetonten Düngung (Cultan-Verfahren) in Getreide und Raps

- o Ich beantrage/wir beantragen eine Zuwendung für die Maßnahme „Einsatz einer Flüssigdüngerinjektionsradmaschine zur ammoniumbetonten Düngung in Getreide und Raps“ gemäß den Zuwendungsbestimmungen.  
Die Mindestfläche, die von mir/uns im Jahr 2009 nach den Vorgaben der Maßnahme bewirtschaftet werden muss, lege ich / legen wir auf

\_\_\_\_\_ ha fest.

Der Förderbetrag 2009 beträgt \_\_\_\_\_ Euro (Entgelt 35€/ha)

### Zuwendungsbestimmungen

#### Gegenstand der Förderung:

Zur Verringerung der N-Auswaschung und Erhöhung der N-Effizienz durch Ammoniumdepotbildung wird der Einsatz einer Flüssigdüngerinjektionsradmaschine durch einen Lohnunternehmer, Maschinenring oder durch Eigenmechanisierung zur ammoniumbetonten Düngung in Getreide und Raps (Cultan-Verfahren) gefördert.

**Entgelt:** 35 €/ha

Der Bewirtschafter verpflichtet sich,

- ein Injektionsrad mit Flüssigdüngertilösung vor Schossen des Getreides oder Raps durch einen Maschinenring, Lohnunternehmer oder Eigenmechanisierung einzusetzen
- den Einsatz eines Maschinenringes/Lohnunternehmers durch Belege nachzuweisen
- den Besitz einer Injektionsradmaschine auf Verlangen durch Belege nachzuweisen
- zu einem ausschließlichen N-Düngereinsatz in Cultan-Technik bis zum **15.05.**
- keinen organischen Dünger von Aussaat bis Ernte der Frucht einzusetzen
- Die Grundnährstoffdüngung ist einschließlich der Düngung mit MAP oder DAP herkömmlich möglich
- Es erfolgt keine Förderung zu Mais.
- Die Antragstellerin oder der Antragsteller hat dem NLWKN bis zum **15. November** die Nachweise des Maschinenringes/Lohnunternehmers vorzulegen, durch den das Cultan-Verfahren durchgeführt wurde.

Ort/Datum

Unterschrift des /der Antragsteller/s/in



**Vertrag im Rahmen des WAgriCo2-Projektes für Maßnahmen  
zum Schutz der Gewässer und des Wasserhaushaltes  
im Pilotgebiet „Große Aue“  
AZ: 62004/3110/04**

zwischen dem Land Niedersachsen, vertreten durch den Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), Betriebsstelle Sulingen, Am Bahnhof 1, 27232 Sulingen, Tel.: 04271-9329-26, nachstehend NLWKN genannt,

und

Name, Vorname		Telefon
Ortsteil, Straße, Haus-Nr.		Telefax
PLZ	Wohnort	E-mail:
Konto-Nr.	Bankleitzahl	Kreditinstitut
Betriebsnummer:		

nachstehend Bewirtschafter genannt.

### § 1 Zweck

Die Vereinbarung dient dazu, die gewässerschutzorientierte Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Nutzflächen im Pilotgebiet „Große Aue“ zu fördern.

### § 2 Gegenstand der Vereinbarung

Gegenstand der Vereinbarung sind Leistungen eines im Rahmen des WAgriCo2-Projektes zur Verfügung gestellten landwirtschaftlichen Fachberaters der Landwirtschaftskammer Niedersachsen (LWK) für den Bewirtschafter nach § 4 (Beratungsleistungen) sowie Leistungen des Bewirtschafters für den Gewässerschutz nach § 5. Näheres regeln die Vertragsanlagen, in denen die Maßnahmen einschließlich der Bewirtschaftungsbedingungen und die einbezogenen Flächen benannt werden. Die Anlagen sind Bestandteil des Vertrages.

### § 3 Dauer der Vereinbarung

Die Vereinbarung gilt grundsätzlich vom Vertragsbeginn **bis zum 31.12.2009**.

### § 4 Beratungsleistung für den Bewirtschafter

Folgende kostenfreie Leistungen werden durch einen im Rahmen des WAgriCo2-Projektes zur Verfügung gestellten landwirtschaftlichen Fachberaters der LWK erbracht falls vom Bewirtschafter gewünscht:

- (1) In Zusammenarbeit mit dem Bewirtschafter werden betriebliche Nährstoffbilanzen (Hof- und Feldstallbilanzen) für das Erntejahr 2008 bereitgestellt. Diese sind so aufbereitet und fristgemäß erstellt, dass die Vorgaben der Düngeverordnung erfüllt sind.
- (2) Es werden gesamtbetriebliche Düngeplanungen für das Erntejahr 2009 für die Nährstoffe Stickstoff, Phosphor, Kalium und Magnesium zur Verfügung gestellt und nach Bedarf eine Frühjahrs-N<sub>min</sub> Beprobung durchgeführt.
- (3) Für alle betrieblich anfallenden Wirtschaftsdüngerarten kann eine Nährstoffanalyse durchgeführt werden.



(4) Es wird eine betriebswirtschaftliche Analyse der Maßnahmen zum Gewässerschutz, zu deren Umsetzung sich der Bewirtschafter vertraglich (s. Anlage) verpflichtet hat, zur Verfügung gestellt.

(5) Soweit erforderlich, werden für die notwendigen betrieblichen Aufzeichnungen geeignete Vordrucke zur Verfügung gestellt.

### § 5 Leistungen des Bewirtschafters

(1) Der Bewirtschafter stellt dem im Rahmen des WAgriCo2-Projektes benannten landwirtschaftlichen Fachberater der LWK nach Möglichkeit für das Erntejahr 2008 alle notwendigen Daten für die Erstellung von Hof- und Feldstallbilanzen zur Verfügung.

(2) Der Bewirtschafter erstellt für alle landwirtschaftlich bewirtschafteten Flächen des Betriebes einzelschlagbezogene Aufzeichnungen (Flächendaten, Bodenuntersuchungsergebnisse für Phosphor, Kalium und Magnesium, Fruchtart/Nutzung, Düngung, Pflanzenschutz, Erntedaten). Diese Aufzeichnungen werden zwecks Berechnung von schlagbezogenen Stickstoffbilanzen (Nährstoffzufuhr minus Nährstoffabfuhr), Aufstellung einer Düngungsplanung und betriebswirtschaftlicher Analyse dem Fachberater zur Verfügung gestellt.

(3) Der Bewirtschafter nimmt möglichst im Rahmen des WAgriCo2-Projektes an ausgewählten Maßnahmen zum Gewässerschutz teil (Anlage 1). Es besteht dann die Verpflichtung, die Zuwendungsbestimmungen der jeweiligen Maßnahme entsprechend des jeweiligen Maßnahmenblattes einzuhalten.

(4) Als Flächenübersicht sind die Anlage 2, in der die bewirtschafteten Schläge eingetragen werden und Kopien des Gesamtflächen- und Nutzungsnachweises zum Sammelantrag EU-Agrarförderung beim NLWKN einzureichen. Falls dem Bewirtschafter keine entsprechenden Unterlagen vorliegen, sind stattdessen in den gewählten Maßnahmen die Flurstückszeichnungen einzutragen.

### § 6 Zielkulisse für freiwillige Maßnahmen zum Gewässerschutz

(1) Als Zielkulisse für den Abschluss freiwilliger Maßnahmen zum Gewässerschutz wird die Zielkulisse zum Grundwasserschutz nach WRRL herangezogen. Als Grundlage für die Ermittlung der Zielflächen dient das Bewertungsverfahren nach WRRL, wobei u. a. Messwerte im Grundwasser und Modellberechnungen zu Nitratkonzentrationen im Sickerwasser Berücksichtigung finden.

(2) Über die Zielflächen des Grundwasserschutzes hinaus können freiwillige Maßnahmen auch auf Flächen der Zielgebiete für den Oberflächengewässerschutz abgeschlossen werden. Im Projekt WAgriCo sind als Zielgebiete zum Schutz des Oberflächengewässers Ackerflächen mit geringem Nitratabbaupotenzial und hohem Anteil des Direktabflusses am Gesamtabfluss identifiziert worden.

(3) Betriebe können mit der gesamten Betriebsfläche an den Freiwilligen Maßnahmen zum Gewässerschutz teilnehmen, wenn 25 % ihrer Betriebsfläche in der Zielkulisse liegen.

### § 7 Entgelt

(1) Für die Bereitstellung von **Betriebsdaten** für das Erntejahr 2008 werden **50,00 €** sowie zusätzlich **8,25 €** für jeden bewirtschafteten **Schlag** für das Jahr 2009 gezahlt. Die Berechnung des Entgeltes erfolgt in der Anlage 2.

(2) Das zusätzliche Entgelt für durchgeführte Maßnahmen (§ 5 Absatz 3) ist in dem jeweiligen Maßnahmenblatt aufgeführt.

(3) Der jährliche Zuwendungsbetrag der neu beantragten Maßnahme muss je Zuwendungsempfängerin oder Zuwendungsempfänger grundsätzlich über 500 € liegen (Bagatellgrenze).

(4) Die Auszahlung erfolgt bis zum 31.12.2009 durch Landesmittel.

### § 8 Fristen



**Der Vertrag mit allen Anlagen ist bis zum 15.05. mit den Maßnahmenblättern der ausgewählten Maßnahmen zum Gewässerschutz beim NLWKN einzureichen.** Die zu den Maßnahmen gehörenden Nachweise sind zu den in den Zuwendungsbestimmungen genannten Terminen abzugeben.

### **§ 9 Pflichten und Erklärungen des Bewirtschafters**

- (1) Der Bewirtschafter verpflichtet sich die **Bedingungen zur Gewährung der Zuwendungen** (entsprechendes Maßnahmenblatt) der gewählten Fördermaßnahme und die jeweiligen Auflagen für die Dauer des Bewilligungszeitraumes einzuhalten.
- (2) Der Betrieb wird während der Vertragslaufzeit **selbst bewirtschaftet**.
- (3) Eine **Überprüfung** der beantragten Maßnahmen durch die Bewilligungs- und Aufsichtsbehörde (NLWKN) und den Landesrechnungshof wird zugelassen und deren Beauftragten wird auf Verlangen Einblick in die entsprechenden Unterlagen gewährt. Zum Zweck der Evaluierung der jeweiligen Fördermaßnahme werden vom Bewirtschafter die erforderlichen Auskünfte erteilt sowie ein Betretungsrecht für alle Betriebsflächen und Betriebsräume eingeräumt.
- (4) Jede **Abweichung vom Antrag bzw. von den Zuwendungsvoraussetzungen**, insbesondere jede Nutzungsänderung, jede Änderung der Größe der bewirtschafteten Flächen und den Wechsel der Nutzungsberechtigten während der Vertragslaufzeit werden der Bewilligungsbehörde (NLWKN) unverzüglich mitgeteilt.
- (5) Dem Bewirtschafter sind die einzuhaltenden **Bedingungen der beantragten Maßnahme(n)** bekannt.
- (6) Der Bewirtschafter erklärt, dass die **Teilnahme** an den beantragten Maßnahmen **freiwillig** erfolgt.
- (7) Für die Antragsflächen kann der Bewirtschafter **Nachweise**, aus denen Grenzen, die Lage und die Größe hervorgehen, vorlegen.
- (8) Das **Nutzungsrecht** für die angegebenen Flächen kann nachgewiesen werden.
- (9) Der Bewirtschafter nimmt **keine anderen öffentlichen Mittel oder Vergünstigungen** für vergleichbare Leistungen oder Bedingungen in Anspruch (Anlage 3).
- (10) Betriebe, denen eine **Ausnahme von der Ausbringungsobergrenze von 170 kg N pro ha und Jahr** nach § 4 Abs. 4 der Düngverordnung i.V.m der Entscheidung der Europäischen Kommission 2006/1013/EG vom 22.12.2006 (ABL.EG Nr. L382, S.1) erteilt worden ist, sind von der Förderung der Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdünger auf Acker- und Grünland mit besonders umweltfreundlichen Ausbringungsverfahren **ausgeschlossen**.
- (11) **Im gesamten landwirtschaftlichen Betrieb werden** gemäß Art. 51 Abs. 1 der VO (EG) Nr. 1698/2005 in Verbindung mit den VO (EG) Nr. 1974/2006 und VO(EG) Nr. 1975/2006 die einschlägigen obligatorischen Grundanforderungen der Art. 4 und 5 sowie Anhänge III und IV der VO (EG) Nr. 1782/2003 (anderweitige Verpflichtungen/Cross Compliance), **die Grundanforderungen für die Anwendung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln sowie ggf. die entsprechenden nationalen Bestimmungen, die die vorstehenden Grundanforderungen konkretisieren oder umsetzen, eingehalten**. Bei festgestellten Verstößen werden die Zahlungen entsprechend gekürzt oder es wird keinerlei Zahlung geleistet. Die Höhe der ggf. anzuwendenden Sanktionen ist unabhängig davon, ob und ggf. in welcher Höhe ein Bußgeld verhängt wird und ob das Bußgeldverfahren abgeschlossen ist.
- (12) Dem Bewirtschafter ist bekannt, dass die Angaben in diesem Antrag nebst Anlagen (insbesondere die Angaben, von denen die Bewilligung oder Gewährung, das Belassen oder die Rückforderung der Zuwendung abhängig sind) **subventionserhebliche Tatsachen** i.S.



des § 264 des Strafgesetzbuches (Subventionsbetrug) sind, und dass er nach § 1 des Nds. Subventionsgesetzes vom 22.06.1977 i.V.m. § 3 des Subventionsgesetzes vom 29.07.1976 verpflichtet ist, der bewilligenden Stelle unverzüglich die Tatsache mitzuteilen, die der Bewilligung, Weitergewährung, Inanspruchnahme oder dem Belassen der Zuwendung entgegenstehen oder für die Rückforderung der Zuwendung erheblich sind. Die Nichteinhaltung kann strafrechtlich verfolgt werden.

### **§ 10 Kündigung**

Beide Vertragsparteien sind berechtigt, die Vereinbarung fristlos zu kündigen, wenn die Leistungen nach § 4 oder § 5 nicht oder unvollständig erbracht werden.

Der Bewirtschafter ist berechtigt, bei Betriebsaufgabe oder Bewirtschafterwechsel des Betriebes die Vereinbarung vorzeitig zu kündigen. Die Kündigung bedarf der Schriftform.

### **§ 11 Rückzahlung**

(1) Das Entgelt ist mit Zinsen (5 % über dem jeweils gültigen Basiszinssatz nach § 247 Abs. 1 des Bürgerlichen Gesetzbuches) zurückzuzahlen, wenn die Bewirtschaftungsauflagen oder die Verpflichtungen nach § 5 nicht eingehalten werden.

(2) Im Falle einer vorzeitigen Kündigung ist das gemäß § 7 gezahlte Entgelt anteilig und unverzüglich in einer Summe zurückzuzahlen. Bei festgestellten Abweichungen zwischen den beantragten und den tatsächlich festgestellten Flächen/Mengen können neben Rückforderungen auch Sanktionen nach Verordnung (EG) Nr. 1975 Nr. 1975/2006 verhängt werden. Das gleiche gilt für die Nichteinhaltung von Verpflichtungen.

### **§ 12 Sonstiges**

(1) Der Bewirtschafter erklärt, dass die in dieser Vereinbarung sowie in den dazugehörigen Anlagen gemachten Angaben richtig und vollständig sind.

(2) Der Bewirtschafter erklärt sich einverstanden, dass anonymisierte betriebliche Daten, die durch den Bewirtschafter gemeinsam mit dem Berater im Rahmen des Projektes erhoben wurden, ausgewertet und an Projektpartner weitergegeben werden. Auswertungen erfolgen unter Wahrung der Vertraulichkeit. Darstellungen der Auswertungsergebnisse erfolgen in anonymisierter Form und ausschließlich im Zusammenhang mit der Projektbearbeitung.

(3) Der Bewirtschafter erklärt, dass er mit einer Speicherung der in dieser Vereinbarung sowie in den dazugehörigen Anlagen gemachten Angaben in einer elektronischen Datenbank einverstanden ist.

(4) Der Bewirtschafter erklärt sich mit dem Abgleich der Angaben in dieser Vereinbarung mit denen eventuell gestellter Anträge auf Agrarförderung einverstanden.

(5) Zum Zweck der Kontrolle der Förderberechtigung erklärt sich der Bewirtschafter mit einem Datenabgleich mit anderen Datenbanken einverstanden.

**NLWKN**

**Bewirtschafter**

.....  
Ort, Datum

.....  
Ort, Datum

.....  
(rechtsverbindliche Unterschrift)

.....  
(rechtsverbindliche Unterschrift)

**Anlage 1 Fördermaßnahmen des WAgriCo2- Projektes im Jahre 2009**



### **Frühjahresmaßnahmen:**

- **H7:** Ausbringung von flüssigem Wirtschaftsdünger auf Acker- und Grünland mit umweltfreundlichen Ausbringungsverfahren, Ergänzung mit der zeitlichen Beschränkung der Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger im Herbst möglich

**Abschluss der Maßnahme ist im Pilotgebiet Große Aue und Lager Hase möglich.**

---

- **H9:** Einsatz einer Flüssigdüngereinjektionsradmaschine zur ammoniumbetonten Düngung (Cultan-Verfahren) in Getreide (nur im PG Ilmenau Jeetzel)

**Die Maßnahme H 9 kann nur im Pilotgebiet Ilmenau Jeetzel abgeschlossen werden.**

---

### **Herbstmaßnahmen:**

- Begrünung von Ackerflächen durch Anbau von Zwischenfrüchten, Winterrübsen, Stehenlassen des Ausfallrapses sowie Bearbeitungsverzicht nach Mais:
  - **H1:** Anbau von Zwischenfrucht (winterhart)
  - **H2:** Zwischenfrucht Standard
  - **H12:** Winterrübsen vor Wintergetreide
  - **H13:** Ausfallraps
  - **H5:** Bodenbearbeitungsverzicht nach Mais bei nachfolgendem Anbau einer Sommerung

**Abschluss der Maßnahmen ist im Pilotgebiet Große Aue und Lager Hase möglich.**

**Hinweis: Die Beantragung aller Maßnahmen erfolgt mit den jeweiligen Maßnahmenblättern.**





### Anlage 3 Besondere Erklärung zu weiteren Fördermaßnahmen

a) weitere Förderprogramme

Ich/wir nehme(n) an flächenbezogenen Förderprogrammen teil, die in der Anlage 2 zum Sammelantrag Agrarförderung und Agrarumweltmaßnahmen enthalten sind, bzw. die nicht in oben genannten Abschnitt als Fördermaßnahmen genannt sind.

Nein

Ja, an folgenden (Kurzbeschreibung der Maßnahme, ggf. Vertrag beifügen):

Agrarumweltmaßnahmen:

---

---

Förderprogramme Trinkwasserschutz:

---

---

Sonstige Förderprogramme:

---

b) Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen

Ich/Wir beantrage(n) mit diesem Antrag Flächen, auf denen Auflagen aufgrund von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen nach Naturschutzgesetz einzuhalten sind (Kompensationsflächen):

Nein

Ja, folgende:

(Angaben aus GFN)

Lfd.Nr.	FLIK	Schlag	Größe in ha	Auflagen

---

Ort/Datum

Unterschrift des/der Antragsteller/s/in



**Vertrag im Rahmen des WAgriCo2-Projektes für Maßnahmen  
zum Schutz der Gewässer und des Wasserhaushaltes  
im Pilotgebiet „Ilmenau Jeetzel“  
AZ: 62004/3110/04**

zwischen dem Land Niedersachsen, vertreten durch den Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), Betriebsstelle Lüneburg, A. Kolping-Str. 14, 21337 Lüneburg, Tel.: 04131-8545-201, nachstehend NLWKN genannt,

und

Name, Vorname		Telefon
Ortsteil, Straße, Haus-Nr.		Telefax
PLZ	Wohnort	E-mail:
Konto-Nr.	Bankleitzahl	Kreditinstitut
Betriebsnummer:		

nachstehend Bewirtschafter genannt.

### § 1 Zweck

Die Vereinbarung dient dazu, die gewässerschutzorientierte Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Nutzflächen im Pilotgebiet „Ilmenau Jeetzel“ zu fördern.

### § 2 Gegenstand der Vereinbarung

Gegenstand der Vereinbarung sind Leistungen eines im Rahmen des WAgriCo2-Projektes zur Verfügung gestellten landwirtschaftlichen Fachberaters der Landwirtschaftskammer Niedersachsen (LWK) für den Bewirtschafter nach § 4 (Beratungsleistungen) sowie Leistungen des Bewirtschafters für den Gewässerschutz nach § 5. Näheres regeln die Vertragsanlagen, in denen die Maßnahmen einschließlich der Bewirtschaftungsbedingungen und die einbezogenen Flächen benannt werden. Die Anlagen sind Bestandteil des Vertrages.

### § 3 Dauer der Vereinbarung

Die Vereinbarung gilt grundsätzlich vom Vertragsbeginn **bis zum 31.12.2009**.

### § 4 Beratungsleistung für den Bewirtschafter

Folgende kostenfreie Leistungen werden durch einen im Rahmen des WAgriCo2-Projektes zur Verfügung gestellten landwirtschaftlichen Fachberaters der LWK erbracht falls vom Bewirtschafter gewünscht:

- (1) In Zusammenarbeit mit dem Bewirtschafter werden betriebliche Nährstoffbilanzen (Hof- und Feldstallbilanzen) für das Erntejahr 2008 bereitgestellt. Diese sind so aufbereitet und fristgemäß erstellt, dass die Vorgaben der Düngeverordnung erfüllt sind.
- (2) Es werden gesamtbetriebliche Düngeplanungen für das Erntejahr 2009 für die Nährstoffe Stickstoff, Phosphor, Kalium und Magnesium zur Verfügung gestellt und nach Bedarf eine Frühjahrs-N<sub>min</sub> Beprobung durchgeführt.
- (3) Für alle betrieblich anfallenden Wirtschaftsdüngerarten kann eine Nährstoffanalyse durchgeführt werden.



- (4) Es wird eine betriebswirtschaftliche Analyse der Maßnahmen zum Gewässerschutz, zu deren Umsetzung sich der Bewirtschafter vertraglich (s. Anlage) verpflichtet hat, zur Verfügung gestellt.
- (5) Soweit erforderlich, werden für die notwendigen betrieblichen Aufzeichnungen geeignete Vordrucke zur Verfügung gestellt.

### § 5 Leistungen des Bewirtschafters

- (1) Der Bewirtschafter stellt dem im Rahmen des WAgriCo2-Projektes benannten landwirtschaftlichen Fachberater der LWK nach Möglichkeit für das Erntejahr 2008 alle notwendigen Daten für die Erstellung von Hof- und Feldstallbilanzen zur Verfügung.
- (2) Der Bewirtschafter erstellt für alle landwirtschaftlich bewirtschafteten Flächen des Betriebes einzelschlagbezogene Aufzeichnungen (Flächendaten, Bodenuntersuchungsergebnisse für Phosphor, Kalium und Magnesium, Fruchtart/Nutzung, Düngung, Pflanzenschutz, Erte-daten). Diese Aufzeichnungen werden zwecks Berechnung von schlagbezogenen Stickstoffbilanzen (Nährstoffzufuhr minus Nährstoffabfuhr), Aufstellung einer Düngplanung und betriebswirtschaftlicher Analyse dem Fachberater zur Verfügung gestellt.
- (3) Der Bewirtschafter nimmt möglichst im Rahmen des WAgriCo2-Projektes an ausgewählten Maßnahmen zum Gewässerschutz teil (Anlage 1). Es besteht dann die Verpflichtung, die Zuwendungsbestimmungen der jeweiligen Maßnahme entsprechend des jeweiligen Maßnahmenblattes einzuhalten.
- (4) Als Flächenübersicht sind die Anlage 2, in der die bewirtschafteten Schläge eingetragen werden und Kopien des Gesamtflächen- und Nutzungsnachweises zum Sammelantrag EU-Agrarförderung beim NLWKN einzureichen. Falls dem Bewirtschafter keine entsprechenden Unterlagen vorliegen, sind stattdessen in den gewählten Maßnahmen die Flurstücksbezeichnungen einzutragen.

### § 6 Zielkulisse für freiwillige Maßnahmen zum Gewässerschutz

- (1) Als Zielkulisse für den Abschluss freiwilliger Maßnahmen zum Gewässerschutz wird die Zielkulisse zum Grundwasserschutz nach WRRL herangezogen. Als Grundlage für die Ermittlung der Zielflächen dient das Bewertungsverfahren nach WRRL, wobei u. a. Messwerte im Grundwasser und Modellberechnungen zu Nitratkonzentrationen im Sickerwasser Berücksichtigung finden.
- (2) Über die Zielflächen des Grundwasserschutzes hinaus können freiwillige Maßnahmen auch auf Flächen der Zielgebiete für den Oberflächengewässerschutz abgeschlossen werden. Im Projekt WAgriCo sind als Zielgebiete zum Schutz des Oberflächengewässers Ackerflächen mit geringem Nitratabbaupotenzial und hohem Anteil des Direktabflusses am Gesamtabfluss identifiziert worden.
- (3) Betriebe können mit der gesamten Betriebsfläche an den Freiwilligen Maßnahmen zum Gewässerschutz teilnehmen, wenn 25 % ihrer Betriebsfläche in der Zielkulisse liegen.

### § 7 Entgelt

- (1) Für die Bereitstellung von **Betriebsdaten** für das Erntejahr 2008 werden **50,00 €** sowie zusätzlich **8,25 €** für jeden bewirtschafteten **Schlag** für das Jahr 2009 gezahlt. Die Berechnung des Entgeltes erfolgt in der Anlage 2.
- (2) Das zusätzliche Entgelt für durchgeführte Maßnahmen (§ 5 Absatz 3) ist in dem jeweiligen Maßnahmenblatt aufgeführt.
- (4) Die Auszahlung erfolgt bis zum 31.12.2009 durch Landesmittel.

### § 8 Fristen



**Der Vertrag mit allen Anlagen ist bis zum 15.05. mit den Maßnahmenblättern der ausgewählten Maßnahmen zum Gewässerschutz beim NLWKN einzureichen.** Die zu den Maßnahmen gehörenden Nachweise sind zu den in den Zuwendungsbestimmungen genannten Terminen abzugeben.

### **§ 9 Pflichten und Erklärungen des Bewirtschafters**

- (1) Der Bewirtschafter verpflichtet sich die **Bedingungen zur Gewährung der Zuwendungen** (entsprechendes Maßnahmenblatt) der gewählten Fördermaßnahme und die jeweiligen Auflagen für die Dauer des Bewilligungszeitraumes einzuhalten.
- (2) Der Betrieb wird während der Vertragslaufzeit **selbst bewirtschaftet**.
- (3) Eine **Überprüfung** der beantragten Maßnahmen durch die Bewilligungs- und Aufsichtsbehörde (NLWKN) und den Landesrechnungshof wird zugelassen und deren Beauftragten wird auf Verlangen Einblick in die entsprechenden Unterlagen gewährt. Zum Zweck der Evaluierung der jeweiligen Fördermaßnahme werden vom Bewirtschafter die erforderlichen Auskünfte erteilt sowie ein Betretungsrecht für alle Betriebsflächen und Betriebsräume eingeräumt.
- (4) Jede **Abweichung vom Antrag bzw. von den Zuwendungsvoraussetzungen**, insbesondere jede Nutzungsänderung, jede Änderung der Größe der bewirtschafteten Flächen und den Wechsel der Nutzungsberechtigten während der Vertragslaufzeit werden der Bewilligungsbehörde (NLWKN) unverzüglich mitgeteilt.
- (5) Dem Bewirtschafter sind die einzuhaltenden **Bedingungen der beantragten Maßnahme(n)** bekannt.
- (6) Der Bewirtschafter erklärt, dass die **Teilnahme** an den beantragten Maßnahmen **freiwillig** erfolgt.
- (7) Für die Antragsflächen kann der Bewirtschafter **Nachweise**, aus denen Grenzen, die Lage und die Größe hervorgehen, vorlegen.
- (8) Das **Nutzungsrecht** für die angegebenen Flächen kann nachgewiesen werden.
- (9) Der Bewirtschafter nimmt **keine anderen öffentlichen Mittel oder Vergünstigungen** für vergleichbare Leistungen oder Bedingungen in Anspruch (Anlage 3).
- (10) Betriebe, denen eine **Ausnahme von der Ausbringungsobergrenze von 170 kg N pro ha und Jahr** nach § 4 Abs. 4 der Düngeverordnung i.V.m der Entscheidung der Europäischen Kommission 2006/1013/EG vom 22.12.2006 (ABL.EG Nr. L382, S.1) erteilt worden ist, sind von der Förderung der Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdünger auf Acker- und Grünland mit besonders umweltfreundlichen Ausbringungsverfahren **ausgeschlossen**.
- (11) **Im gesamten landwirtschaftlichen Betrieb werden** gemäß Art. 51 Abs. 1 der VO (EG) Nr. 1698/2005 in Verbindung mit den VO (EG) Nr. 1974/2006 und VO(EG) Nr. 1975/2006 die einschlägigen obligatorischen Grundanforderungen der Art. 4 und 5 sowie Anhänge III und IV der VO (EG) Nr. 1782/2003 (anderweitige Verpflichtungen/Cross Compliance), **die Grundanforderungen für die Anwendung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln sowie ggf. die entsprechenden nationalen Bestimmungen, die die vorstehenden Grundanforderungen konkretisieren oder umsetzen, eingehalten**. Bei festgestellten Verstößen werden die Zahlungen entsprechend gekürzt oder es wird keinerlei Zahlung geleistet. Die Höhe der ggf. anzuwendenden Sanktionen ist unabhängig davon, ob und ggf. in welcher Höhe ein Bußgeld verhängt wird und ob das Bußgeldverfahren abgeschlossen ist.
- (12) Dem Bewirtschafter ist bekannt, dass die Angaben in diesem Antrag nebst Anlagen (insbesondere die Angaben, von denen die Bewilligung oder Gewährung, das Belassen oder die Rückforderung der Zuwendung abhängig sind) **subventionserhebliche Tatsachen** i.S.



des § 264 des Strafgesetzbuches (Subventionsbetrug) sind, und dass er nach § 1 des Nds. Subventionsgesetzes vom 22.06.1977 i.V.m. § 3 des Subventionsgesetzes vom 29.07.1976 verpflichtet ist, der bewilligenden Stelle unverzüglich die Tatsache mitzuteilen, die der Bewilligung, Weitergewährung, Inanspruchnahme oder dem Belassen der Zuwendung entgegenstehen oder für die Rückforderung der Zuwendung erheblich sind. Die Nichteinhaltung kann strafrechtlich verfolgt werden.

### **§ 10 Kündigung**

Beide Vertragsparteien sind berechtigt, die Vereinbarung fristlos zu kündigen, wenn die Leistungen nach § 4 oder § 5 nicht oder unvollständig erbracht werden.

Der Bewirtschafter ist berechtigt, bei Betriebsaufgabe oder Bewirtschafterwechsel des Betriebes die Vereinbarung vorzeitig zu kündigen. Die Kündigung bedarf der Schriftform.

### **§ 11 Rückzahlung**

(1) Das Entgelt ist mit Zinsen (5 % über dem jeweils gültigen Basiszinssatz nach § 247 Abs. 1 des Bürgerlichen Gesetzbuches) zurückzuzahlen, wenn die Bewirtschaftungsauflagen oder die Verpflichtungen nach § 5 nicht eingehalten werden.

(2) Im Falle einer vorzeitigen Kündigung ist das gemäß § 7 gezahlte Entgelt anteilig und unverzüglich in einer Summe zurückzuzahlen. Bei festgestellten Abweichungen zwischen den beantragten und den tatsächlich festgestellten Flächen/Mengen können neben Rückforderungen auch Sanktionen nach Verordnung (EG) Nr. 1975 Nr. 1975/2006 verhängt werden. Das gleiche gilt für die Nichteinhaltung von Verpflichtungen.

### **§ 12 Sonstiges**

(1) Der Bewirtschafter erklärt, dass die in dieser Vereinbarung sowie in den dazugehörigen Anlagen gemachten Angaben richtig und vollständig sind.

(2) Der Bewirtschafter erklärt sich einverstanden, dass anonymisierte betriebliche Daten, die durch den Bewirtschafter gemeinsam mit dem Berater im Rahmen des Projektes erhoben wurden, ausgewertet und an Projektpartner weitergegeben werden. Auswertungen erfolgen unter Wahrung der Vertraulichkeit. Darstellungen der Auswertungsergebnisse erfolgen in anonymisierter Form und ausschließlich im Zusammenhang mit der Projektbearbeitung.

(3) Der Bewirtschafter erklärt, dass er mit einer Speicherung der in dieser Vereinbarung sowie in den dazugehörigen Anlagen gemachten Angaben in einer elektronischen Datenbank einverstanden ist.

(4) Der Bewirtschafter erklärt sich mit dem Abgleich der Angaben in dieser Vereinbarung mit denen eventuell gestellter Anträge auf Agrarförderung einverstanden.

(5) Zum Zweck der Kontrolle der Förderberechtigung erklärt sich der Bewirtschafter mit einem Datenabgleich mit anderen Datenbanken einverstanden.

**NLWKN**

**Bewirtschafter**

.....  
Ort, Datum

.....  
Ort, Datum

.....  
(rechtsverbindliche Unterschrift)

.....  
(rechtsverbindliche Unterschrift)

**Anlage 1 Fördermaßnahmen des WAgriCo2- Projektes im Jahre 2009**



### **Frühjahresmaßnahmen:**

- **H7:** Ausbringung von flüssigem Wirtschaftsdünger auf Acker- und Grünland mit umweltfreundlichen Ausbringungsverfahren, Ergänzung mit der zeitlichen Beschränkung der Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger im Herbst möglich

**Abschluss der Maßnahme ist im Pilotgebiet Große Aue und Lager Hase möglich.**

---

- **H9:** Einsatz einer Flüssigdüngerinjektionsradmaschine zur ammoniumbetonten Düngung (Cultan-Verfahren) in Getreide (nur im PG Ilmenau Jeetzel)

**Die Maßnahme H 9 kann nur im Pilotgebiet Ilmenau Jeetzel abgeschlossen werden.**

---

### **Herbstmaßnahmen:**

- Begrünung von Ackerflächen durch Anbau von Zwischenfrüchten, Winterrübsen, Stehenlassen des Ausfallrapses sowie Bearbeitungsverzicht nach Mais:
  - **H1:** Anbau von Zwischenfrucht (winterhart)
  - **H2:** Zwischenfrucht Standard
  - **H12:** Winterrübsen vor Wintergetreide
  - **H13:** Ausfallraps
  - **H5:** Bodenbearbeitungsverzicht nach Mais bei nachfolgendem Anbau einer Sommerung

**Abschluss der Maßnahmen ist im Pilotgebiet Große Aue und Lager Hase möglich.**

**Hinweis: Die Beantragung aller Maßnahmen erfolgt mit den jeweiligen Maßnahmenblättern.**





### Anlage 3 Besondere Erklärung zu weiteren Fördermaßnahmen

a) weitere Förderprogramme

Ich/wir nehme(n) an flächenbezogenen Förderprogrammen teil, die in der Anlage 2 zum Sammelantrag Agrarförderung und Agrarumweltmaßnahmen enthalten sind, bzw. die nicht in oben genannten Abschnitt als Fördermaßnahmen genannt sind.

Nein

Ja, an folgenden (Kurzbeschreibung der Maßnahme, ggf. Vertrag beifügen):

Agrarumweltmaßnahmen:

---

---

Förderprogramme Trinkwasserschutz:

---

---

Sonstige Förderprogramme:

---

b) Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen

Ich/Wir beantrage(n) mit diesem Antrag Flächen, auf denen Auflagen aufgrund von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen nach Naturschutzgesetz einzuhalten sind (Kompensationsflächen):

Nein

Ja, folgende:

(Angaben aus GFN)

Lfd.Nr.	FLIK	Schlag	Größe in ha	Auflagen

---

Ort/Datum

Unterschrift des/der Antragsteller/s/in



**Vertrag im Rahmen des WAgriCo2-Projektes für Maßnahmen  
zum Schutz der Gewässer und des Wasserhaushaltes  
im Pilotgebiet „Lager Hase“  
AZ: 62004/3110/04**

zwischen dem Land Niedersachsen, vertreten durch den Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), Betriebsstelle Cloppenburg, Drüdingstraße 25, 49661 Cloppenburg, Tel.: 04471-886-134, nachstehend NLWKN genannt,

und

Name, Vorname		Telefon
Ortsteil, Straße, Haus-Nr.		Telefax
PLZ	Wohnort	E-mail:
Konto-Nr.	Bankleitzahl	Kreditinstitut
Betriebsnummer:		

nachstehend Bewirtschafter genannt.

### § 1 Zweck

Die Vereinbarung dient dazu, die gewässerschutzorientierte Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Nutzflächen im Pilotgebiet „Lager Hase“ zu fördern.

### § 2 Gegenstand der Vereinbarung

Gegenstand der Vereinbarung sind Leistungen eines im Rahmen des WAgriCo2-Projektes zur Verfügung gestellten landwirtschaftlichen Fachberaters der Landwirtschaftskammer Niedersachsen (LWK) für den Bewirtschafter nach § 4 (Beratungsleistungen) sowie Leistungen des Bewirtschafters für den Gewässerschutz nach § 5. Näheres regeln die Vertragsanlagen, in denen die Maßnahmen einschließlich der Bewirtschaftungsbedingungen und die einbezogenen Flächen benannt werden. Die Anlagen sind Bestandteil des Vertrages.

### § 3 Dauer der Vereinbarung

Die Vereinbarung gilt grundsätzlich vom Vertragsbeginn **bis zum 31.12.2009**.

### § 4 Beratungsleistung für den Bewirtschafter

Folgende kostenfreie Leistungen werden durch einen im Rahmen des WAgriCo2-Projektes zur Verfügung gestellten landwirtschaftlichen Fachberaters der LWK erbracht falls vom Bewirtschafter gewünscht:

- (1) In Zusammenarbeit mit dem Bewirtschafter werden betriebliche Nährstoffbilanzen (Hof- und Feldstallbilanzen) für das Erntejahr 2008 bereitgestellt. Diese sind so aufbereitet und fristgemäß erstellt, dass die Vorgaben der Düngeverordnung erfüllt sind.
- (2) Es werden gesamtbetriebliche Düngeplanungen für das Erntejahr 2009 für die Nährstoffe Stickstoff, Phosphor, Kalium und Magnesium zur Verfügung gestellt und nach Bedarf eine Frühjahrs-N<sub>min</sub> Beprobung durchgeführt.



- (3) Für alle betrieblich anfallenden Wirtschaftsdüngerarten kann eine Nährstoffanalyse durchgeführt werden.
- (4) Es wird eine betriebswirtschaftliche Analyse der Maßnahmen zum Gewässerschutz, zu deren Umsetzung sich der Bewirtschafter vertraglich (s. Anlage) verpflichtet hat, zur Verfügung gestellt.
- (5) Soweit erforderlich, werden für die notwendigen betrieblichen Aufzeichnungen geeignete Vordrucke zur Verfügung gestellt.

### **§ 5 Leistungen des Bewirtschafters**

- (1) Der Bewirtschafter stellt dem im Rahmen des WAgriCo2-Projektes benannten landwirtschaftlichen Fachberater der LWK nach Möglichkeit für das Erntejahr 2008 alle notwendigen Daten für die Erstellung von Hof- und Feldstallbilanzen zur Verfügung.
- (2) Der Bewirtschafter erstellt für alle landwirtschaftlich bewirtschafteten Flächen des Betriebes einzelschlagbezogene Aufzeichnungen (Flächendaten, Bodenuntersuchungsergebnisse für Phosphor, Kalium und Magnesium, Fruchtart/Nutzung, Düngung, Pflanzenschutz, Erntedaten). Diese Aufzeichnungen werden zwecks Berechnung von schlagbezogenen Stickstoffbilanzen (Nährstoffzufuhr minus Nährstoffabfuhr), Aufstellung einer Düngeplanung und betriebswirtschaftlicher Analyse dem Fachberater zur Verfügung gestellt.
- (3) Der Bewirtschafter nimmt möglichst im Rahmen des WAgriCo2-Projektes an ausgewählten Maßnahmen zum Gewässerschutz teil (Anlage 1). Es besteht dann die Verpflichtung, die Zuwendungsbestimmungen der jeweiligen Maßnahme entsprechend des jeweiligen Maßnahmenblattes einzuhalten.
- (4) Als Flächenübersicht sind die Anlage 2, in der die bewirtschafteten Schläge eingetragen werden und Kopien des Gesamtflächen- und Nutzungsnachweises zum Sammelantrag EU-Agrarförderung beim NLWKN einzureichen. Falls dem Bewirtschafter keine entsprechenden Unterlagen vorliegen, sind stattdessen in den gewählten Maßnahmen die Flurstücksbezeichnungen einzutragen.

### **§ 6 Zielkulisse für freiwillige Maßnahmen zum Gewässerschutz**

- (1) Als Zielkulisse für den Abschluss freiwilliger Maßnahmen zum Gewässerschutz wird die Zielkulisse zum Grundwasserschutz nach WRRL herangezogen. Als Grundlage für die Ermittlung der Zielflächen dient das Bewertungsverfahren nach WRRL, wobei u. a. Messwerte im Grundwasser und Modellberechnungen zu Nitratkonzentrationen im Sickerwasser Berücksichtigung finden.
- (2) Über die Zielflächen des Grundwasserschutzes hinaus können freiwillige Maßnahmen auch auf Flächen der Zielgebiete für den Oberflächengewässerschutz abgeschlossen werden. Im Projekt WAgriCo sind als Zielgebiete zum Schutz des Oberflächengewässers Ackerflächen mit geringem Nitratabbaupotenzial und hohem Anteil des Direktabflusses am Gesamtabfluss identifiziert worden.
- (3) Betriebe können mit der gesamten Betriebsfläche an den Freiwilligen Maßnahmen zum Gewässerschutz teilnehmen, wenn 25 % ihrer Betriebsfläche in der Zielkulisse liegen.

### **§ 7 Entgelt**

- (1) Für die Bereitstellung von **Betriebsdaten** für das Erntejahr 2008 werden **50,00 €** sowie zusätzlich **8,25 €** für jeden bewirtschafteten **Schlag** für das Jahr 2009 gezahlt. Die Berechnung des Entgeltes erfolgt in der Anlage 2.
- (2) Das zusätzliche Entgelt für durchgeführte Maßnahmen (§ 5 Absatz 3) ist in dem jeweiligen Maßnahmenblatt aufgeführt.
- (3) Der jährliche Zuwendungsbetrag der neu beantragten Maßnahme muss je Zuwendungsempfängerin oder Zuwendungsempfänger grundsätzlich über 500 € liegen (Bagatellgrenze).
- (4) Die Auszahlung erfolgt bis zum 31.12.2009 durch Landesmittel.



## § 8 Fristen

**Der Vertrag mit allen Anlagen ist bis zum 15.05. mit den Maßnahmenblättern der ausgewählten Maßnahmen zum Gewässerschutz beim NLWKN einzureichen.** Die zu den Maßnahmen gehörenden Nachweise sind zu den in den Zuwendungsbestimmungen genannten Terminen abzugeben.

## § 9 Pflichten und Erklärungen des Bewirtschafters

- (1) Der Bewirtschafter verpflichtet sich die **Bedingungen zur Gewährung der Zuwendungen** (entsprechendes Maßnahmenblatt) der gewählten Fördermaßnahme und die jeweiligen Auflagen für die Dauer des Bewilligungszeitraumes einzuhalten.
- (2) Der Betrieb wird während der Vertragslaufzeit **selbst bewirtschaftet**.
- (3) Eine **Überprüfung** der beantragten Maßnahmen durch die Bewilligungs- und Aufsichtsbehörde (NLWKN) und den Landesrechnungshof wird zugelassen und deren Beauftragten wird auf Verlangen Einblick in die entsprechenden Unterlagen gewährt. Zum Zweck der Evaluierung der jeweiligen Fördermaßnahme werden vom Bewirtschafter die erforderlichen Auskünfte erteilt sowie ein Betretungsrecht für alle Betriebsflächen und Betriebsräume eingeräumt.
- (4) Jede **Abweichung vom Antrag bzw. von den Zuwendungsvoraussetzungen**, insbesondere jede Nutzungsänderung, jede Änderung der Größe der bewirtschafteten Flächen und den Wechsel der Nutzungsberechtigten während der Vertragslaufzeit werden der Bewilligungsbehörde (NLWKN) unverzüglich mitgeteilt.
- (5) Dem Bewirtschafter sind die einzuhaltenden **Bedingungen der beantragten Maßnahme(n)** bekannt.
- (6) Der Bewirtschafter erklärt, dass die **Teilnahme** an den beantragten Maßnahmen **freiwillig** erfolgt.
- (7) Für die Antragsflächen kann der Bewirtschafter **Nachweise**, aus denen Grenzen, die Lage und die Größe hervorgehen, vorlegen.
- (8) Das **Nutzungsrecht** für die angegebenen Flächen kann nachgewiesen werden.
- (9) Der Bewirtschafter nimmt **keine anderen öffentlichen Mittel oder Vergünstigungen** für vergleichbare Leistungen oder Bedingungen in Anspruch (Anlage 3).
- (10) Betriebe, denen eine **Ausnahme von der Ausbringungsobergrenze von 170 kg N pro ha und Jahr** nach § 4 Abs. 4 der Düngverordnung i.V.m der Entscheidung der Europäischen Kommission 2006/1013/EG vom 22.12.2006 (ABL.EG Nr. L382, S.1) erteilt worden ist, sind von der Förderung der Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdünger auf Acker- und Grünland mit besonders umweltfreundlichen Ausbringungsverfahren **ausgeschlossen**.
- (11) **Im gesamten landwirtschaftlichen Betrieb werden** gemäß Art. 51 Abs. 1 der VO (EG) Nr. 1698/2005 in Verbindung mit den VO (EG) Nr. 1974/2006 und VO(EG) Nr. 1975/2006 die einschlägigen obligatorischen Grundanforderungen der Art. 4 und 5 sowie Anhänge III und IV der VO (EG) Nr. 1782/2003 (anderweitige Verpflichtungen/Cross Compliance), **die Grundanforderungen für die Anwendung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln sowie ggf. die entsprechenden nationalen Bestimmungen, die die vorstehenden Grundanforderungen konkretisieren oder umsetzen, eingehalten**. Bei festgestellten Verstößen werden die Zahlungen entsprechend gekürzt oder es wird keinerlei Zahlung geleistet. Die Höhe der ggf. anzuwendenden Sanktionen ist unabhängig davon, ob und ggf. in welcher Höhe ein Bußgeld verhängt wird und ob das Bußgeldverfahren abgeschlossen ist.
- (12) Dem Bewirtschafter ist bekannt, dass die Angaben in diesem Antrag nebst Anlagen (insbesondere die Angaben, von denen die Bewilligung oder Gewährung, das Belassen oder



die Rückforderung der Zuwendung abhängig sind) **subventionserhebliche Tatsachen** i.S. des § 264 des Strafgesetzbuches (Subventionsbetrug) sind, und dass er nach § 1 des Nds. Subventionsgesetzes vom 22.06.1977 i.V.m. § 3 des Subventionsgesetzes vom 29.07.1976 verpflichtet ist, der bewilligenden Stelle unverzüglich die Tatsache mitzuteilen, die der Bewilligung, Weitergewährung, Inanspruchnahme oder dem Belassen der Zuwendung entgegenstehen oder für die Rückforderung der Zuwendung erheblich sind. Die Nichteinhaltung kann strafrechtlich verfolgt werden.

### **§ 10 Kündigung**

Beide Vertragsparteien sind berechtigt, die Vereinbarung fristlos zu kündigen, wenn die Leistungen nach § 4 oder § 5 nicht oder unvollständig erbracht werden.

Der Bewirtschafter ist berechtigt, bei Betriebsaufgabe oder Bewirtschafterwechsel des Betriebes die Vereinbarung vorzeitig zu kündigen. Die Kündigung bedarf der Schriftform.

### **§ 11 Rückzahlung**

(1) Das Entgelt ist mit Zinsen (5 % über dem jeweils gültigen Basiszinssatz nach § 247 Abs. 1 des Bürgerlichen Gesetzbuches) zurückzuzahlen, wenn die Bewirtschaftungsauflagen oder die Verpflichtungen nach § 5 nicht eingehalten werden.

(2) Im Falle einer vorzeitigen Kündigung ist das gemäß § 7 gezahlte Entgelt anteilig und unverzüglich in einer Summe zurückzuzahlen. Bei festgestellten Abweichungen zwischen den beantragten und den tatsächlich festgestellten Flächen/Mengen können neben Rückforderungen auch Sanktionen nach Verordnung (EG) Nr. 1775/2006 verhängt werden. Das gleiche gilt für die Nichteinhaltung von Verpflichtungen.

### **§ 12 Sonstiges**

(1) Der Bewirtschafter erklärt, dass die in dieser Vereinbarung sowie in den dazugehörigen Anlagen gemachten Angaben richtig und vollständig sind.

(2) Der Bewirtschafter erklärt sich einverstanden, dass anonymisierte betriebliche Daten, die durch den Bewirtschafter gemeinsam mit dem Berater im Rahmen des Projektes erhoben wurden, ausgewertet und an Projektpartner weitergegeben werden. Auswertungen erfolgen unter Wahrung der Vertraulichkeit. Darstellungen der Auswertungsergebnisse erfolgen in anonymisierter Form und ausschließlich im Zusammenhang mit der Projektbearbeitung.

(3) Der Bewirtschafter erklärt, dass er mit einer Speicherung der in dieser Vereinbarung sowie in den dazugehörigen Anlagen gemachten Angaben in einer elektronischen Datenbank einverstanden ist.

(4) Der Bewirtschafter erklärt sich mit dem Abgleich der Angaben in dieser Vereinbarung mit denen eventuell gestellter Anträge auf Agrarförderung einverstanden.

(5) Zum Zweck der Kontrolle der Förderberechtigung erklärt sich der Bewirtschafter mit einem Datenabgleich mit anderen Datenbanken einverstanden.

**NLWKN**

**Bewirtschafter**

.....  
Ort, Datum

.....  
Ort, Datum

.....  
(rechtsverbindliche Unterschrift)

.....  
(rechtsverbindliche Unterschrift)



## **Anlage 1 Fördermaßnahmen des WAgriCo2- Projektes im Jahre 2009**

### **Frühjahresmaßnahmen:**

- **H7:** Ausbringung von flüssigem Wirtschaftsdünger auf Acker- und Grünland mit umweltfreundlichen Ausbringungsverfahren, Ergänzung mit der zeitlichen Beschränkung der Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger im Herbst möglich

**Abschluss der Maßnahme ist im Pilotgebiet Große Aue und Lager Hase möglich.**

---

- **H9:** Einsatz einer Flüssigdüngerinjektionsradmaschine zur ammoniumbetonten Düngung (Cultan-Verfahren) in Getreide (nur im PG Ilmenau Jeetzel)

**Die Maßnahme H 9 kann nur im Pilotgebiet Ilmenau Jeetzel abgeschlossen werden.**

---

### **Herbstmaßnahmen:**

- Begrünung von Ackerflächen durch Anbau von Zwischenfrüchten, Winterrübsen, Stehenlassen des Ausfallrapses sowie Bearbeitungsverzicht nach Mais:
  - **H1:** Anbau von Zwischenfrucht (winterhart)
  - **H2:** Zwischenfrucht Standard
  - **H12:** Winterrübsen vor Wintergetreide
  - **H13:** Ausfallraps
  - **H5:** Bodenbearbeitungsverzicht nach Mais bei nachfolgendem Anbau einer Sommerung

**Abschluss der Maßnahmen ist im Pilotgebiet Große Aue und Lager Hase möglich.**

**Hinweis: Die Beantragung aller Maßnahmen erfolgt mit den jeweiligen Maßnahmenblättern.**





### Anlage 3 Besondere Erklärung zu weiteren Fördermaßnahmen

a) weitere Förderprogramme

Ich/wir nehme(n) an flächenbezogenen Förderprogrammen teil, die in der Anlage 2 zum Sammelantrag Agrarförderung und Agrarumweltmaßnahmen enthalten sind, bzw. die nicht in oben genannten Abschnitt als Fördermaßnahmen genannt sind.

Nein

Ja, an folgenden (Kurzbeschreibung der Maßnahme, ggf. Vertrag beifügen):

Agrarumweltmaßnahmen:

---

---

Förderprogramme Trinkwasserschutz:

---

---

Sonstige Förderprogramme:

---

b) Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen

Ich/Wir beantrage(n) mit diesem Antrag Flächen, auf denen Auflagen aufgrund von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen nach Naturschutzgesetz einzuhalten sind (Kompensationsflächen):

Nein

Ja, folgende:

(Angaben aus GFN)

Lfd.Nr.	FLIK	Schlag	Größe in ha	Auflagen

---

Ort/Datum

Unterschrift des/der Antragsteller/s/in



## WAgriCo2 AZ:62004/3110/04 – Maßnahme H7 - 2009

Name, Vorname der Antragstellerin oder des Antragstellers		Betriebs-Nr. gem. EU-Agrarförderung (unbedingt angeben)	Meine Bankverbindung hat sich geändert: <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja, wie folgt:
Konto-Nr.	Bankleitzahl	Kreditinstitut	

### Ausbringung von flüssigem Wirtschaftsdünger auf Acker- und Grünland mit umweltfreundlichen Ausbringverfahren

- Ich beantrage/wir beantragen eine Zuwendung für die Maßnahme H7 „Ausbringung von flüssigem Wirtschaftsdünger auf Acker- und Grünland mit umweltfreundlichen Ausbringverfahren“ gemäß den Zuwendungsbestimmungen.

Die Anlage zur Berechnung der max. anfallenden Wirtschaftsdüngermenge mit Angaben zum Gülle produzierenden Viehbestand habe ich/ haben wir ausgefüllt und beigefügt.

Die **Mindest-Wirtschaftsdüngermenge**, die von mir/uns im Jahre 2009 mit Schleppschauchverfahren, Schleppschuhverteiler, Injektion oder Verschlauchung ausgebracht wird, lege ich/legen wir auf

\_\_\_\_\_,00 m<sup>3</sup> fest

Verringert sich der Gülleanfall im Verlauf des Vertragszeitraumes, werden die mit dieser Anlage beantragten Angaben entsprechend angepasst.

#### Zuwendungsbestimmungen:

##### Gegenstand der Förderung: H7

Gefördert wird die Ausbringung von auf dem Betrieb erzeugter Gülle über Maschinenring, Lohnunternehmer oder Eigenmechanisierung mit den umweltfreundlichen Ausbringtechniken Schleppschauch, Schleppschuh, Injektion und Verschlauchung.

Die zu erwartende **ökologische Wirksamkeit** der Ausbringung mit umweltfreundlichen Ausbringtechniken wird wie folgt eingeschätzt:

- Reduzierung des N-Saldo (Schlagbilanz) um 10 bis 40 kg N/ha
- Reduzierung des Herbst-Nmin-Wertes um 10 bis 30 kg N/ha

#### Entgelt:

Umweltfreundliche Ausbringtechniken:

**15 €** pro nachweislich **umweltfreundlich ausgebrachter Wirtschaftsdüngermenge** (entspricht Standardwirtschaftsdüngeranfall: Güllemenge/GVE, siehe Anlage zur Berechnung), **max. 30 €/ha**

- Ich verpflichte mich/wir verpflichten uns beim Abschluss der Maßnahme H7
  - die Ausbringung von auf dem Betrieb erzeugter Gülle mit den oben genannten Geräten vorzunehmen oder vom Maschinenring/Lohnunternehmer vornehmen zu lassen,
  - den Besitz einer entsprechenden umweltfreundlichen Ausbringtechnik auf Verlangen durch Belege nachzuweisen
  - den Einsatz eines Maschinenringes/Lohnunternehmers durch Belege nachzuweisen
  - jährlich mindestens eine Laboruntersuchung des flüssigen Wirtschaftsdüngers auf Gesamtstickstoff und Ammoniumstickstoffgehalt vornehmen zu lassen
  - einen Nährstoffvergleich des Vorjahres nach § 5 der Düngeverordnung bereitzuhalten
  - die Bestandsregister für Schweine, Schafe, Ziegen und Rinder nach der Verordnung zum Schutz gegen Verschleppung von Tierseuchen im Viehverkehr sowie für sonstige Nutztiere ordnungsgemäß zu führen.
  - Die gleichzeitige Förderung von weiterer besonders umweltfreundlichen Gülle-Ausbringverfahren auf einem Betrieb ist nicht möglich



- Die Antragstellerin oder der Antragsteller hat dem NLWKN bis zum **15. November** die Nachweise des Lohnunternehmers vorzulegen, durch den auf dem Betrieb erzeugte Gülle mit den oben genannten Geräten ausgebracht wurde.

#### **Erklärung zur Weidehaltung**

- Ich erkläre/wir erklären, dass keine Weidehaltung des Gülle produzierenden Bestandes erfolgt; bzw.
- Ich erkläre/wir erklären, dass ich/wir bei der Berechnung der selbst erzeugten Güllemenge die Weidehaltung bereits durch entsprechende Abzüge berücksichtigt habe/n.

#### **Erklärung zu weiteren Förderungen**

- Ich bestätige/wir bestätigen, dass ich/wir kein eigenes Güllefass mit umweltfreundlicher Ausbringtechnik besitze/besitzen.
- Ich besitze/wir besitzen ein eigenes Güllefass mit umweltfreundlicher Ausbringungstechnik. Ich bestätige, dass dieses Güllefass ohne Förderung der öffentlichen Hand gekauft wurde. Eine derartige investive Förderung würde zum Ausschluss aus der Maßnahme führen.

Hinweis: Die ausgebrachte Wirtschaftsdüngeremenge darf nicht größer sein als die auf dem Betrieb selbst erzeugte Güllemenge. Diese errechnet sich aus dem Standard-Wirtschaftsdüngeranfall einer Großvieheinheit (GVE) multipliziert mit den Gülle produzierenden Tierbeständen des Betriebes.

### **Kombinationsmöglichkeit mit der Einhaltung festgelegter Ausbringzeiten für flüssige Wirtschaftsdünger**

- Zusätzlich zur Maßnahme H7 beantrage ich/wir eine Zuwendung für die Einhaltung der zeitlichen Beschränkung der Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger nach den Zuwendungsbestimmungen.

#### **Die betriebliche LF ohne Brache beträgt im Jahr 2009:**

\_\_\_\_\_ ha

Verringert sich die LF im Verlauf des Vertragszeitraumes, werden die mit dieser Anlage beantragten Angaben entsprechend angepasst.

#### **Zuwendungsbestimmungen :**

**Gegenstand der Förderung:** Gefördert wird die Einhaltung der zeitlichen Beschränkung der Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger zur Vermeidung erhöhter N-Auswaschung im Winter

Die zu erwartende **ökologische Wirksamkeit** der zeitlichen Beschränkung der Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger wird wie folgt eingeschätzt:

- Reduzierung des N-Saldo (Schlagbilanz) um 10 bis 30kg N/ha
- Reduzierung des Herbst-Nmin Wertes um 10 bis 30 kg N/ha

#### **Entgelt:**

**10 €/ha LF (ohne Brache) bei zeitlicher Beschränkung der Wirtschaftsdüngerausbringung, max. 40 €/ha LF für Maßnahmenkombination**

- Ich verpflichte mich/wir verpflichten uns
- die Ausbringung des flüssigen Wirtschaftsdüngers nach der Ernte der Hauptfrucht nur zu Zwischenfrüchten und Raps bis zum 15.09 und zu Grünland bis zum 30.09. durchzuführen. Auf allen anderen Betriebsflächen ist nach der Ernte der Hauptfrucht keine Ausbringung von flüssigem Wirtschaftsdünger gestattet.

---

Ort/Datum

Unterschrift des/der Antragsteller/s/in

### Anlage zur Berechnung des Förderbetrages für Maßnahme H7

		Bestand am 1.03.09	Davon Gülle produzier- end	Umrech- nungs- faktor	Gülle produzier- ender GV- Bestand	Gülleanfall je GVE	Gülmengde
		Kopfzahl	Kopfzahl	GVE/Tier	GVE	m <sup>3</sup> /GVE	m <sup>3</sup>
A	B	C	D	E	F	G	H
1	Kälber (außer Mastkälber) und Jungvieh unter 6 Monaten			0,3		13	
2	Mastkälber			0,4		13	
3	Rinder von 6 Monaten bis 2 Jahren			0,6		13	
4	Rinder von mehr als 2 Jahren			1		13	
5	Milchkühe			1		20	
6	Ferkel			0,02		18	
7	Mastschweine – bei Betrachtung der gesamten Mastdauer			0,13		11	
8	Mastschweine bei zweistufiger Betrachtung = Läufer (20-50 kg)			0,06		11	
9	Mastschweine = sonstige Mastschweine ( über 50 kg)			0,16		11	
10	Zuchtschweine			0,3		8	
11	Geflügel			0,004		17	
12	<b>Summe</b>	XXXXXX	XXXXX	XXXX		XXXXXX	

#### Berechnung der Förderung umweltfreundlicher Ausbringverfahren

13	Gesamte landwirtschaftliche Fläche (LF) nach Anlage 1a zum Sammelantrag 2009	
14	Gülmengde in m <sup>3</sup> , die einem Standardwirtschafts- düngeranfall entspricht (Berechnung H12/F12 in m <sup>3</sup> /GVE)	
15	Beantragte umwelt- freundlich ausgebrachte Gülmengde in m <sup>3</sup>	
16	Errechneter beantragter Standardwirtschaftsdünger anfall (Berechnung: C15/C14 in GVE)	
17	<b>Förderbetrag €</b> (Berechnung: C16 x 15 €)	
18	Förderbetrag je Hektar LF (Berechnung: C17/C13)	

#### Berechnung der Förderung für die zeitliche Beschränkung

19	LF (C13) ohne Brache:	
20	<b>Förderbetrag €</b> (Berechnung: C19 x10 €)	
<b>Berechnung der Gesamtförderung:</b>		
21	Schleppschlauch plus zeitliche Beschränkung (Berechnung: C17 +C20)	
22	Förderbetrag je Hektar LF (Berechnung:C21/C13)	

#### Kontrolle:

23	Der Förderbetrag in Höhe von 30 €/ha LF (18) bzw. 40 €/ha LF (22) wird nicht überschritten	(nur von der kontrollierenden Behörde auszufüllen)
----	--	--



## **Kapitel 4 Abschätzung der Maßnahmenwirkung**

- 4.1 Wirkung von Wasserschutzmaßnahmen auf den mineralischen Stickstoffgehalt von Böden
- 4.2 Abschätzung der ökologischen und ökonomischen Wirkungen einer landesweiten Maßnahmenumsetzung

### Zusatzhinweis:

Vor dem Hintergrund der in Kapitel 4.2 abgeschätzten Maßnahmenwirkung gibt es weitere zu berücksichtigende Aspekte, die gravierende Auswirkungen auf die diffusen Einträge haben. Die hohe Anzahl Biogasanlagen, die in den letzten Jahren zunehmend zu verzeichnenden Grünlandumbrüche und der Rückgang der konjunkturellen Flächenstilllegung sind entscheidende Einflussgrößen mit Blick darauf, was Gewässerschutzmaßnahmen zu leisten vermögen. Entsprechende Auswertungen werden derzeit im vTI erstellt und nach der Abstimmung mit dem Niedersächsischen Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung veröffentlicht.



Institut für Ländliche Räume



## **Wirkung von Wasserschutzmaßnahmen auf den mineralischen Stickstoffgehalt von Böden**

**Ergebnisse der Arbeiten im vTI zum Projekt WAgriCo2**

**Thomas Schmidt und Bernhard Osterburg**

Braunschweig, im Februar 2010



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Problemstellung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Zielsetzung</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Vorgehensweise</b>	<b>4</b>
3.1	Überlegungen zum Indikator	4
3.2	Material	5
3.3	Methode	7
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>Ausblick</b>	<b>16</b>
	<b>Literatur</b>	<b>18</b>
	<b>Anhang</b>	<b>19</b>

### 1 Problemstellung

Für die Maßnahmenplanung gemäß Artikel 11 der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) werden Erkenntnisse über die Maßnahmenwirksamkeit benötigt. Für „ergänzende“ Maßnahmen auf freiwilliger Basis ist ein Wirkungsnachweis auch erforderlich, um Entgeltzahlungen an die Landwirtschaft zu rechtfertigen. Angesichts knapper öffentlicher Mittel für Wasserschutzmaßnahmen sollten geförderte Maßnahmen zu gesicherten Verbesserungen führen und eine angemessene Kostenwirksamkeit aufweisen. Auf diese Weise kann ein möglichst effizienter Einsatz öffentlicher Mittel gewährleistet werden.

Ein umweltbezogenes Wirkungsmonitoring wird auch seitens der EU-Kommission als Bestandteil des gemeinsamen Monitoring- und Evaluationsrahmens zur Umsetzung von Agrarumweltmaßnahmen im Rahmen der ELER-Verordnung gefordert (Verordnung (EG) 1698/2005 über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums durch den Europäi-

schen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums). Da Wasserschutzmaßnahmen zur Umsetzung der WRRL mehrheitlich mit EU-Kofinanzierung umgesetzt werden, sind Wirkungsnachweise wichtig, um auch künftig die Verwendung von EU-Mitteln rechtfertigen zu können. Die Anstrengungen der deutschen Bundesländer für das Wirkungsmonitoring sollten gebündelt werden, um für wichtige Wasserschutzmaßnahmen systematische, überregional geltende Wirkungsnachweise führen zu können und den dafür notwendigen Aufwand zu minimieren (Osterburg und Runge, 2007).

## 2 Zielsetzung

Die vorliegende Analyse soll dazu beitragen, auf der Basis umfangreicher Monitoringdaten der Herbst- $N_{\min}$ -Werte, statistisch abgesicherte Nachweise über die Wirkungen freiwilliger Wasserschutzmaßnahmen auf die potentielle Gewässerbelastung durch die Landwirtschaft vorzulegen. Mit Hilfe der Ergebnisse sollen vorliegende Experteneinschätzungen (Schmidt et al., 2007b) und auf einer schmaleren Datenbasis fußende Wirkungsabschätzungen (Schmidt et al., 2007a) überprüft und durch objektive, statistische basierte Nachweise unterlegt werden.

## 3 Vorgehensweise

### 3.1 Überlegungen zum Indikator

Bei der Evaluierung von Agrarumweltmaßnahmen (AUM) ist die Zielgröße festzulegen, die durch die Maßnahmen verbessert werden soll. Für den Bereich Grundwasser ist dies in Niedersachsen insbesondere der Stickstoffgehalt des Grundwassers, der in weiten Teilen des Landes sehr hoch liegt (vgl. Nitratbericht BMU/BMELV, 2008; Bewirtschaftungsplan FGG Weser, 2008). Da die zeitliche Abfolge zwischen der Umsetzung einer Maßnahme und dem Auftreten des positiven Effektes im Grundwasser mehrere Jahre dauern kann, ist es hilfreich, einen Indikator zu nutzen, der sowohl in engem Zusammenhang mit der Grundwasserqualität steht, als auch zeitlich sehr nahe an der Maßnahmenumsetzung zu ermitteln ist.

Die Messung der Sickerwasserkonzentration erfüllt diese Voraussetzung, ist aber sehr kostenintensiv und stellt daher einen unverhältnismäßig hohen Aufwand dar. Für das Sickerwasser stehen deshalb keine umfangreichen Datensätze zur Verfügung. Eine mehrjährige Stickstoffbilanzierung auf Betriebs- und/oder regionaler Ebene ist eine wichtige Kenngröße für die Gesamtbewertung des Systems und lässt Schlüsse über eine nachhaltige Bewirtschaftung zu. Ein Problem stellt die begrenzte Datenverfügbarkeit und die eingeschränkte Belastbarkeit der betrieblichen Ausgangsdaten dar. Als kalkulatorische Grö-

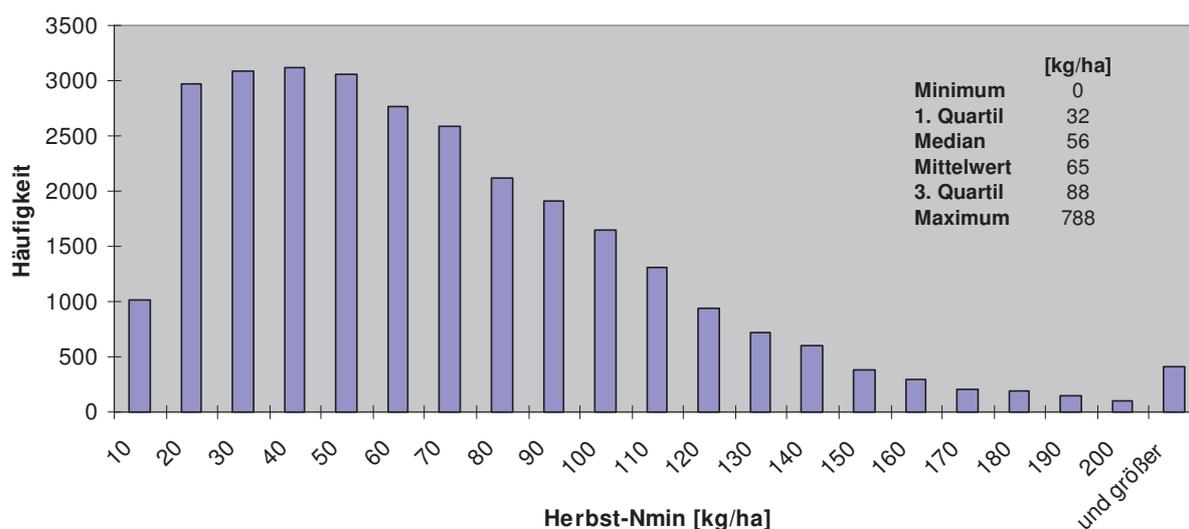
ße bleibt die Stickstoffbilanz aufgrund vieler Annahmen vergleichsweise ungenau. Bei Maßnahmen auf Einzelflächen sind Wirkungen auf die betrieblichen N-Salden nur eingeschränkt nachweisbar.

Die Herbst- $N_{\min}$ -Werte sind ein Indiz dafür, wie viel Nitrat während der Wintermonate potenziell auswaschungsgefährdet ist. Dabei ist der Zeitpunkt der Probenahme besonders wichtig, da möglichst der gesamte mineralische Stickstoffgehalt des Bodens gemessen werden soll, d.h. der Rest- $N_{\min}$  aus der Düngung und der im Herbst mineralisierte N-Anteil aus dem Boden. Als objektive und flächenbezogene erhobene Messgröße sind Herbst- $N_{\min}$ -Werte gut geeignet, Maßnahmenwirkungen von Maßnahmen auf Einzelflächen zu analysieren.

### 3.2 Material

Der niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) untersucht routinemäßig landwirtschaftlich genutzte Böden in Wasserschutzgebieten. In den Jahren 2000 bis 2006 wurden insgesamt 22.716 Bodenproben gezogen, analysiert und ausgewertet. Davon sind 8.681 Beprobungen auf Flächen mit Maßnahmen durchgeführt worden und 14.035 ohne Maßnahmen. Erwartungsgemäß zeigt die Wertübersicht in einem Histogramm (Abbildung 1) eine rechtsschiefe Verteilung, d. h. dass relativ wenige Werte im Bereich 0 bis 10 kg/ha liegen, die Anzahl der gemessenen Werte zwischen 20 und 60 kg/ha etwa gleich verteilt sind und darüber kontinuierlich abnehmen.

**Abbildung 1: Histogramm aller Beprobungen**



Quelle: Eigene Darstellung

Der gesamte Stichprobenumfang wurde um einige Datensätze reduziert, die wegen unterschiedlichster Gründe nicht in die Auswertung aufgenommen wurden:

- (1) Beprobungstiefe: 90 cm (92 % der Proben enthält  $N_{\min}$  aus 0-90cm). 8 % der Proben mit geringerer Mächtigkeit des beprobten Bodenkörpers werden verworfen. Aus den vorliegenden Daten konnte kein Zusammenhang zwischen  $N_{\min}$ -Gehalt und Beprobungstiefe festgestellt und somit auch kein Korrekturwert berechnet werden. Einige Proben (11 ohne Maßnahme und 23 mit Maßnahme) aus 0 bis 150 cm wurden berücksichtigt, da kurz vor der Probenahme ein Starkregeneignis den  $N_{\min}$  aus 0-90 cm in tiefere Schichten verlagerte.
- (2) Datum der Probenahme: 15. September bis 31. Dezember (96 % der Proben wurden im Oktober und November gezogen). Der Zeitpunkt für die Probennahme soll gewährleisten, dass das Gesamtpotenzial des Herbst- $N_{\min}$  gemessen wird. Eine frühe Probenziehung im September kann die Ergebnisse verzerren, da der Boden noch größere Mengen leicht mineralisierbarer organischer Stickstoff enthalten kann, die vor Ende der Vegetationsperiode mineralisiert werden. Je nach Niederschlagsverhältnissen kann bei später Probenziehung ein Teil des mineralischen Stickstoffs bereits ausgewaschen sein. Aufgrund der geringen Anzahl von Proben im September und Dezember hat der Zeitpunkt der Probennahme kaum Einfluss auf die vorgestellten Ergebnisse.
- (3) Des Weiteren wurden Beprobungen von Schlägen, die sich im Quellen- oder Senken-Stadium befinden, nicht berücksichtigt (ca. 1 % der Proben).

Tabelle 1 fasst die berücksichtigten Maßnahmen und korrespondierender Stichprobenumfänge (Beprobungen) zusammen und listet in den ersten zwei Spalten die Originalcodes mit den verwendeten Gruppennummern, die zusammen analysiert wurden. Insgesamt wurden 19.901 Proben (ca. 90 % aller beprobten Flächen) in die Auswertung aufgenommen.

**Tabelle 1: Erfasste Maßnahmen und Beprobungen in den Jahren 2000 bis 2006**

Gruppe	Code	Langtext	Beprobungen
0	-	Ohne Maßnahme	12.421
1	I. A	Zeitliche Beschränkung der Wirtschaftsdüngerbringung	52
2	I. B	Verzicht auf den Einsatz tierischer Wirtschaftsdünger	3
3	I. C1	Gewässerschonende Aufbringung von Wirtschaftsdüngern (Gülle)	684
	I. C2	Gewässerschonende Aufbringung von Wirtschaftsdüngern (Festmist)	
4	I. D	Wirtschaftsdünger- und Bodenuntersuchungen	24
5	I. E0	Zwischenfrucht	3.282
	I. E1	Zwischenfrucht (nicht winterhart / unbekannt)	
	I. E2	Winterharte Zwischenfrucht	
	I. E3	Untersaaten	
	ZF	Zwischenfrucht	
6	I. E4	Brachebegrünung	212
7	I. F0	Gewässerschonende Fruchtfolgegestaltung	414
	I. F1	Gewässerschonende Fruchtfolgegestaltung konventionell	
8	I. F2	Gewässerschonende Fruchtfolgegestaltung Öko	77
9	I. G	Extensive Bewirtschaftung von Grünland	71
10	I. H	Umbruchlose Grünlanderneuerung	31
11	I. I	Reduzierte N-Düngung	701
12	I. J	Reduzierte Bodenbearbeitung	421
13	I. K	Maisensaat	313
14	I. M	Einsatz stabilisierter N-Dünger	17
15	I. N	Reduzierter Herbizideinsatz in Reihenkulturen	27
16	I. O	Erstellung schlagbezogener Nährstoffbilanzen	112
17	II.	Umwandlung Acker in extensives Grünland	59
18	Sonstige	Sonstige Maßnahmen	64
19	-	Kombination der Maßnahmen 5 und 3	374
20	-	Kombination der Maßnahmen 5 und 11	288
21	-	Kombination der Maßnahmen 5 und 13	125
22	-	Kombination der Maßnahmen 11 und 12	129

### 3.3 Methode

Die analysierten Bodenproben stammen von unterschiedlichsten Schlägen, die sowohl eine regionale als auch eine temporäre Verteilung aufweisen. Ein optimaler Mit-Ohne-Vergleich, d.h. identische Schläge mit vernachlässigbaren Bodenunterschieden und gleicher Bewirtschaftungshistorie, konnte nicht hergestellt werden. Die Ergebnisse sind aufgrund der eingeschränkten Vergleichbarkeit der untersuchten Messwerte mit Vorsicht zu interpretieren. Dem Problem der begrenzten Vergleichbarkeit wird in dieser Studie dadurch begegnet, dass für jede Beprobung mit Maßnahme eine zufällige Auswahl von drei Beobachtungen ohne Maßnahme mit identischer Charakterisierung (Fruchtart, Nitrataustragsgefährdung, Wirtschaftsdüngerzufuhr, Jahr)<sup>1</sup> herangezogen wird. Betriebliche N-

<sup>1</sup> Fruchtarten - zusammengefasst nach 20 verschiedenen Gruppen; Nitrataustragsgefährdungen (NAG-) Klasse – 1 bis 5 für die Bodeneigenschaft; Klasse der Wirtschaftsdünger-Zufuhr – 0 bis 8 auf Betriebsebene; Jahr – 2003/andere Jahre (in Voruntersuchungen zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Werten im Jahr 2003 und anderen Jahren).

Bilanzsalden lagen nur für einen kleinen Teil der Proben vor und wurden daher nicht in den Auswertungen berücksichtigt.

Auf Basis der so gebildeten Paare (1:3) von Beobachtungen kann ein Mit-Ohne-Vergleich durchgeführt werden. Die Merkmale dieser beprobten Schläge ohne Maßnahmen entsprechen zwar nur näherungsweise den Vergleichsflächen mit Maßnahme, etwa aufgrund der Klassenbildung für wichtige Bestimmungsgrößen, oder fehlenden Einzelschlaginformationen über die Wirtschaftsdüngerzufuhr, jedoch gibt die Vielzahl der Analysewerte und die dahinterliegende Verteilung ein realistisches Bild der Verhältnisse wieder.

Auf Basis dieser Stichprobenauswahl wurden zwei statistische Auswertungen durchgeführt:

- (1) Ein Paarvergleich (Multipler paarweiser Vergleich mithilfe des Kruskal-Wallis-(Rangsummen-)Tests) prüft, ob eine Maßnahme einen signifikanten Beitrag zur Verringerung des Herbst- $N_{\min}$ -Wertes bewirkt, oder nicht. In der hier vorliegenden Anwendung werden die Stichproben mit Maßnahme der korrespondierenden Stichproben ohne Maßnahme gegenübergestellt. Zusätzlich berechnet die deskriptive Statistik u. a. die Mediane der Stichprobenauswahl und liefert den absoluten Maßnahmeneffekt in [kg N/ha]. Hierbei wurde der Median und nicht der Mittelwert verwendet, um Extremwerte („Ausreißer“) zu vernachlässigen. In der Ergebnisdarstellung werden die Statistiken zusammengeführt, so dass zu jedem signifikanten Paarvergleich eine Median-Differenz abzulesen ist. Paare, die sich nicht signifikant unterscheiden werden dagegen verworfen. Das Signifikanzniveau liegt bei 5 %.
- (2) Zur Kontrolle dieser Distanzmaße wurden Regressionsanalysen durchgeführt. Diese Auswertung dient üblicherweise zur Schätzung eines Modells zur Erklärung einer abhängigen Variablen mithilfe einer oder mehrerer unabhängiger Variablen. In dieser Analyse werden die Regressionskoeffizienten für quantitative Vergleiche mit den Ergebnissen des Paarvergleich (Median-Differenzen) herangezogen. Voruntersuchungen zeigten, dass die Erklärungsgehalte der erstellten Regressionsmodelle sehr gering sind (Bestimmtheitsmaß < 10 %), die Koeffizienten für die verschiedenen Maßnahmen (Maßnahmendummies) in verschiedenen Modellvarianten jedoch sehr stabil bleiben. In der hier vorliegenden Auswertung wurde der Achsenabschnitt für die Regressionsschätzung entsprechend dem mittleren Herbst- $N_{\min}$ -Wert ohne Maßnahme auf 71 kg/ha festgelegt.

Zur Auswertung kamen zunächst Stichproben, die nur nach Maßnahmengruppen differenziert wurden. In einer weiteren, verfeinerten Analyse wurden diese Gruppen nochmals unterteilt und getrennt analysiert. Die Schichtungskriterien waren dabei das Kalenderjahr, der Betriebstyp, die Nitratstragsgefährdung und der mittlere Jahresniederschlag des Standortes. Gruppen unter 10 Beprobungen mit Maßnahme blieben unberücksichtigt.

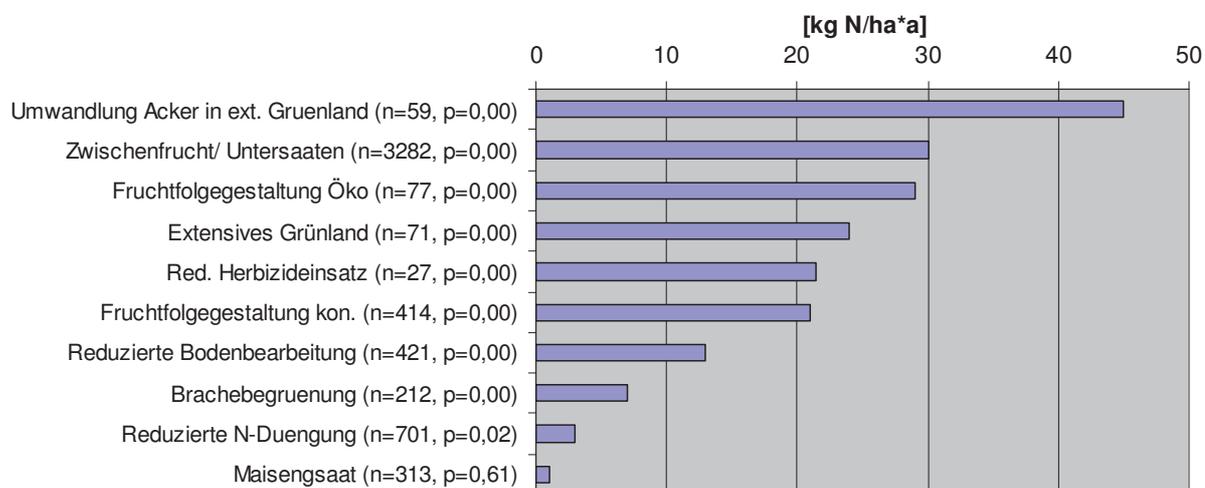
## 4 Ergebnisse

Insgesamt konnten 11 Maßnahmen (vgl. Abbildung 2) und 470 Paare bzw. Untergruppen der Maßnahmen identifiziert werden, die signifikante Effekte ausweisen (s. Anhang 4). Die Referenzsituation, mit der die jeweilige Maßnahme verglichen wird, ist für die Interpretation der Wirkung entscheidend. Die jeweils zugrunde liegenden Referenzen werden in Anhang 2 dargestellt. Zu berücksichtigen ist, dass aufgrund der Auswahl vergleichbarer Paare mit gleichen Fruchtarten und vergleichbarer Wirtschaftsdünger-Zufuhr die Wirkung von Fruchtfolgeumstellungen und Viehbestandsabstockungen nicht bewertet werden. Maßnahmen, die wie der ökologische Landbau mit einer Veränderung der Betriebsstruktur einhergehen, werden deshalb hinsichtlich ihrer Wirkung nicht vollständig erfasst.

Die mittleren Maßnahmewirkungen liegen zwischen 1 kg N/ha bei *Maisensaat* (im Vergleich zu Mais in Standard-Reihenweite) und 45 kg N/ha bei der *Umwandlung von Acker in extensives Grünland* (im Vergleich zu Winterweizenanbau als Referenz). Erwartungsgemäß zeigte der *Zwischenfruchtanbau* einen deutlichen Minderungseffekt auf den Herbst- $N_{\min}$  von 30 kg N/ha\*a. Das Minderungspotenzial der *gewässerschonenden Fruchtfolgegestaltung im Ökolandbau* ist auf den systembedingten Unterschied im Düngungs- und Bodenmanagement zwischen konventionellem und ökologischem Landbau zurück zu führen, enthält aber wie erläutert keine Bewertung der Fruchtfolgeumstellung. Die *extensive Bewirtschaftung von Grünland* wurde mit einer mittleren Grünlandnutzung verglichen und weist ebenfalls ein hohes Reduktionspotenzial (24 kg N/ha) aus. Ein *reduzierter Herbizideinsatz in Reihenkulturen* deutet auf eine extensivere Wirtschaftsweise hin, die mit geringeren N-Gaben einhergeht und dadurch geringere Rest- $N_{\min}$ -Gehalte im Boden hinterlässt. Für diese Maßnahme ergibt sich eine mittlere  $N_{\min}$ -Reduktion im Herbst von ca. 21 kg N/ha, vergleichbar die mit der Wirkung der *gewässerschonenden Fruchtfolgegestaltung im konventionellen Landbau*.

Die Mineralisation von Stickstoff durch Belüftung des Bodens kann durch eine *reduzierte Bodenbearbeitung* vermindert werden (im Mittel um 13 kg N/ha\*a). Die aktive *Brachebegrünung* führt zu einer Verbesserung der Herbst- $N_{\min}$ -Gehalte von durchschnittlich 7 kg/ha\*a verglichen zu Brache ohne bzw. mit Selbstbegrünung. Eine *reduzierte N-Düngung* soll die Effizienz des Nährstoffeinsatzes erhöhen, verringert den im Boden verbleibenden mineralischen Rest-N im Herbst um nur 3 kg N/ha\*a. Trotz eines relativ hohen Stichprobenumfangs von über 600 Beprobungen auf Flächen mit *Maisensaat* ist nur ein sehr geringer und nicht signifikanter Effekt zu beobachten (1 kg N/ha\*a).

**Abbildung 2: Herbst- $N_{\min}$ -Reduktion durch Agrarumweltmaßnahmen (Vergleich der Mediane mit und ohne Maßnahme,  $n$ =[Proben mit Maßnahme],  $p$ =[Signifikanzniveau])**



Langtext der Maßnahmen und weitere Zahlenwerte s. Anhang 1 und Anhang 4.

Quelle: Eigene Berechnungen.

Die Auswertung weiterer Maßnahmengruppen (*Zeitliche Beschränkung der bzw. Verzicht auf Wirtschaftsdüngeraufbringung, gewässerschonende Aufbringung von Wirtschaftsdünger, Boden- und Wirtschaftsdüngeruntersuchung*) ergab negative oder nicht signifikante Werte. Für diese Maßnahmen sind weitere Untersuchungen zur Klärung der Sachverhalte notwendig. Für einige Maßnahmen sind die Stichprobenumfänge möglicherweise zu gering, um Wirkungen nachweisen zu können (*Einsatz stabilisierter N-Dünger, Schlagbezogene Nährstoffbilanzen*). Nicht erklärt werden kann, warum sich für *schlagbezogene Nährstoffbilanzen* im statistischen Vergleich negative Wirkungen (erhöhte Herbst- $N_{\min}$ -Werte) ergeben. Dies kann damit zusammenhängen, dass Nährstoffbilanzen gezielt in Betrieben mit potentiell erhöhten Herbst- $N_{\min}$ -Werten erstellt werden. Der Paarvergleich findet dann nicht auf Basis einer Zufallsauswahl statt. Besser wäre es in diesen Fällen, Zeitreihen der Bilanzsalden und Herbst- $N_{\min}$ -Werte in teilnehmenden Betrieben (Vorher-Nachher-Vergleich) zu analysieren oder die Auswahl der Vergleichspaare z. B. anhand von betriebs- oder schlagbezogenen N-Salden zu verbessern.

Für die Maßnahme *gewässerschonende Aufbringung von Wirtschaftsdünger* sind die tatsächlichen Ausbringmengen des Aktuelljahres und der Vorjahre auf den beprobten Schlägen relevant, im Datensatz enthalten sind aber nur Angaben auf Betriebsebene für das jeweilige Jahr. Die Eignung von Herbst- $N_{\min}$ -Werten zur Bewertung von Maßnahmen zur (gas-) emissionsarmen Ausbringung von Wirtschaftsdünger ist eingeschränkt, da in erster Linie gasförmige Ammoniakemissionen vermindert werden. Die Minderung gasförmiger N-Verluste und auch der Lenkungseffekt der Förderung, der zu einer erhöhten Wirtschaftsdüngeraufbringung auf geförderten Schlägen führen kann, können eine höhere N-Zufuhr in den Boden zur Folge haben. Die Wirkung der Maßnahme kann in diesem Fall

auf Basis der Herbst- $N_{\min}$ -Werte nicht erfasst werden, notwendig wäre vielmehr eine Bewertung der gasförmigen N-Verluste sowie eine Analyse der N-Salden und der N-Ausnutzungsgrade. Für die Maßnahme *umbruchlose Grünlanderneuerung* war keine sachgerechte Referenz (Grünlanderneuerung mit Umbruch) im Datensatz enthalten.

Weitergehende Untersuchungen sollten über die Wirkung dieser Maßnahmen in spezifischen Situationen (z. B. Einzeljahre, Betriebstypen) Aufschluss geben. Für weitere Differenzierungen ist eine große Probenanzahl je Maßnahme erforderlich. Während der *Zwischenfruchtanbau* relativ häufig beprobt wurde (3.282) und entsprechend viele Differenzierungen nach Standorten, Betrieben und Vorfruchtarten erlaubt, basiert das Ergebnis für den *Einsatz stabilerter N-Dünger* nur auf 17 Beprobungen mit Maßnahme. Die Ergebnisse der detaillierten Paarvergleiche sind in Anhang 4 enthalten (nur statistisch signifikante Ergebnisse).

Wie oben bereits angemerkt, konnten 470 Untergruppen identifiziert werden, die ein detaillierteres Bild über signifikante Wirkungen aufzeigen (vgl. Anhang 4). Die Auswertung weiterer ca. 3.000 Untergruppen blieb ohne abgesicherte Effekte und wurde daher nicht berücksichtigt (und im Anhang 4 nicht aufgeführt). Die Signifikanz ist neben der Rangfolge der Ergebnisse auch vom Stichprobenumfang abhängig, so dass intensiv beprobte Maßnahmen (z. B. Zwischenfrucht) mit höherer Wahrscheinlichkeit die Signifikanzgrenze erreichen, als z. B. der Einsatz stabilerter N-Dünger (n=17). Im Folgenden werden einige ausgewählte Ergebnisse beschrieben:

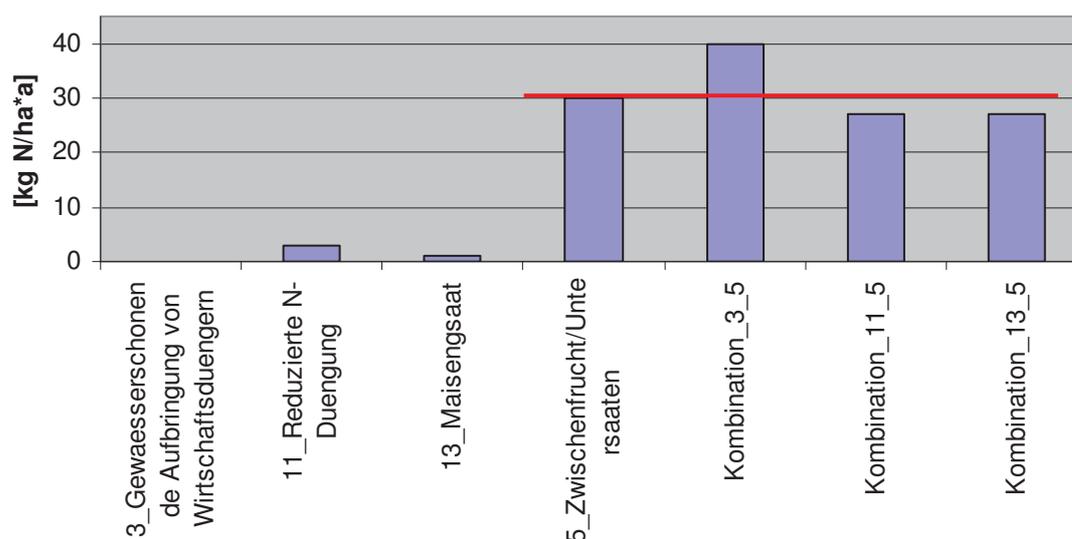
- Schichtungskriterium Kalenderjahr: Im Jahr 2003 sind die höchsten Minderungsraten festzustellen. Der Grund dafür liegt in der Sommertrockenheit, die zu geringen Ernteentzügen führte und somit zu hohen Herbst- $N_{\min}$ -Werten. Das Reduktionspotenzial von Maßnahmen lag in diesem Jahr besonders hoch. Die Unterschiede zwischen den anderen Jahren können nicht (alleine) durch die hier getesteten Niederschläge im September und Oktober erklärt werden. Weitere auswertbare Informationen lagen nicht vor.
- Die Fruchtarten Raps und Winterweizen zeigten in vielen Fällen hohe Reduktionsraten, was auf erhöhte Herbst- $N_{\min}$ -Werte ohne Maßnahme zurückgeführt werden kann.
- In den Betriebsgruppen gibt es keine eindeutigen Differenzen der Maßnahmenwirkungen, d.h. weder in den Betriebskategorien noch in bei den Betriebstypen ist eine Systematik der Reduktionspotenziale zu erkennen.
- Die unteren Klassen organischer Düngung (< 50 kg/ha) zeigen häufiger signifikante Ergebnisse als die Klassen mit hoher organischer Düngung (> 50 kg/ha), da im unteren Bereich größere Stichprobenumfänge ausgewertet werden konnten. Eine Empfehlung auf eine Maßnahmenlenkung ist daraus nicht abzuleiten.
- Dasselbe gilt für die Nitrat-Austragsgefährdung (NAG-Klasse).

Zusammenhänge zwischen der Verteilung signifikanter und nicht signifikanter Ergebnisse und dem Stichprobenumfang werden in Anhang 5 graphisch dargestellt und kommentiert. Für Maßnahmen mit gesicherter Wirkung liegen nur bei geringen Stichprobenumfängen nicht signifikante Ergebnisse vor, bei höheren Stichprobenumfängen stabilisiert sich die Wirkungshöhe, und die Probenwerte mit Maßnahme sind signifikant von Werten ohne Maßnahme verschieden.

### ***Wirkungen von Maßnahmenkombinationen***

Neben Einzelmaßnahmen wurden auch Maßnahmenkombinationen auf einem Schlag innerhalb einer Vegetationsperiode durchgeführt. Maßnahmenkombinationen mit einer Beprobungshäufigkeit > 50 wurden in die Auswertung aufgenommen. Dazu zählen drei Maßnahmen, die neben Zwischenfruchtanbau bzw. Untersaat durchgeführt wurden: 3\_Gewässerschonende Ausbringung von Wirtschaftsdüngern, 11\_Reduzierte N-Düngung und 13\_Maisengsaat (Abbildung 3). Für diese drei Maßnahmen konnten in den Paarvergleichen keine relevanten Reduktionspotenziale festgestellt werden. Die Zwischenfrucht in Kombination mit gewässerschonender Wirtschaftsdüngerausbringung erhöht das Reduktionspotenzial deutlich. Die weiteren Kombinationen zeigen in dieser Auswertung keine positiven Effekte und müssen mit mehr Hintergrundinformationen und einem größeren Stichprobenumfang weiter untersucht werden.

**Abbildung 3: Reduktion des Herbst-N<sub>min</sub> (Medianvergleich mit und ohne Maßnahme) von Einzelmaßnahmen und Maßnahmenkombinationen**



Quelle: Eigene Darstellung.

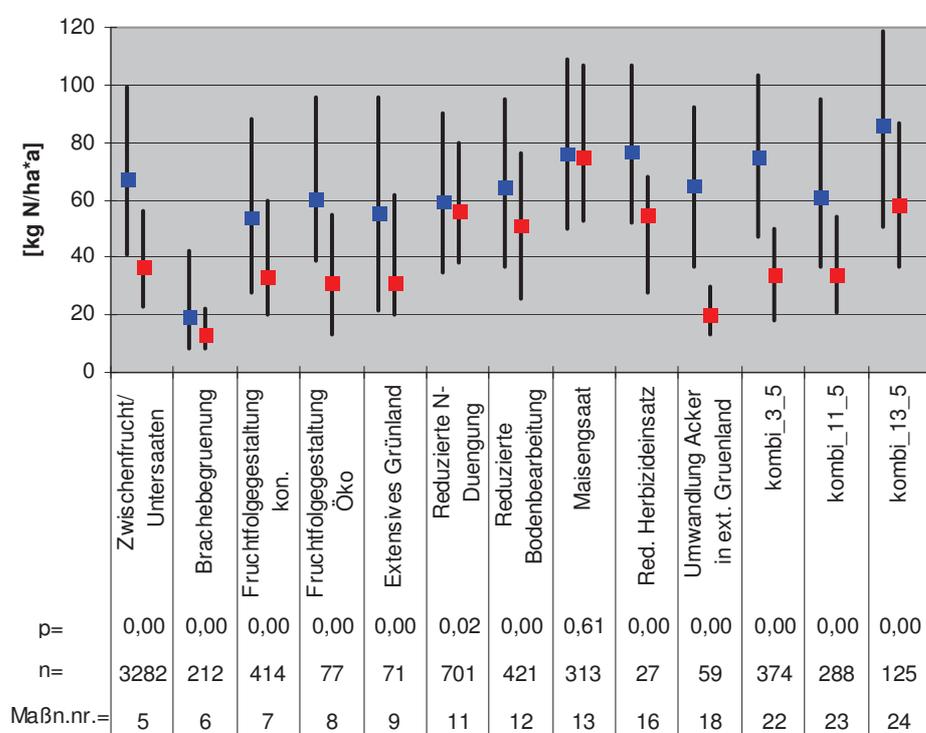
Die Maßnahmenkombination *reduzierte N-Düngung* mit *reduzierter Bodenbearbeitung* zeigte gegenüber konventioneller Ackernutzung einen signifikanten Effekt von

14 kg/ha\*a. Weiter Kombinationen wurden wegen zu geringer Stichprobenumfänge nicht ausgewertet.

### *Exkurs zur Notwendigkeit statistischer Vergleiche*

Eine Signifikanzprüfung ist aufgrund überlappender Stichproben notwendig, um statistisch nachweisbare Unterschiede zwischen zwei Gruppen (hier: mit und ohne Maßnahme) dokumentieren zu können. Abbildung 4 zeigt paarweise den Median und die 25- bzw. 75%-Quartile der jeweiligen Vergleichsgruppen. Das Signifikanzniveau (p) und der Stichprobenumfang (n) der Gruppe mit Maßnahme werden ebenfalls ausgewiesen.

**Abbildung 4: Median und Quartile der Herbst-N<sub>min</sub>-Stichproben (mit und ohne Maßnahme)**



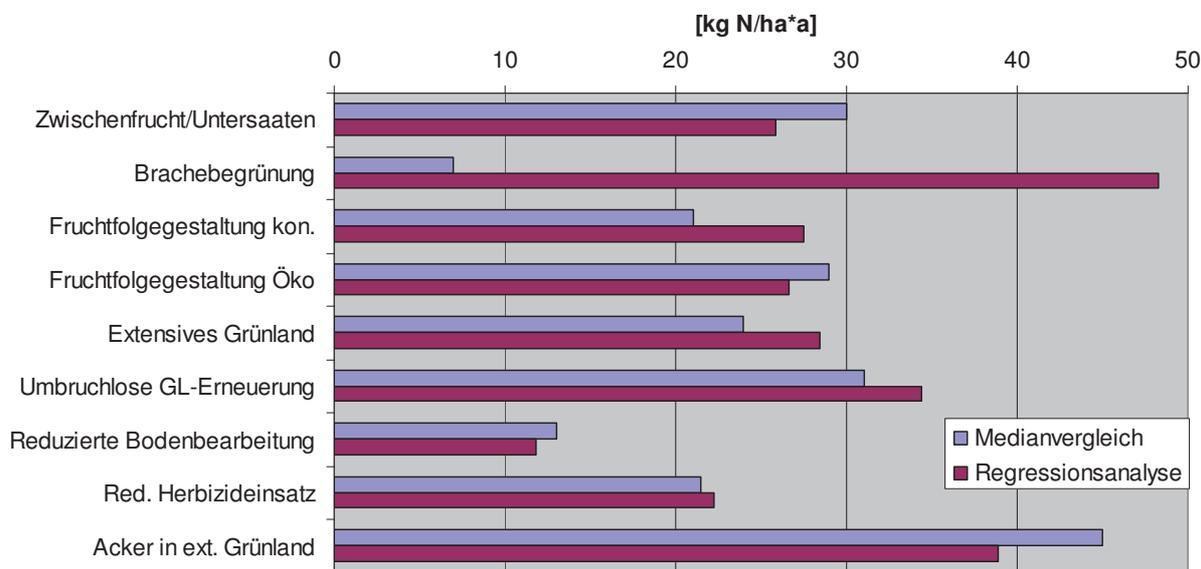
Quelle: Eigene Berechnungen.

### *Vergleich mit Ergebnissen der Regressionsanalyse*

Die Regressionsanalyse bestätigt im Wesentlichen die ermittelten Wirkungen des Medianvergleichs (s. Abbildung 5). Große Differenzen treten bei Brachebegrüenung auf, da sich in diesen Fällen die Referenzen unterscheiden. Während der Paarvergleich die Fruchtart berücksichtigt, vergleicht die Regressionsanalyse alle Werte ohne Maßnahme mit den Werten einer bestimmten Maßnahme. Dies führt dazu, dass die Brachebegrüenung in der Regressionsanalyse mit allen landwirtschaftlichen Nutzungsformen verglichen wird und

dadurch einen sehr großen Effekt aufweist. Im Paarvergleich wird Brachebegrünung hingegen mit Bracheflächen ohne aktive Begrünung verglichen.

**Abbildung 5: Ergebnisse des Medianvergleichs und der Regressionsanalyse**

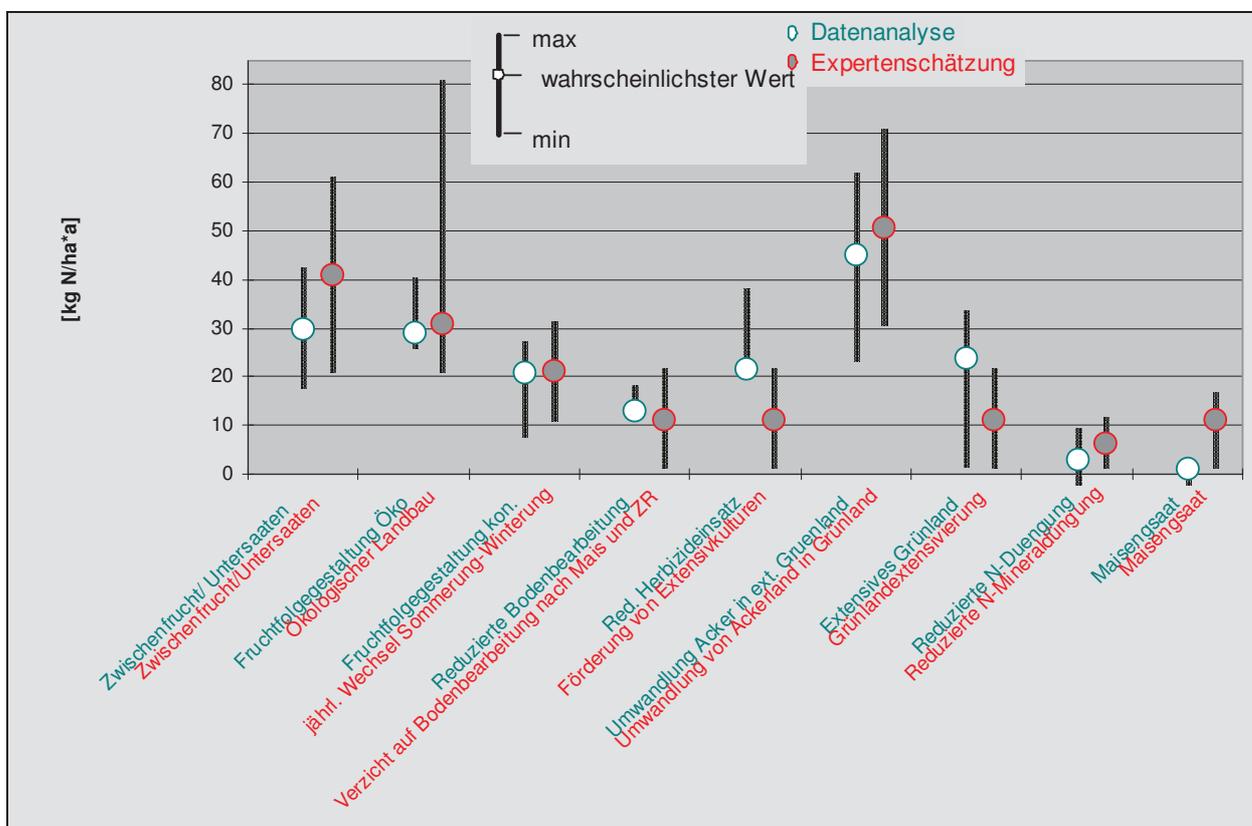


Quelle: Eigene Berechnungen.

### *Vergleich der Ergebnisse der statistischen Analyse mit Expertenschätzungen*

Ein Vergleich der Datenanalyse mit einer Expertenschätzung (in Osterburg und Runge, 2007) zur Wirkung von Wasserschutzmaßnahmen auf den Herbst- $N_{\min}$ -Wert hat gezeigt, dass die Expertenschätzung größtenteils mit den Ergebnissen der statistischen Analyse übereinstimmt (vgl. Abbildung 6). Die Abweichungen liegen meist unter 10 kg/ha. In drei Fällen (3\_Gülleausbringungstechnik, 8\_Fruchtfolgegestaltung Öko, 9\_Extensives Grünland) sind größere Abweichungen festzustellen, die auf unterschiedliche Referenzsituationen zurückzuführen sind. Das Potenzial der Grünlandextensivierung scheint nach dieser Auswertung größer zu sein als von den Experten eingeschätzt.

**Abbildung 6: Vergleich der Datenanalyse mit einer Expertenschätzung zur Wirkung von Wasserschutzmaßnahmen auf den Herbst- $N_{\min}$ -Wert**



Quelle: Darstellung nach Osterburg und Runge, 2007 und eigene Berechnungen.

## 5 Diskussion

In der vorliegenden Arbeit werden die Auswertung von Herbst- $N_{\min}$ -Daten mithilfe massenstatistischer Methoden beschrieben und die Ergebnisse vorgestellt. Voraussetzung für diese Analyse ist die Verfügbarkeit von Messdaten für einen großen Stichprobenumfang und die Möglichkeit eines Mit-Ohne-Vergleichs, also der Einbeziehung von Flächen ohne Maßnahmenumsetzung. Der Mit-ohne-Vergleich wurde in der vorliegenden Arbeit anhand von Proben mit ähnlichen Bewirtschaftungs- und Standortcharakteristika erzeugt. Der Nachweis wurde über eine Signifikanzgrenze von 5 % geführt, d.h. wenn die Null-Hypothese mit 95 % Wahrscheinlichkeit abgelehnt werden kann, gilt die alternative Hypothese, dass sich die Stichproben mit und ohne Maßnahme bezüglich der Herbst- $N_{\min}$ -Werte unterscheiden, als bestätigt. Für die Bestimmung der zu erwartenden, mittleren Maßnahmenwirkung wurde die Differenz der Medianwerte herangezogen, die weniger von Extremwerten in den Stichproben beeinflusst wird. Die Witterungsverhältnisse wurden pauschal hinsichtlich des Herbstniederschlags (September, Oktober) untersucht. Eine genauere Standortanalyse war aufgrund der begrenzten Datenverfügbarkeit nicht möglich.

Die großflächige Förderung von Zwischenfrucht-Maßnahmen hat nach vorliegenden Ergebnissen ihre Berechtigung, da deutliche und statistische abgesicherte, positive Maßnahmenwirkungen nachgewiesen werden können. Unsicherheiten bestehen allerdings bezüglich der Anrechnung zusätzlicher Düngung zur Etablierung eines guten Pflanzenbestandes im Herbst in den Folgejahren, und damit bezüglich der langfristigen Wirkung in der Fruchtfolge. Auch für eine Reihe weiterer Maßnahmen (*Umwandlung von Acker in extensives Grünland, Fruchtfolgegestaltung Öko, extensives Grünland, Reduzierung des Herbizideinsatzes, Fruchtfolgegestaltung konventionell, reduzierte Bodenbearbeitung und Brachebegrünung*) konnten signifikante positive Maßnahmenwirkungen nachgewiesen werden.

Vermutlich aufgrund geringer Stichprobenumfänge konnte für eine Reihe von Maßnahmen keine Wirkung nachgewiesen werden (*Einsatz stabilisierter N-Dünger, Zeitliche Beschränkung der bzw. Verzicht auf Wirtschaftsdüngeraufbringung, Boden- und Wirtschaftsdüngeruntersuchung*). Für *schlagbezogene Nährstoffbilanzen* und die *gewässerschonende Aufbringung von Wirtschaftsdünger* wurden keine oder negative Wirkungen gefunden. Für diese Maßnahmen sind weiterführende Analysen notwendig, die auf genauere Angaben zur schlagbezogenen Düngung und Bewirtschaftungshistorie aufbauen sollten. Weiterhin sollte die Wirkung dieser Maßnahmen auf den N-Bilanzsaldo untersucht werden.

Für die bessere Lenkung von Maßnahmen hinsichtlich Betriebs- und Regionsauswahl lassen sich nur wenige, eindeutige Schlussfolgerungen ziehen. Grundsätzlich entfalten Maßnahmen eine besonders hohe Wirksamkeit, wenn in der Referenzsituation ohne Maßnahme hohe Herbst- $N_{\min}$ -Werte anfallen würden. Die deutlich höhere Wirksamkeit der Zwischenfrucht auf Flächen, auf denen auch eine gewässerschonende Aufbringung von Wirtschaftsdünger gefördert wurde (also in Betrieben mit hohem Wirtschaftsdüngereinsatz), und die höhere Wirksamkeit von Maßnahmen im Jahr 2003 mit trockenheitsbedingt überdurchschnittlich hohen N-Resten nach der Ernte ist hierfür ein Hinweis.

## 6 Ausblick

Die vorliegende Analyse hat gezeigt, dass durch konsequente Zusammenführung und statistische Auswertung von Monitoringdaten ein sehr differenzierter Nachweis für die positive, statistisch signifikante Wirkung von Wasserschutzmaßnahmen geführt werden kann. Die Ergebnisse stimmen weitgehend mit vorliegenden Expertenschätzungen überein. Der Mehrwert der Analysen ergibt sich aus der Bestätigung der Einschätzungen auf massenstatistischer Grundlage. Aufbauend auf den Ergebnissen kann eine Kosten-Wirksamkeits-Analyse zur Unterstützung der Maßnahmenplanung folgen. Die sehr hohe Varianz der Einzelwerte kann anhand von Modellen nicht hinreichend erklärt werden. Bei den ausgewiesenen, durchschnittlichen Wirkungen handelt es sich um zu erwartende Werte, von

denen es in den Einzelfällen sehr hohe Abweichungen geben kann. Aufgrund der hohen Varianz werden für die statistische Analyse viele Messergebnisse (mindestens 100 Werte „mit Maßnahme“, bei Maßnahmen mit hohen Wirkungen ggf. auch 50) benötigt. Aufgrund der hohen Varianz und der Überlappung der Stichprobenwerte mit und ohne Maßnahme ist eine Überprüfung der korrekten Maßnahmenumsetzung allein anhand der Messergebnisse für die Herbst- $N_{\min}$ -Gehalte i.d.R. nicht zweifelsfrei möglich, die Werte sollten daher Monitoring- und Beratungszwecken, nicht aber Kontrollzwecken dienen.

Trotz einer hohen Sicherheit bei der hier vorgestellten Wirkungsabschätzung können durch eine systematischere Beprobung und Standards bei der Probenauswahl das Ergebnis und die Aussagekraft zukünftiger Analysen noch verbessert werden: So wäre z.B. wünschenswert, wenn die Bewirtschaftungshistorie (Fruchtfolgen, Wirtschaftsdüngereinsatz) und der Standort (Hoch- und Rechtswert, Bodeneigenschaften) besser dokumentiert werden würden, um die Bewertung zu festigen. Zur Unterstützung der Aussagekraft könnten (auf derselben Fläche) gemessene Konzentrationen im Sicker- bzw. Grundwasser oder betriebliche und regionale Stickstoffbilanzierung dienen. Der Aufbau einer Zeitreihe ist ebenfalls wichtig, um den Verlauf innerhalb der praktizierten Fruchtfolgen nachvollziehen zu können.

In der vorliegenden Studie konnten keine signifikanten Effekte der Maßnahmen im Bereich Wirtschaftsdüngermanagement und Schlagbilanzierung festgestellt werden. Hierfür sind genauere Angaben zur Historie der beprobten Flächen notwendig (Bodentyp, Zeitreihe der organischen Düngung, Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Witterung vor Probenahme), sinnvoll erscheint für diese Maßnahmen ein Wirkungsnachweis anhand der N-Salden. Für einige andere Maßnahmen sind für einen Wirkungsnachweis größere Stichproben notwendig. Bei begrenzten Mitteln für das Monitoring könnte dafür die Probenanzahl für Maßnahmen mit regelmäßig eintretender, gesicherter Wirkung wie z. B. der Zwischenfruchtanbau reduziert werden.

Neben dem Nachweis einer positiven Wirkung der Wasserschutzmaßnahmen auf den Herbst- $N_{\min}$ -Wert ist auch die Absicherung des Langzeiteffekts ( $N_{\min}$ -Werte in Folgejahren, N-Überschussminderung) zu berücksichtigen. Daher sollte in zukünftigen Studien und Monitoringprogrammen darauf geachtet werden, dass parallel geführte Bilanzdaten und soweit möglich Zeitreihen erhoben und ausgewertet werden.

## Literatur

- BMU/BMELV - Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2008): Nitratbericht 2008. BMU, ([http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/nitratbericht\\_2008.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/nitratbericht_2008.pdf)) Bonn.
- FGG Weser - Flussgebietsgemeinschaft Weser (2008): EG-Wasserrahmenrichtlinie - Bewirtschaftungsplan für die Flussgebietseinheit Weser (Entwurf). Hildesheim.
- Osterburg, B. und Runge, T. (2007): Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in Gewässer - eine wasserschutzorientierte Landwirtschaft zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 307, Braunschweig.
- Schmidt, T.G., Gödecke, B. und Antony, F. (2007a): Wasserschutzwirkung von Agrarumweltmaßnahmen - Statistische Auswertung von Herbst-Nmin-Werten aus niedersächsischen Wassergewinnungsgebieten. In: Osterburg, B. und Runge, T. [Hrsg.]: Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in Gewässer - eine wasserschutzorientierte Landwirtschaft zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 307, S. 229-251. Braunschweig.
- Schmidt, T.G., Runge, T. und Osterburg, B. (2007b): Action recommendations for priority cost-effective planning of measures. (Deliverable 4.2) - 07/2007, EU-LIFE-Project Number 'LIFE05 ENV/D/000182'. Hannover.

## Anhang

Anhang 1: Herbst-N <sub>min</sub> -Reduktion durch Agrarumweltmaßnahmen.....	19
Anhang 2: Maßnahme und Referenz für den Paarvergleich .....	20
Anhang 3: Maßnahmenaggregation .....	20
Anhang 4: Gesamttabelle der signifikanten Maßnahmenwirkungen.....	21
Anhang 5: Verteilung signifikanter und nicht signifikanter Ergebnisse in Abhängigkeit von der Stichprobengröße.....	33

### Anhang 1: Herbst-N<sub>min</sub>-Reduktion durch Agrarumweltmaßnahmen

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Maßnahme	Nr.	Reduktion	Anzahl	Mittelwert	1. Quartil	Median	3. Quartil	Signifikanzniveau (p-Wert)
		Herbst-N <sub>min</sub> [kg N/ha]*	Beprobungen mit Maßnahme		(25 %)	2. Quartil	(75 %)	
					[kg N/ha]			
Acker in ext. Grünland	18	45	59	33	13,5	20	30	0,0000
Zwischenfrucht/Untersaaten	5	30	3282	46	23	37	56	0,0000
Fruchtfolgegestaltung Öko	8	29	77	39	13	31	55	0,0000
Extensives Grünland	9	24	71	44	20	31	62	0,0001
Red. Herbizideinsatz	16	21,5	27	51	28	55	68	0,0000
Fruchtfolgegestaltung kon.	7	21	414	44	20	33	60	0,0000
Reduzierte Bodenbearbeitung	12	13	421	56	26	51	76	0,0000
Brachebegrünung	6	7	212	23	8	13	22	0,0000
Reduzierte N-Düngung	11	3	313	61	38	56	80	0,0232
Maisensaat	13	1	59	86	53	75	107	0,6123

Reduktion = Median-Differenz zwischen mit und ohne Maßnahme

## Anhang 2: Maßnahme und Referenz für den Paarvergleich

Maßnahme	Referenz*
Fruchtfolgegestaltung Öko	Konventionelle Landnutzung
Zwischenfrucht / Untersaaten	Ackerbau ohne Zwischenfruchtanbau
Umbruchlose GL-Erneuerung	Konventionelle Landnutzung
Fruchtfolgegestaltung kon.	Konventionelle Landnutzung
Extensives Grünland	Grünland
Reduzierte Bodenbearbeitung	Konventionelle Landnutzung
Red. Herbizideinsatz	Konventionelle Landnutzung
Brachebegrünung	Brache ohne aktive Begrünung
Acker in ext. Grünland	Winterweizen
Maisensaat	Mais
Reduzierte N-Düngung	Konventionelle Landnutzung
Gülleausbringungstechnik	Konventionelle Landnutzung
Beschränkung Gülleausbringung	Konventionelle Landnutzung

\*Referenz: zu jedem Analysewert mit Maßnahme werden drei Werte ohne Maßnahme mit denselben Rahmenbedingungen (Wirtschaftsdüngerinput, NAG-Klasse, Vorfrucht und Kalenderjahr) zufällig ausgewählt.

## Anhang 3: Maßnahmenaggregation

Code	Nr.	Kat.	Beschreibung	Kürzel
I. A	1	A	Zeitliche Beschränkung der Aufbringung tierischer Wirtschaftsdünger	orgDg
I. B	2	B	Verzicht auf den Einsatz tierischer Wirtschaftsdünger	orgDg
I. C1	3	C	Gewässerschonende Aufbringung von Wirtschaftsdüngern (Gülle)	orgDg
I. C2	3	C	Gewässerschonende Aufbringung von Wirtschaftsdüngern (Festmist)	orgDg
I. D	4	D	Wirtschaftsdünger- und Bodenuntersuchungen	orgDg
I. E0	5	E	Zwischenfrucht	gruen
I. E1	5	E	Zwischenfrucht (nicht winterhart / unbekannt)	gruen
I. E2	5	E	Winterharte Zwischenfrucht	gruen
I. E3	5	E	Untersaaten	gruen
I. E4	6	E2	Brachebegrünung	brach
I. F0	7	F	Gewässerschonende Fruchtfolgegestaltung	FF
I. F1	7	F	Gewässerschonende Fruchtfolgegestaltung konventionell	FFkon
I. F2	8	F2	Gewässerschonende Fruchtfolgegestaltung Öko	FFoeko
I. G	9	G	Extensive Bewirtschaftung von Grünland	extGL
I. H	10	H	Umbruchlose Grünlanderneuerung	umbGL
I. I	11	I	Reduzierte N-Düngung	redDg
I. J	12	J	Reduzierte Bodenbearbeitung	redBb
I. K	13	K	Maisensaat	mais
I. L	14	L	Unterfußdüngung	unterDg
I. M	15	M	Einsatz stabilisierter N-Dünger	stabDg
I. N	16	N	Reduzierter Herbizideinsatz in Reihenkulturen	redPSM
I. O	17	O	Erstellung schlagbezogener Nährstoffbilanzen	Nbil
II.	18	P	Umwandlung Acker in ext. Grünland	ALGL
III.	19	Q	Erosionsschutz Forst	forst
IV.	20	R	Waldumbau	forst
sonst	21	S	Sonstige Maßnahmen	sonst
ZF	5	E	Zwischenfrucht	gruen

## Anhang 4: Gesamttabelle der signifikanten Maßnahmenwirkungen

Nr.	Maßnahme	Kurztitel
1	Zeitliche Beschränkung der Aufbringung tierischer Wirtschaftsd.	Beschränkung Gülleausbringung
2	Verzicht auf den Einsatz tierischer Wirtschaftsdünger	Verzicht Wirtschaftsdünger
3	Gewässerschonende Aufbringung von Wirtschaftsdüngern	Gülleausbringungstechnik
4	Wirtschaftsdünger- und Bodenuntersuchungen	Gülle- und Bodenanalysen
5	Zwischenfrucht/Untersaaten	Zwischenfrucht/Untersaaten
6	Brachebegrünung	Brachebegrünung
7	Gewässerschonende Fruchtfolgegestaltung konventioneller Landb.	Fruchtfolgegestaltung kon
8	Gewässerschonende Fruchtfolgegestaltung Ökolandbau	Fruchtfolgegestaltung Öko
9	Extensive Bewirtschaftung von Grünland	Extensives Grünland
10	Umbruchlose Grünlanderneuerung	Umbruchlose GL-Erneuerung
11	Reduzierte N-Düngung	Reduzierte N-Düngung
12	Reduzierte Bodenbearbeitung	Reduzierte Bodenbearbeitung
13	Maisengsaat	Maisengsaat
15	Einsatz stabilisierter N-Dünger	Stabilisierter N-Dünger
16	Reduzierter Herbizideinsatz in Reihenkulturen	Red. Herbizideinsatz
17	Erstellung schlagbezogener Nährstoffbilanzen	Nährstoffbilanzen
18	Umwandlung Acker in extensives Grünland	Acker in ext. Grünland
22	Kombination aus Maßnahmen 5 und 3	kombi_5_3
23	Kombination aus Maßnahmen 5 und 11	kombi_5_11
24	Kombination aus Maßnahmen 5 und 13	kombi_5_13

### Betriebskategorien:

Marktfrucht	MF
Futterbau	FB
Veredlung	VE
Milchvieh	MV
Alle anderen Betriebskategorien	AB

### Betriebstypen:

Landwirtschaft	LA	Schweinebetriebe	VSW
Marktfruchtbetriebe	M	Geflügelbetriebe	VGE
Marktfrucht-Spezialbetriebe	M1	Veredlungs-Verbundbetriebe	V2
Intensivfruchtbetriebe	MIN	Veredlungs-Marktfruchtbetriebe	V-M
Extensivfruchtbetriebe	MEX	Veredlungs-Futterbaubetriebe	V-F
Marktfrucht-Verbundbetriebe	M2	Veredlungs-Dauerkulturbetriebe	V-D
Marktfrucht-Futterbaubetriebe	M-F	Dauerkulturbetriebe	D
Marktfrucht-Veredlungsbetriebe	M-V	Obstbaubetriebe	DOB
Marktfrucht-Dauerkulturbetriebe	M-D	Weinbaubetriebe	DWE
Futterbaubetriebe	F	Hopfenbaubetriebe	DHO
Futterbau-Spezialbetriebe	F1	Dauerkultur-Verbundbetriebe	D2
Milchviehbetriebe	FMI	Dauerkultur-Marktfruchtbetriebe	D-M
Rindermastbetriebe	FRI	Dauerkultur-Futterbaubetriebe	D-F
Futterbau-Verbundbetriebe	F2	Dauerkultur-Verbundbetriebe	D-V
Futterbau-Marktfruchtbetriebe	F-M	Landw. Gemischtbetriebe	XLA
Futterbau-Veredlungsbetriebe	F-V	Landwirtschaft mit Marktfrucht	XML
Futterbau-Dauerkulturbetriebe	F-D	Landwirtschaft mit Futterbau	XLF
Veredlungsbetriebe	V	Landwirtschaft mit Veredlung	XLV
Veredlungs-Spezialbetriebe	V1	Landwirtschaft mit Dauerkultu- ren	XLD

**Fruchtarten:**

Acker	A	Linse	LI
Acker-/Puffbohne z. Körnergewinnung	AB	Stüßlupine z. Körnergewinnung	LP
Dauerbrache	BD	Legum. auf Stillleg. zur Gründüngung	LS
einjährige Brache	BE	Luzerne	LZ
mehnjährige Brache	BU	Mais	MA
Buchweizen	BW	Nachwachsende Rohstoffe	NR
Getreide, unbestimmt	CE	Obst	OB
Weichweizen als Feldfutter	CEgp	Ödland	ÖD
Dinkel	DI	Öllein z. Körnergewinnung	ÖL
Futtererbsen zur Körnergewinnung	ER	Ölrettich	ÖR
Feldgras/Ackergras	FG	Ölfrüchte als Ölsaart	ÖS
Flachs z. Fasergewinnung	FL	Phacelia	PH
Futterrübe	FR	Winterraps z. Körnergewinnung	RA
Gartenbau	GA	Weinreben	REB
Gemüse	GE	Sonnenblume z. Körnergewinnung	SB
Grünland	GL	Sommergerste	SG
Grünland extensiv	GLex	sonstige Handelsgewächse	SO
Grünland, intensiv	GLin	Sommerroggen	SR
Mähweide	GLMW	Sommerweizen	SW
Streuobst	GLOB	Tabak	TA
Wiese allgemein	GLWI	Topinambur	TO
Grünroggen	GR	Triticale	TR
Gelbsenf	GS	Sommertriticale	TRso
Sommerhafer	HA	Futterwicke (Ganzpflanzenverwertung)	WCgp
Hanf z. Fasergewinnung	HN	Wicke zur Körnergewinnung	WCK
Hopfen	HO	Wintergerste	WG
Kartoffel	KA	Winterroggen	WR
Kichererbsen z. Körnergewinnung	KE	Winterweizen	WW
Klee	KG	Zwischenfrucht	ZF
Klee	KL	Zuckerrübe	ZR
Leguminosen-Feldgras-Mischungen	LG		

**NAG** = potenzielle Nitrataustragsgefährdung (1 = sehr gering, ..., 5 = sehr hoch)

**Norg** = Einsatz Wirtschaftsdünger (0 = 0 kg/ha, 1 = >0-25 kg/ha, 2 = >25-50 kg/ha, ..., 8 = >200 kg/ha)

**Nied-Kl.** = Niederschlagsklasse (1 = <700mm, 2 = 700-800mm, 3 = 800-900mm, 4 = >900mm)

**n** = Umfang der Stichprobe mit Maßnahme

**Mittelwert** = Mittelwert der Stichprobe mit Maßnahme [in kg N/ha\*a]

**25. %-Quartil** = 25 %-Quartil der Stichprobe mit Maßnahme [in kg N/ha\*a]

**Median** = Median der Stichprobe mit Maßnahme [in kg N/ha\*a]

**75. %-Quartil** = 75 %-Quartil der Stichprobe mit Maßnahme [in kg N/ha\*a]

**P-Wert** = Signifikanzniveau des Paarvergleichs mit/ohne Maßnahme (Tabelle enthält nur Angaben mit P-Werten <0,05)

**Wirkung** = Median der Stichprobe ohne Maßnahme minus Median der Stichprobe mit Maßnahme

Maßnahmemmr.	NAG-Klasse	Norg-Klasse	Frucht-art	Jahr	Nied-Kl.	Betriebs-kategorie	Betriebs-typ	n	Mittelwert	25 %-Quartil	Median	75 %-Quartil	P-Wert	Wirkung
3					2			62	61	21	55,5	79	0,021963	9,5
3			WG					117	53	27	44	71	0,007683	11
3			WW					147	70	48	66	90	0,000830	11
3						Marktfrucht		80	62	30	59,5	85,5	0,016815	9,5
3			RA			Marktfrucht		12	40	15,5	18,5	70,5	0,000644	65,5
3			WG			Futterbau		18	37	22	27	43	0,000101	60
3			WW					16	54	34,5	52	71	0,000069	37,5
3			WW			Milchvieh		17	60	41	60	67	0,019583	12
3							FV	44	54	25	48	71	0,010021	24
3							ohne	28	53	23	52	75	0,001261	29
3		1						86	54	28	49	71	0,000014	20
3		8						42	71	53	71	88	0,000026	45
3	3							39	54	22	55	76	0,000061	31
3		1						65	57	32	53	79	0,000476	16
3		3						26	63	47	57	91	0,003316	45,5
3	2	4						12	48	36	49	60,5	0,020791	25
3	3	1						11	29	14	18	55	0,000358	52
3	4	8						16	75	68	76	88	0,000001	40
5				2000				635	43	22	40	55	0,000000	36
5				2001				397	49	25	42	62	0,000000	23
5				2002				936	35	22	30	40,5	0,000000	24
5				2003				971	55	26	45	70	0,000000	34
5				2004				978	41	20	36	52	0,000000	25
5				2005				922	48	23	38	61	0,000000	25
5				2006				1297	48	26	38	58	0,000000	36
5					1			1089	42	18	31	54	0,000000	31
5					2			1561	48	21	35	61	0,000000	33
5					4			139	50	17	38	72	0,000138	21
5			ER					23	38	5	34	54	0,000922	46
5			HA					130	36	26	33,5	43	0,000000	37,5
5			KA					127	53	29	51	72	0,000000	24
5			MA					2594	56	36	47	64	0,000000	29
5			RA					82	43	19	23	59	0,000000	54
5			SG					303	39	18	32	51	0,000000	21
5			SW					17	57	27	48	83	0,027232	23
5			TR					448	31	18	25,5	39	0,000000	32,5
5			WG					954	35	16	26	41	0,000000	24
5			WR					530	29	15	23	34	0,000000	24,5
5			WW					646	44	21	32	58	0,000000	41
5						Futterbau		328	49	24	37	66	0,000000	32
5						Marktfrucht		908	40	17	28	50	0,000000	35
5						Milchvieh		293	49	23	36	61	0,000000	27
5						Sonstige		325	41	21	33	54	0,000000	23
5						Veredlung		87	47	22	35	54	0,000000	27
5			ER					14	17	4	9	34	0,000195	71
5			HA					98	35	24	34	44	0,000000	36
5			KA					64	57	33,5	59	73,5	0,000000	23

Maßnah- mennr.	NAG-Klasse	Norg-Klasse	Frucht-art	Jahr	Nied-Kl.	Betriebs- kategorie	Betriebs- typ	n	Mittelwert	25 %- Quartil	Median	75 %- Quartil	P-Wert	Wirkung
5			KA			Marktfrucht		49	41	28	32	55	0,000000	43
5			MA					2264	54	35	46	62	0,000000	33
5			MA			Futterbau		97	73	42	65	92	0,017507	11
5			MA			Milchvieh		93	61	33	48	75	0,000012	20
5			RA					44	48	20	26	74	0,000304	42,5
5			RA			Marktfrucht		33	38	18	21	40	0,000000	60
5			SG					132	45	24	39	58	0,015331	8
5			SG			Futterbau		23	30	13	18	36	0,000000	44,5
5			SG			Marktfrucht		63	25	11	21	36	0,000000	25
5			SG			Milchvieh		25	61	27	40	64	0,036543	61
5			SG			Sonstige		52	35	19	24,5	54	0,000000	63
5			SW			Marktfrucht		12	38	20,5	27	50,5	0,012479	31
5			TR					340	32	18	26	40	0,000000	34
5			TR			Futterbau		26	26	20	24	28	0,000000	37,5
5			TR			Marktfrucht		33	22	16	20	25	0,000000	28
5			TR			Sonstige		17	39	23	32	61	0,000159	33
5			WG					549	31	16	25	39	0,000000	26
5			WG			Futterbau		72	40	17	33	48	0,011208	12
5			WG			Marktfrucht		240	38	15	24,5	49	0,000000	17,5
5			WG			Sonstige		29	23	16	19	28	0,000000	61
5			WG			Veredlung		32	49	26	36,5	57,5	0,002861	21,5
5			WR					328	30	14	23	36,5	0,000000	22
5			WR			Futterbau		36	31	20,5	25	36	0,000688	28
5			WR			Marktfrucht		54	29	17	21,5	34	0,000000	23,5
5			WR			Milchvieh		28	26	16	26,5	34	0,019358	17,5
5			WR			Sonstige		79	24	15	22	30	0,000000	35
5			WW					234	43	21	31	58	0,000000	40
5			WW			Futterbau		42	45	28	36	60	0,000000	36,5
5			WW			Marktfrucht		291	44	18	31	55	0,000000	43
5			WW			Milchvieh		45	53	26	38	76	0,000153	34
5			WW			Veredlung		20	58	22	47	101	0,033487	22
5						F		115	48	26	41	69	0,000000	29
5						FM		139	43	19	32	46	0,000000	27
5						FMI		251	48	23	36	59	0,000000	27
5						FV		70	61	27	51	92	0,001032	29,5
5						LA		265	40	22	34	54	0,000000	23
5						M		295	35	15	26	42	0,000000	42
5						MEX		256	43	19	30	54	0,000000	42
5						MF		102	45	17	32	55	0,000000	23,5
5						MIN		27	31	11	23	36	0,002300	23
5						MV		110	44	18	26	53	0,000000	32,5
5						V		28	45	19	27	58,5	0,000077	36
5						VM		35	43	23	29	44	0,000000	33
5						XLA		35	36	14	20	34	0,000039	26,5
5						eins		80	44	17	34	62	0,000008	21
5		1						173	49	19	32	75	0,000000	38
5		2						135	44	19	32	55	0,000000	29

Maßnah- menr.	NAG-Klasse	Norg-Klasse	Frucht-art	Jahr	Nied-Kl.	Betriebs- kategorie	Betriebs- typ	n	Mittelwert	25 %- Quartil	Median	75 %- Quartil	P-Wert	Wirkung
5		3						88	47	20	<b>33,5</b>	57,5	<b>0,000000</b>	37
5		4						76	49	24	<b>35</b>	64	<b>0,000000</b>	39
5		5						85	38	25	<b>33</b>	44	<b>0,000000</b>	21
5		6						42	48	27	<b>34</b>	70	<b>0,000001</b>	42
5		7						53	56	28	<b>50</b>	76	<b>0,002501</b>	19
5	1							237	44	20	<b>30</b>	56	<b>0,000000</b>	44
5	2							164	47	18,5	<b>33</b>	55	<b>0,000000</b>	44
5	3							204	43	19	<b>31</b>	58	<b>0,000000</b>	33
5	4							429	42	18	<b>32</b>	51	<b>0,0000</b>	28
5	5							197	37	19	<b>27</b>	54	<b>0,000000</b>	28
5		2						31	46	21	<b>41</b>	64	<b>0,008803</b>	16
5		3						29	42	21	<b>24</b>	41	<b>0,000000</b>	72,5
5		4						25	33	17	<b>23</b>	51	<b>0,000002</b>	57,5
5		5						32	48	34	<b>39,5</b>	54	<b>0,042911</b>	11,5
5		6						12	59	27	<b>49</b>	93	<b>0,014592</b>	36
5		7						26	53	21	<b>37</b>	71	<b>0,002056</b>	32
5	1	0						149	43	20	<b>30</b>	52	<b>0,000000</b>	46
5	1	1						36	38	16	<b>27</b>	55,5	<b>0,000003</b>	43,5
5	1	2						21	47	21	<b>31</b>	50	<b>0,000060</b>	44
5	2	0						101	49	20	<b>38</b>	55	<b>0,000000</b>	37
5	2	1						28	44	13,5	<b>30,5</b>	73,5	<b>0,000030</b>	52,5
5	2	2						17	27	16	<b>18</b>	26	<b>0,000000</b>	64
5	3	0						140	43	19	<b>31,5</b>	54	<b>0,000000</b>	32,5
5	3	1						32	32	15	<b>19</b>	34,5	<b>0,000000</b>	67
5	4	0						248	40	17	<b>31</b>	50	<b>0,000000</b>	24
5	4	1						19	41	26	<b>30</b>	40	<b>0,000216</b>	36
5	4	2						46	44	16	<b>24</b>	42	<b>0,001187</b>	22
5	4	3						29	44	17	<b>23</b>	34	<b>0,000048</b>	48
5	4	5						31	37	26	<b>29</b>	51	<b>0,000401</b>	27
5	4	6						18	38	33	<b>34</b>	48	<b>0,002278</b>	35,5
5	5	0						147	36	18	<b>25</b>	54	<b>0,000000</b>	31
5	5	5						14	27	21	<b>25,5</b>	37	<b>0,000109</b>	30,5
6								347	23	8	<b>13</b>	22	<b>0,000000</b>	7
6				2002				52	13	7	<b>11,5</b>	15	<b>0,001258</b>	3,5
6				2003				57	40	11	<b>18</b>	40	<b>0,000244</b>	28
6				2004				56	16	7	<b>11</b>	22,5	<b>0,000108</b>	8
6					1			250	21	7	<b>14</b>	24	<b>0,000011</b>	6
6					3			28	13	8	<b>13</b>	15	<b>0,003926</b>	4
6			BE					25	31	11	<b>17</b>	42	<b>0,039754</b>	11
6			BU					268	17	7	<b>11</b>	18	<b>0,000000</b>	6,5
6						Marktfrucht		165	21	8	<b>13</b>	21	<b>0,000007</b>	10
6						Sonstige		26	18	9	<b>11</b>	13	<b>0,006945</b>	7
6			BE			Marktfrucht		15	36	7	<b>16</b>	82	<b>0,017781</b>	38
6			BU					38	22	5	<b>8</b>	28	<b>0,001232</b>	9
6			BU			Marktfrucht		122	15	7	<b>12</b>	17	<b>0,000105</b>	7
6			BU			Sonstige		24	11	9	<b>11</b>	12,5	<b>0,008788</b>	2
6			BU			Veredlung		48	18	8,5	<b>14,5</b>	22,5	<b>0,006379</b>	1,5

Maßnah- menr.	NAG-Klasse	Norg-Klasse	Frucht-art	Jahr	Nied-Kl.	Betriebs- kategorie	Betriebs- typ	n	Mittelwert	25 %- Quartil	Median	75 %- Quartil	P-Wert	Wirkung
6							F	34	15	11	12	18	0,000293	5
6							LA	16	11	8	11	12,5	0,000365	7
6							M	49	13	11	13	16	0,038045	7
6							MEX	72	17	5,5	10	21	0,000732	11
6							MF	21	31	14	18	40	0,004548	10
6							VM	12	14	3	6	9	0,003970	6
6							ohne	40	24	6	8,5	28,5	0,002736	10,5
6		0						273	19	7	12	20	0,000001	5
6		1						20	38	7	12,5	27	0,003013	20,5
6	1							28	27	11	17	28	0,006826	24
6	2							20	14	6	9	17	0,011401	18
6	3							64	17	11	16	21	0,003596	9
6	4							119	24	5	10	22	0,011705	2
6		0						68	21	9	13	20	0,000182	7,5
6	1	0						26	28	11	19	28	0,011446	22
6	3	5						14	25	11	28	35	0,000020	17
6	4	0						107	19	5	9	18	0,008693	1
7								805	44	20	33	60	0,000000	21
7				2000				74	39	15	32	55	0,000000	32
7				2001				124	41	14	36	66	0,000000	16
7				2002				96	38	20,5	28,5	47	0,000008	18,5
7				2003				106	47	26	36	69	0,000001	26
7				2005				202	46	19	32	66	0,003257	20
7				2006				121	45	23	34	50	0,000000	21
7					1			279	46	20	37	63	0,000001	14
7					2			396	40	19	32	51	0,000000	22
7					3			122	51	23	33	71	0,000570	24
7			FG					58	29	10	16	33	0,0112	10
7			HA					16	41	24	36,5	48,5	0,0004	36,5
7			RA					76	28	13	18,5	33	0,000000	56,5
7			SG					240	47	22	35	63,5	0,000005	18
7			TR					56	49	25	41,5	75,5	0,001471	25,5
7			WG					64	42	20,5	33	61	0,000086	19
7			WR					104	40	19,5	37,5	51	0,000645	10,5
7			WW					54	50	23	42	66	0,000001	29
7						Futterbau		106	39	17	26	60	0,000000	34
7						Marktfrucht		215	47	19	34	65	0,000000	20
7						Milchvieh		24	29	9,5	18	41	0,000025	42
7						Veredlung		56	46	21,5	39,5	70	0,000082	24,5
7			FG			Marktfrucht		26	33	8	11	33	0,004156	15
7			RA			Futterbau		30	23	13	18	26	0,000007	52
7			RA			Marktfrucht		20	38	14	20,5	43	0,000001	53,5
7			SG					186	47	22	34	61	0,0008	16
7			SG			Futterbau		16	46	15	52,5	66,5	0,004842	18,5
7			TR					38	44	22	36	58	0,0071	20
7			WG					22	32	15	28	41	0,022225	12
7			WR			Futterbau		12	28	10	29,5	37	0,000546	20,5

Maßnah- menr.	NAG-Klasse	Norg-Klasse	Frucht-art	Jahr	Nied-Kl.	Betriebs- kategorie	Betriebs- typ	n	Mittelwert	25 %- Quartil	Median	75 %- Quartil	P-Wert	Wirkung
7			WW			Marktfrucht		30	54	28	<b>38</b>	92	<b>0,002706</b>	32
7			WW			Veredlung		12	46	20	<b>35,5</b>	77	<b>0,003901</b>	51,5
7							F	12	36	17	<b>20,5</b>	48	<b>0,001545</b>	39,5
7							FM	88	41	18,5	<b>27</b>	62	<b>0,000003</b>	32
7							FMI	24	29	9,5	<b>18</b>	41	<b>0,000024</b>	42
7							M	67	45	15	<b>33</b>	62	<b>0,000023</b>	25
7							MEX	62	51	16	<b>46</b>	81	<b>0,006965</b>	10
7							VM	30	43	20	<b>39</b>	74	<b>0,000575</b>	27
7							ohne	390	44	20	<b>33</b>	53	<b>0,000000</b>	14
7		0						623	45	20	<b>33</b>	60	<b>0,000000</b>	19
7		1						48	42	19,5	<b>31,5</b>	52	<b>0,000004</b>	26,5
7		2						50	36	21	<b>31</b>	57	<b>0,000029</b>	27
7		4						40	39	20,5	<b>28</b>	41	<b>0,000003</b>	54,5
7		5						18	31	12	<b>16</b>	41	<b>0,002636</b>	44
7	2							26	53	17	<b>42</b>	87	<b>0,045750</b>	22
7	3							116	45	20	<b>36</b>	64	<b>0,000000</b>	29
7	4							159	46	22	<b>35</b>	66	<b>0,000066</b>	17
7		0						440	42	20	<b>33</b>	51,5	<b>0,000000</b>	18
7		5						12	21	11	<b>13,5</b>	16	<b>0,001665</b>	8,5
7	3	2						32	36	20	<b>30</b>	54,5	<b>0,000378</b>	28,5
7	3	4						26	36	20	<b>26</b>	40	<b>0,001880</b>	40
7	4	0						87	45	19	<b>37</b>	63	<b>0,020301</b>	11
8								119	39	13	<b>31</b>	55	<b>0,000000</b>	29
8				2002				24	33	14	<b>24</b>	43	<b>0,003348</b>	32,5
8				2003				14	45	23	<b>40</b>	72	<b>0,004319</b>	41
8				2004				22	26	6	<b>14</b>	53	<b>0,000000</b>	86
8				2005				21	37	14	<b>29</b>	55	<b>0,016147</b>	20,5
8					1			79	39	14	<b>31</b>	54	<b>0,000001</b>	26
8					3			38	41	9	<b>25</b>	61	<b>0,000103</b>	35
8			GL					16	19	6	<b>13</b>	35,5	<b>0,016778</b>	16
8			HA					13	22	9	<b>13</b>	42	<b>0,000222</b>	41
8			KA					11	38	20	<b>23</b>	73	<b>0,000239</b>	59
8						Marktfrucht		103	37	13	<b>25</b>	53	<b>0,000000</b>	31
8			HA			Marktfrucht		13	22	9	<b>13</b>	42	<b>0,004720</b>	32
8			KA			Marktfrucht		11	38	20	<b>23</b>	73	<b>0,0008</b>	64
8			WR			Marktfrucht		13	29	4	<b>25</b>	31	<b>0,0107</b>	23,5
8							MEX	31	26	6	<b>17</b>	31	<b>0,000000</b>	37
8							MV	24	21	8	<b>16</b>	30	<b>0,001777</b>	40
8		0						103	36	12	<b>29</b>	53	<b>0,000000</b>	29
8	1							36	40	20	<b>38</b>	53	<b>0,002083</b>	16
8	2							18	41	17	<b>36</b>	48	<b>0,000162</b>	43
8	3							22	32	9	<b>19</b>	38	<b>0,000002</b>	45
8	4							36	42	13	<b>33</b>	69	<b>0,017368</b>	21
8	1	0						35	39	17	<b>35</b>	53	<b>0,0025</b>	19
8	2	0						14	47	6	<b>44</b>	86	<b>0,005394</b>	35
8	3	0						18	17	9	<b>13</b>	20	<b>0,000000</b>	48
8	4	0						34	39	13	<b>31</b>	64	<b>0,011061</b>	20,5

Maßnah- menr.	NAG-Klasse	Norg-Klasse	Frucht-art	Jahr	Nied-Kl.	Betriebs- kategorie	Betriebs- typ	n	Mittelwert	25 %- Quartil	Median	75 %- Quartil	P-Wert	Wirkung
9								135	44	20	31	62	0,000052	24
9				2002				11	25	18	22	35	0,020886	35
9				2003				36	47	23	29	66	0,011469	36
9				2006				38	47	25	32	60	0,034249	21
9					1			50	44	21	26	49	0,016650	26
9					3			52	44	19	32	62	0,0078	23
9						Marktfrucht		15	53	5	49	97	0,022649	26
9							F	32	38	18,5	24	37	0,0316	26
9		0						105	44	20	31	62	0,002920	22
9	3							20	31	19	24	34	0,000233	46,5
9	3	0						12	34	19	24	35	0,020745	33,5
10								40	44	14,5	28	58	0,005808	31
11								1226	61	38	56	80	0,023152	3
11				2006				194	52	25	47	65	0,000171	9
11					2			75	47	22	39	72	0,001065	19
11					3			268	58	38	56,5	79	0,000029	8,5
11			GL					24	21	10	12,5	33	0,015793	7,5
11						Futterbau		264	63	45	57	79	0,042759	6
11						Veredlung		156	60	37	57	75	0,000015	11,5
11			GL					24	21	10	12,5	33	0,045857	3,5
11			RA			Marktfrucht		86	68	45	59	87	0,001790	21
11			SG			Futterbau		14	37	5	46	55	0,003621	18
11			TR			Veredlung		15	60	47	59	61	0,014662	13
11			WG			Veredlung		24	53	35,5	51	71	0,000622	27
11			WR					22	40	18	45	56	0,024454	7
11							M	160	62	38	56	83	0,038552	8
11							V	78	54	35	45	71	0,000850	19
11							VM	34	62	48	59	76	0,0099	19
11							ohne	116	43	18	41	60	0,000640	8
11							vier	20	53	19	61	80	0,028047	30
11		0						725	58	35	53	75	0,002066	4
11		6						18	46	42	43	47	0,017527	20
11	2							63	61	45	55	87	0,008837	18
11	3							244	65	41,5	61	86	0,016331	6
11		0						178	51	19	48	66	0,013825	4
11	2	0						44	53	37	50	62	0,000701	24,5
11	3	0						117	64	40	58	86	0,019555	9
11	5	6						14	43	42	43	47	0,022023	20
12								705	56	26	51	76	0,000000	13
12				2000				42	38	17	31	51	0,000001	34,5
12				2001				52	52	25	46,5	76	0,000302	18,5
12				2002				76	51	26	54	72	0,000745	8
12				2003				88	60	25	56	80	0,001251	18
12				2004				121	55	25	43	69	0,033045	8
12				2006				159	60	38	54	75	0,001480	14
12					1			259	48	20	39	68	0,000000	14
12					2			241	57	30	54	76	0,000000	18

Maßnah- menr.	NAG-Klasse	Norg-Klasse	Frucht-art	Jahr	Nied-Kl.	Betriebs- kategorie	Betriebs- typ	n	Mittelwert	25 %- Quartil	Median	75 %- Quartil	P-Wert	Wirkung
12					3			112	56	22	<b>41,5</b>	86,5	<b>0,000003</b>	27,5
12			KA					11	41	16	<b>25</b>	73	<b>0,002497</b>	55
12			MA					159	66	42	<b>61</b>	79	<b>0,011380</b>	5
12			RA					198	68	40	<b>66,5</b>	90	<b>0,000104</b>	11,5
12			WG					86	44	17	<b>30</b>	60	<b>0,000696</b>	26
12			WW					107	47	19	<b>36</b>	67	<b>0,000000</b>	44
12			ZR					77	30	18	<b>20</b>	31	<b>0,000354</b>	14
12						Futterbau		99	61	31	<b>52</b>	75	<b>0,002119</b>	10
12						Marktfrucht		336	47	19	<b>32</b>	68	<b>0,000000</b>	33
12			MA			Sonstige		33	52	41	<b>47</b>	56	<b>0,008644</b>	16
12			RA					38	63	38	<b>65</b>	91	<b>0,008897</b>	16
12			RA			Marktfrucht		83	62	28	<b>59</b>	83	<b>0,000151</b>	18
12			RA			Milchvieh		18	62	28	<b>60</b>	78	<b>0,032997</b>	21
12			WG			Marktfrucht		71	42	16	<b>30</b>	61	<b>0,005213</b>	21
12			WW			Marktfrucht		88	43	17,5	<b>28</b>	52	<b>0,000000</b>	52
12			ZR			Futterbau		20	30	18	<b>20</b>	35	<b>0,021438</b>	31
12			ZR			Marktfrucht		39	25	16	<b>20</b>	26	<b>0,000000</b>	17
12							FM	48	52	23,5	<b>44</b>	73,5	<b>0,003514</b>	13
12							LA	31	48	39	<b>45</b>	56	<b>0,004717</b>	13
12							M	112	43	17	<b>28</b>	53	<b>0,000000</b>	44,5
12							MEX	156	41	19	<b>30</b>	60	<b>0,0000</b>	35
12							vier	16	68	37,5	<b>60</b>	84,5	<b>0,010365</b>	29,5
12		0						419	52	23	<b>46</b>	72	<b>0,000000</b>	15
12		1						109	57	27	<b>50</b>	77	<b>0,000011</b>	21
12		2						62	61	29	<b>46,5</b>	79	<b>0,000302</b>	28,5
12		3						25	48	25	<b>46</b>	52	<b>0,025937</b>	11
12	1							132	47	20	<b>32</b>	69	<b>0,000000</b>	45
12	2							61	47	17	<b>30</b>	68	<b>0,000004</b>	34
12	3							80	49	20	<b>38,5</b>	74	<b>0,000002</b>	30,5
12	5							60	44	26,5	<b>42</b>	54	<b>0,003889</b>	10
12		2						29	63	38	<b>52</b>	91	<b>0,017695</b>	36
12	1	0						93	45	17	<b>30</b>	70	<b>0,0000</b>	49
12	1	1						20	41	22,5	<b>32</b>	46	<b>0,002815</b>	32
12	2	1						22	33	14	<b>19</b>	47	<b>0,000136</b>	46,5
12	3	0						47	45	18	<b>35</b>	69	<b>0,000027</b>	30
12	4	1						17	43	29	<b>39</b>	56	<b>0,025113</b>	16,5
12	5	0						52	41	25	<b>40,5</b>	52	<b>0,000292</b>	11,5
13				2000				18	62	52	<b>64</b>	84	<b>0,019274</b>	22
13				2001				43	60	44	<b>52</b>	66	<b>0,040099</b>	16
13						Milchvieh		36	66	32	<b>64</b>	99	<b>0,014792</b>	10
13			MA			Milchvieh		36	66	32	<b>64</b>	99	<b>0,014701</b>	10
13							FMI	36	66	32	<b>64</b>	99	<b>0,027045</b>	8,5
13							LA	47	50	34	<b>50</b>	58	<b>0,031519</b>	2
16								52	51	28	<b>55</b>	68	<b>0,000001</b>	21,5
16			KA					42	48	28	<b>44</b>	63	<b>0,000000</b>	36
16							ohne	42	48	25	<b>43</b>	68	<b>0,000000</b>	44
16		0						51	51	28	<b>55</b>	68	<b>0,000002</b>	21

Maßnah- menr.	NAG-Klasse	Norg-Klasse	Frucht-art	Jahr	Nied-Kl.	Betriebs- kategorie	Betriebs- typ	n	Mittelwert	25 %- Quartil	Median	75 %- Quartil	P-Wert	Wirkung
18								112	33	13,5	20	30	0,000000	45
18				2002				14	24	8	14	17	0,000022	58
18				2004				14	14	10	15	18	0,000001	62
18				2005				24	17	12,5	15	21,5	0,000000	48
18				2006				54	49	23	29	57	0,001139	26
18					1			64	20	13	17,5	24,5	0,000000	52
18					3			48	50	16	27	58,5	0,000004	41,5
18			WW					112	33	13,5	20	30	0,000000	56
18						Futterbau		20	22	18	22,5	27	0,000001	55,5
18						Marktfrucht		30	13	8	14	18	0,000000	49
18			WW					46	52	17	27	60	0,000207	50,5
18			WW			Futterbau		20	22	18	22,5	27	0,000353	60,5
18			WW			Marktfrucht		30	13	8	14	18	0,000000	57
18							F	18	23	18	23	27	0,000010	55
18							M	12	12	3	9	12	0,000000	68
18							MEX	16	14	11	15,5	18,5	0,000000	47,5
18							ohne	46	52	17	27	60	0,000096	38
18		0						88	36	12	20	31	0,000000	50
18		4						14	19	15	18	24	0,007576	17
18	3							18	12	8	10	13	0,000000	69,5
18	4							40	21	14,5	18	24,5	0,000000	39,5
18	5							12	19	12	15	31	0,000007	48
18		0						36	63	21	32,5	68	0,011756	32,5
18	3	0						16	12	5,5	9	20	0,000000	71,5
18	4	0						24	22	10	16,5	28,5	0,000000	46
22								115	41	18	34	50	0,000000	40
22				2003				20	45	14	30,5	67	0,000002	66,5
22				2005				44	27	14,5	22	36	0,000000	59
22				2006				25	45	21	38	65	0,002338	34
22					1			63	35	14	27	45	0,000000	52,5
22					2			12	31	21	25	48	0,000047	53
22					4			40	53	21	39	68	0,004256	20
22			WG					32	29	19,5	25	37	0,000000	42,5
22			WR					13	36	15	38	51	0,001249	34
22			WW					34	51	18	40,5	67	0,000002	37,5
22						Futterbau		31	27	14	21	37	0,000000	56
22						Marktfrucht		13	35	19	36	39	0,000076	32
22						Milchvieh		25	35	18	35	48	0,000436	22,5
22						Sonstige		16	63	33,5	55	86	0,047072	19
22						Veredlung		24	56	19,5	29,5	75,5	0,001387	52,5
22			WG			Futterbau		14	25	14	21	37	0,000128	34
22			WW			Milchvieh		15	33	18	36	48	0,000248	38
22							FM	11	23	10	14	45	0,000061	63,5
22							vier	19	34	18	35	46	0,000079	36
22		2						24	53	23	46	65,5	0,004597	22
22		3						18	40	21	39	65	0,000278	43,5
22		4						23	22	18	21	35	0,000013	34

Maßnah- menr.	NAG-Klasse	Norg-Klasse	Frucht-art	Jahr	Nied.-Kl.	Betriebs- kategorie	Betriebs- typ	n	Mittelwert	25 %- Quartil	Median	75 %- Quartil	P-Wert	Wirkung
22		6						18	38	21	27	45	0,000016	59
22	1							16	23	13	21,5	27	0,000000	57
22	4							39	42	14	37	57	0,000000	37
22	4	6						12	47	27	37	80	0,001949	49
23								559	40	21	34	54	0,000000	27
23				2001				22	42	30	42	57	0,000590	19
23				2002				54	34	18	27	44	0,000000	17
23				2003				64	41	24	31,5	53	0,000000	33
23				2004				104	29	14	23,5	40,5	0,000000	37,5
23				2005				145	51	22	43	65	0,000000	44
23				2006				161	41	27	36	49	0,000002	17,5
23					1			351	31	16	25	40	0,000000	35
23					3			198	57	39	48	67	0,001219	13
23			MA					190	59	40	49	67	0,042161	7
23			RA					15	36	17	22	34	0,000114	64,5
23			SG					40	20	11	15,5	25,5	0,000000	34,5
23			TR					22	38	19	42	57	0,001256	20
23			WG					116	32	18	25,5	39	0,000000	32,5
23			WR					144	29	15,5	25,5	38,5	0,000000	26,5
23			WW					24	47	33	45,5	60	0,000023	24,5
23						Futterbau		282	45	28	40	55	0,000000	13
23						Marktfrucht		107	29	12	19	44	0,000000	39
23						Sonstige		26	45	27	30	56	0,000879	37
23						Veredlung		106	29	18	24	34	0,000000	53
23			SG			Futterbau		14	30	15	27	39	0,000053	32
23			SG			Marktfrucht		22	16	10	14	19	0,000003	31,5
23			WG			Futterbau		43	27	17	24	36	0,000415	19
23			WG			Marktfrucht		23	35	11	25	62	0,000451	29
23			WG			Veredlung		28	26	21	25	27	0,000000	83
23			WR			Futterbau		38	30	18	27	40	0,001542	21
23			WR			Marktfrucht		38	27	12	20	42	0,000006	30
23			WR			Veredlung		60	30	16	22,5	39	0,000000	45,5
23			WW			Marktfrucht		14	50	22	59	69	0,014173	8
23							F	252	47	29	42	56	0,000000	9
23							FM	30	29	15	27	39	0,000000	31
23							M	66	27	12	20	38	0,000000	44
23							V	106	29	18	24	34	0,000000	49
23							XLA	26	45	27	30	56	0,006985	39,5
23		0						190	32	14	25,5	42	0,000000	33,5
23		3						20	25	14	17,5	39	0,000008	32
23		4						42	31	21	28	36	0,000000	30,5
23		5						86	40	21	36	52	0,000002	28
23		6						146	50	32	44	62	0,000000	20,5
23	2							12	28	15	23	40	0,000006	64
23	3							130	34	19	27	43	0,000000	43,5
23	4							162	34	17	30	43	0,000000	25
23	5							208	50	29	46	62	0,000000	11

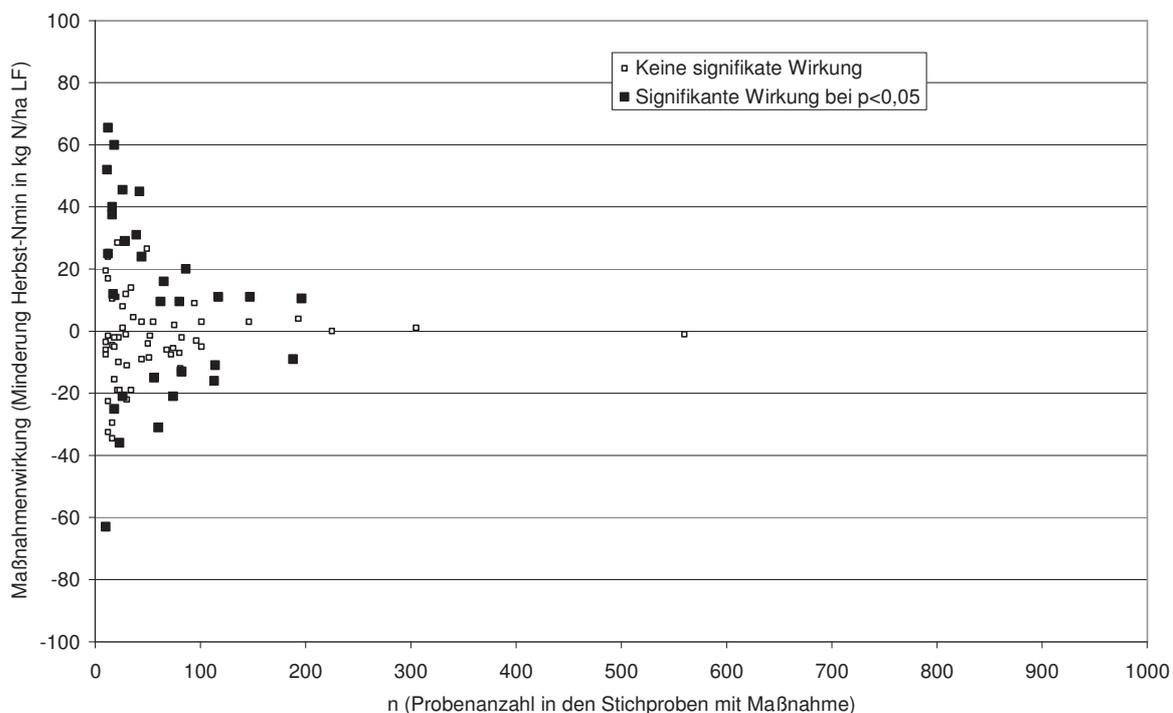
Maßnah- menr.	NAG-Klasse	Norg-Klasse	Frucht-art	Jahr	Nied-Kl.	Betriebs- kategorie	Betriebs- typ	n	Mittelwert	25 %- Quartil	Median	75 %- Quartil	P-Wert	Wirkung
23		0						20	50	9	<b>36</b>	75	<b>0,022052</b>	26,5
23	3	0						58	36	16	<b>28</b>	50	<b>0,000000</b>	35,5
23	3	4						14	30	21	<b>25</b>	34	<b>0,004520</b>	37
23	3	5						16	30	18,5	<b>31,5</b>	39	<b>0,023415</b>	46
23	3	6						14	31	22	<b>26</b>	32	<b>0,000001</b>	89
23	4	0						76	24	11	<b>20</b>	31	<b>0,000000</b>	33
23	4	5						28	37	21	<b>32,5</b>	52	<b>0,019242</b>	24,5
23	5	0						26	30	19	<b>29</b>	38	<b>0,000028</b>	27
23	5	4						14	27	18	<b>26</b>	34	<b>0,009943</b>	17
23	5	5						32	46	23,5	<b>44</b>	56	<b>0,000392</b>	37
23	5	6						104	54	33,5	<b>47,5</b>	65	<b>0,000229</b>	13,5
24								204	67	37	<b>58</b>	87	<b>0,000000</b>	27
24				2002				16	33	25	<b>28,5</b>	42	<b>0,000823</b>	15,5
24				2004				28	63	26	<b>57</b>	92	<b>0,000781</b>	44
24				2006				76	65	37	<b>54</b>	77,5	<b>0,000000</b>	50,5
24					2			128	71	41	<b>59</b>	97	<b>0,000018</b>	27
24					3			56	65	36,5	<b>58</b>	89,5	<b>0,000171</b>	27
24			MA					174	70	42	<b>59,5</b>	87	<b>0,000000</b>	25,5
24						Futterbau		36	67	42	<b>56,5</b>	82	<b>0,007422</b>	28,5
24						Marktfrucht		14	44	17	<b>26</b>	68	<b>0,000243</b>	73
24						Milchvieh		86	76	44	<b>65,5</b>	107	<b>0,000204</b>	59,5
24			MA					58	63	35	<b>56</b>	70	<b>0,000071</b>	24
24			MA			Futterbau		34	69	44	<b>57</b>	82	<b>0,005377</b>	28
24			MA			Milchvieh		82	76	46	<b>65,5</b>	107	<b>0,000157</b>	59,5
24							FMI	86	76	44	<b>65,5</b>	107	<b>0,000233</b>	59,5
24							ohne	68	62	35	<b>57</b>	70	<b>0,000062</b>	21,5
24		0						86	63	36	<b>56</b>	81	<b>0,000034</b>	19,5
24		1						14	44	17	<b>26</b>	68	<b>0,000827</b>	56
25								218	63	28	<b>51</b>	80	<b>0,000032</b>	14
25				2000				14	37	14	<b>25</b>	61	<b>0,000526</b>	45
25				2002				24	37	18,5	<b>29</b>	48	<b>0,000653</b>	20
25				2004				46	52	21	<b>41</b>	51	<b>0,034746</b>	9,5
25					1			186	61	24	<b>49</b>	85	<b>0,002378</b>	11
25			WG					34	43	19	<b>29</b>	47	<b>0,003520</b>	19
25			WR					34	31	10	<b>18</b>	39	<b>0,000007</b>	31
25						Futterbau		70	61	31	<b>49</b>	88	<b>0,000513</b>	23
25						Marktfrucht		80	57	20	<b>41,5</b>	70,5	<b>0,000034</b>	23,5
25			WR			Marktfrucht		14	19	10	<b>15</b>	28	<b>0,000023</b>	30
25							FM	14	47	18	<b>24</b>	96	<b>0,002745</b>	53
25							M	20	34	14	<b>23,5</b>	60	<b>0,000000</b>	58
25							MEX	34	48	21	<b>39</b>	60	<b>0,001917</b>	26,5
25		0						78	49	18	<b>35</b>	73	<b>0,000017</b>	26
25		1						18	42	21	<b>42</b>	60	<b>0,001469</b>	21
25	3							54	60	20	<b>35</b>	103	<b>0,000016</b>	40
25	4							100	57	25	<b>56</b>	73	<b>0,015258</b>	2
25	3	0						14	38	20	<b>27</b>	35	<b>0,000531</b>	37
25	4	0						48	38	16,5	<b>34,5</b>	56,5	<b>0,000003</b>	23,5

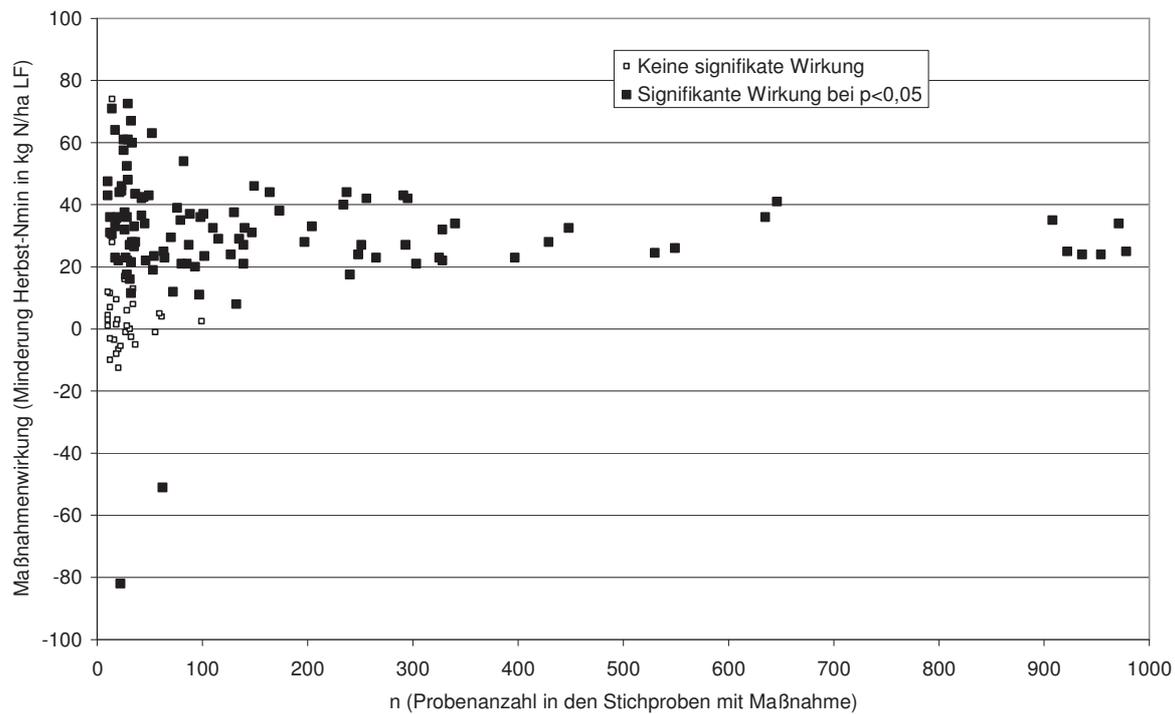
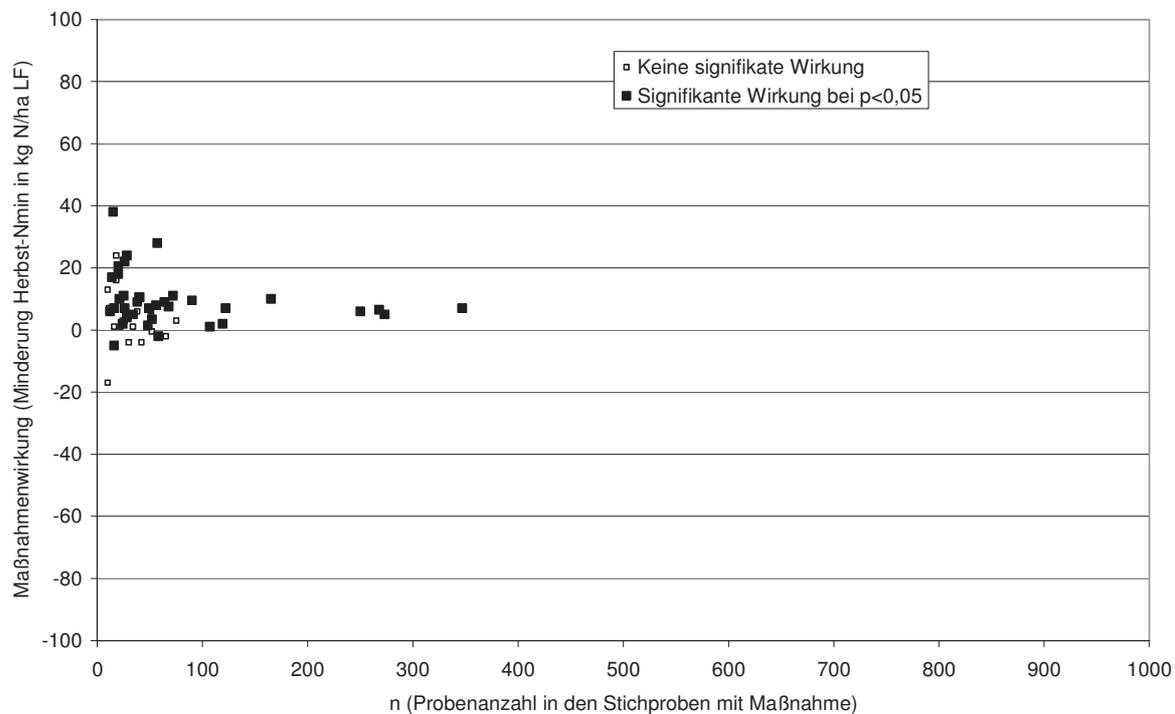
## Anhang 5: Verteilung signifikanter und nicht signifikanter Ergebnisse in Abhängigkeit von der Stichprobengröße

In den folgenden Abbildungen werden für die Paarvergleiche die Zusammenhänge zwischen signifikanter und nicht signifikanter Ergebnisse in Abhängigkeit von der Stichprobengröße dargestellt. Dabei werden Maßnahmen mit einer Stichprobengröße von mindestens 100 Proben mit Maßnahme dargestellt, für die einzelnen Paarvergleiche müssen mindestens 10 Proben mit Maßnahme vorliegen. Jeder Punkt in den Diagrammen entspricht dem Ergebnis eines Paarvergleichs mit unterschiedlicher Kombination der Probenmerkmale (Fruchtart, Jahr, ...).

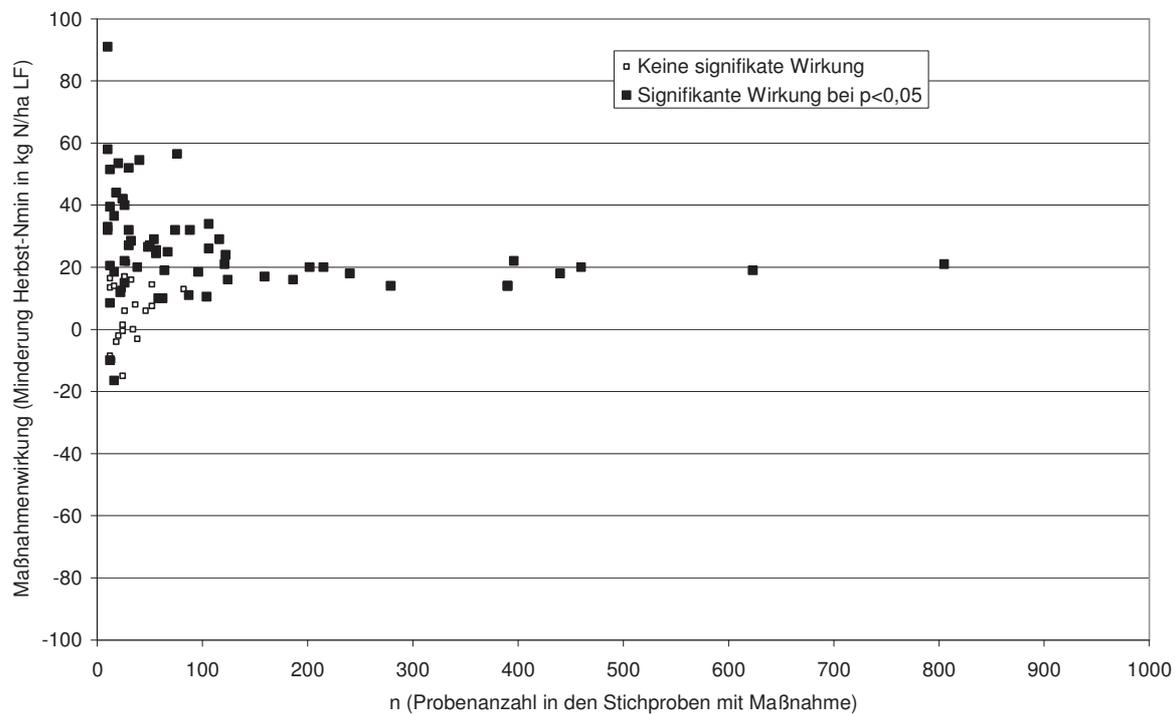
In der Regel finden sich bei geringer Stichprobengröße mehr nicht signifikante Ergebnisse, bei höherem Stichprobenumfang stabilisieren sich i.d.R. die Werte für die Maßnahmenwirkung, und die Proben mit Maßnahme sind signifikant von Proben ohne Maßnahme zu unterscheiden. Im Fall der Maßnahmen *Gewässerschonende Aufbringung von Wirtschaftsdüngern*, *Maisensaat* und *Erstellung schlagbezogener Nährstoffbilanzen* können die Paare dagegen auch bei größeren Stichproben nicht signifikant unterschieden werden, und/oder erreichen nur eine geringe Wirkungshöhe.

**Abbildung A5\_1: Wirkungen der Maßnahme „Gewässerschonende Aufbringung von Wirtschaftsdüngern“**

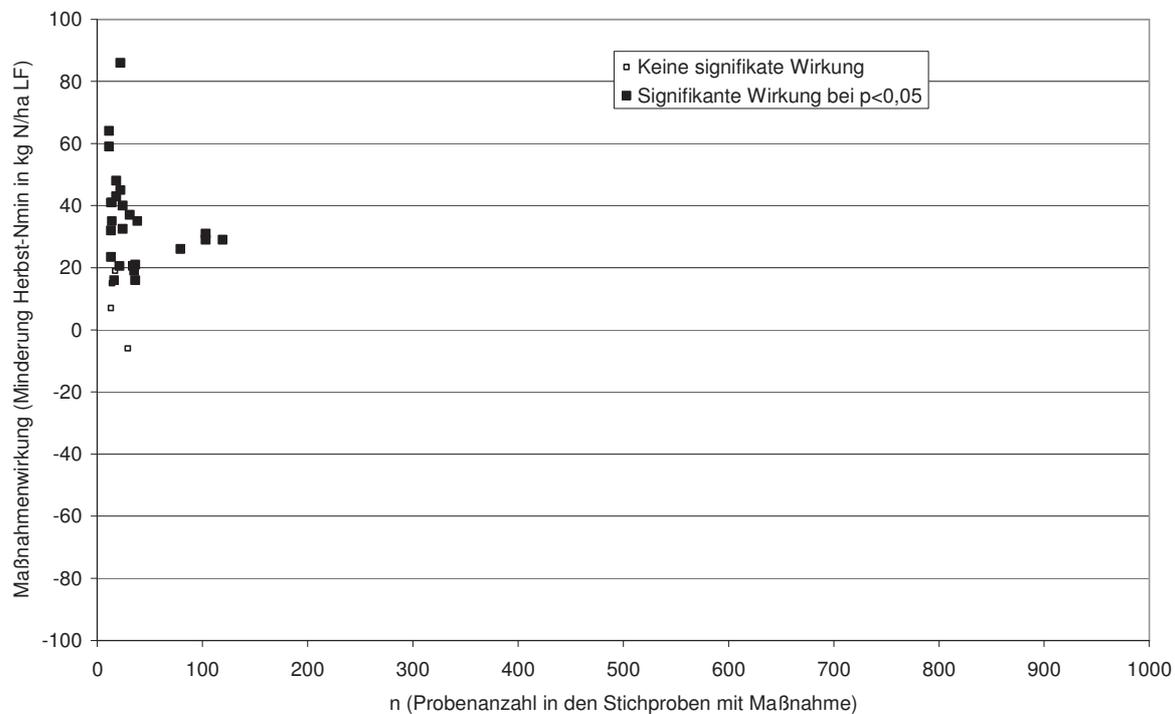


**Abbildung A5\_2: Wirkungen der Maßnahme „Zwischenfrucht/Untersaaten“****Abbildung A5\_3: Wirkungen der Maßnahme „Brachebegrünung“**

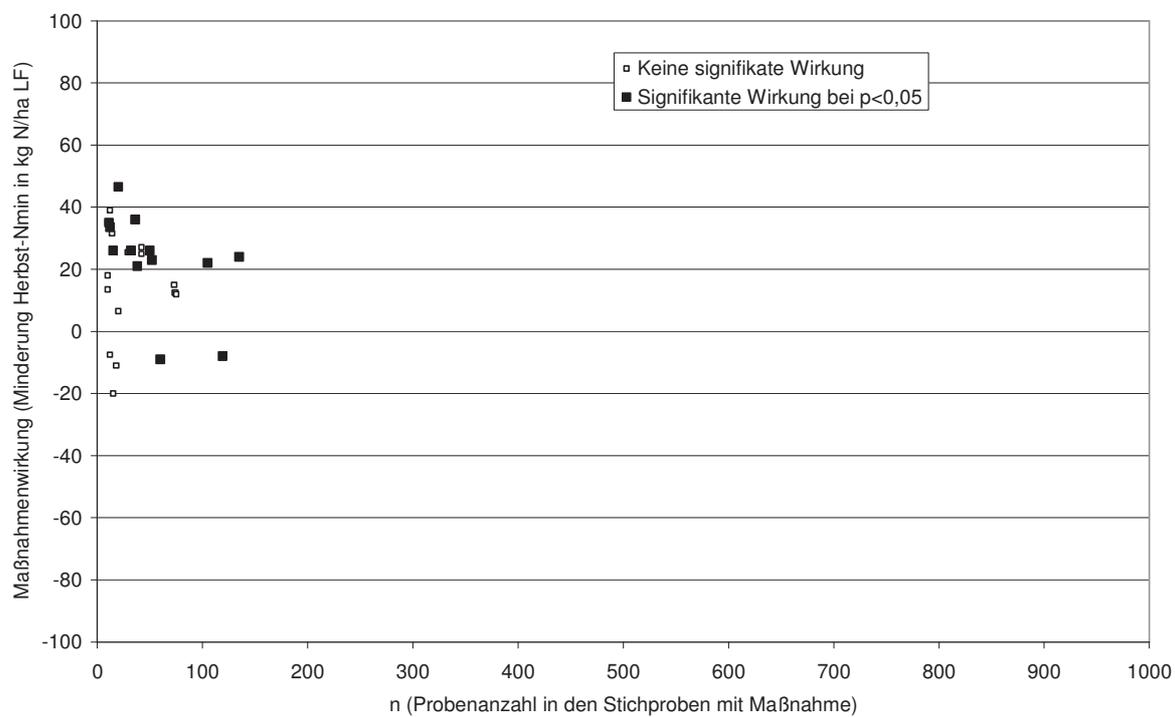
**Abbildung A5\_4: Wirkungen der Maßnahme „Gewässerschonende Fruchtfolgegestaltung konventionell“**



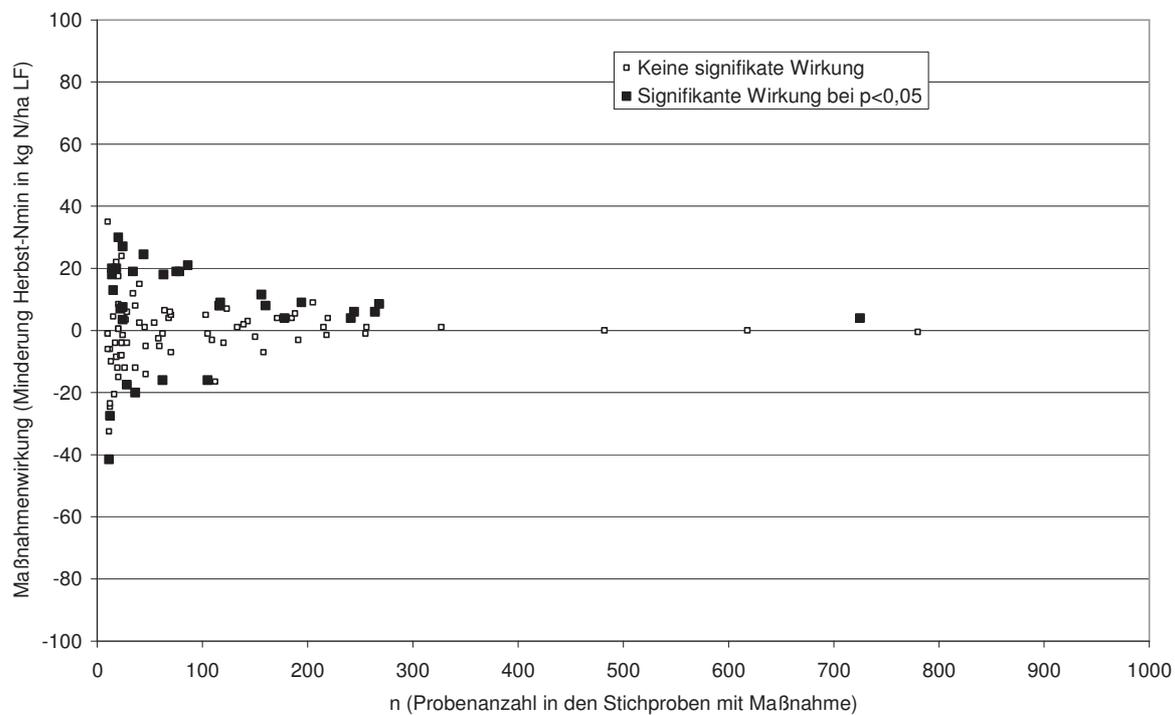
**Abbildung A5\_5: Wirkungen der Maßnahme „Gewässerschonende Fruchtfolgegestaltung Öko“**

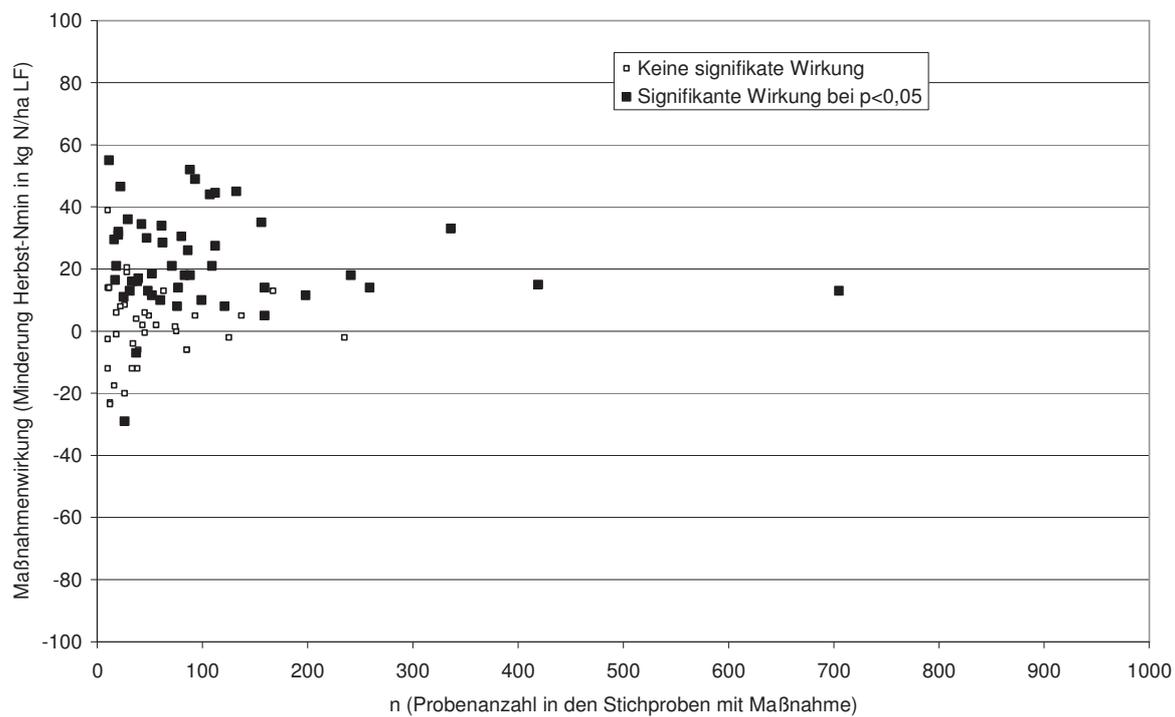
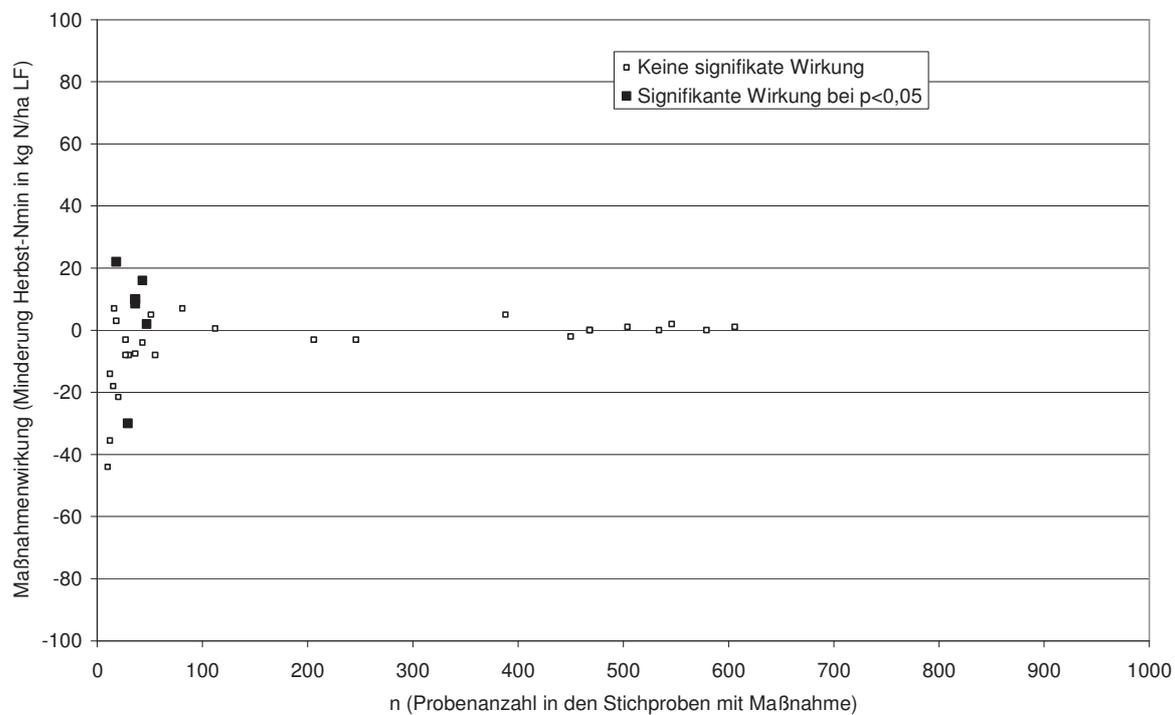


**Abbildung A5\_6: Wirkungen der Maßnahme „Extensive Bewirtschaftung von Grünland“**



**Abbildung A5\_7: Wirkungen der Maßnahme „Reduzierte N-Düngung“**



**Abbildung A5\_8: Wirkungen der Maßnahme „Reduzierte Bodenbearbeitung“****Abbildung A5\_9: Wirkungen der Maßnahme „Maisensaat“**



Institut für Ländliche Räume



## **Abschätzung der ökologischen und ökonomischen Wirkungen einer landesweiten Maßnahmenumsetzung**

**Ergebnisse der Arbeiten im vTI zum Projekt WAgriCo2**

**Wolfgang Roggendorf**

Braunschweig, im Februar 2010



## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Einführung und Problemstellung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Daten und Methoden</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>8</b>
3.1	Ökologische Wirkungen	8
3.2	Akzeptanzschätzungen für 2013	13
3.3	Kosten	17
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>19</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>21</b>

## Verzeichnis der Karten

Karte 1:	Gebietskulisse nach Wasserrahmenrichtlinie und Verteilung der Gewinnungs- und Schutzgebiete für Trink- und Grundwasser	5
Karte 2:	Inanspruchnahme der Agrarumweltmaßnahmen 2007 in den Einzugsgebieten der WRRL-Kulisse	8

## Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1:	Datengrundlagen	3
Tabelle 2:	Förderflächenumfang, geschätzte Wirkung und Kosten der AUM 2007 innerhalb der WRRL-Zielkulisse	9
Tabelle 3:	Förderflächenumfang, geschätzte Wirkung und Kosten der Freiwilligen Vereinbarungen zum Trinkwasserschutz in der WRRL-Zielkulisse	11
Tabelle 4:	Potenzialfläche, erwartete Akzeptanzrate, erwarteter Förderflächenumfang und Wirkung der WAgriCo-Maßnahmen	16

## 1 Einführung und Problemstellung

In dem bis Ende 2008 laufenden EU-Life-Projekt WAgriCo wurde unter Federführung des Niedersächsischen Landesbetriebes für Wasserwirtschaft, Küsten und Naturschutz (NLWKN) in Zusammenarbeit mit Vertretern aus der landwirtschaftlichen Praxis, der Landwirtschaftskammer Niedersachsen, weiteren Fachbehörden des Landes und Kooperationspartnern nach Wegen eines kooperativen Grundwasserschutzes für Grundwasserkörper gesucht, für die der gute Zustand bis 2015 voraussichtlich nicht erreicht werden kann. In diesem Rahmen wurden eine Palette von Maßnahmen zur Verbesserung der Grundwasserqualität und eine Zielkulisse zur Umsetzung dieser Maßnahmen erarbeitet. Daneben wurden Reduktionsziele für die einzelnen Grundwasserkörper in der Kulisse zur Erreichung des guten Zustands aufgestellt. Das vTI war damit beauftragt, für das im Projekt festgelegte Maßnahmenpaket die voraussichtlichen Wirkungen unter verschiedenen Budgetgrenzen und Reduktionsszenarien zu ermitteln, ausgehend von einer Baseline für das Jahr 2003. Den Berechnungen lag eine Expertenschätzung der zukünftigen Akzeptanz sowie, aufbauend auf den Maßnahmenblättern des LAWA-Projektes, eine Wirkungsabschätzung pro Flächeneinheit zugrunde. Die Ergebnisse dieser erstmaligen Wirkungsabschätzung sind im Deliverable 7.2 dargelegt (SCHMIDT und OSTERBURG, 2008).

In den zwischenzeitlich vorgelegten Bewirtschaftungsplänen und Maßnahmenprogrammen nach der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ist festgelegt worden, mit welchen Maßnahmen die Ziele nach WRRL erreicht werden sollen. Neben den Basismaßnahmen, vor allem der Umsetzung der Düngeverordnung, sollen dem Prinzip der Freiwilligkeit folgend „ergänzende“ Fördermaßnahmen eingeführt werden und, unterstützt durch eine gezielte Beratung zum Grundwasserschutz und zur Zielerreichung, in der Kulisse beitragen. Als „ergänzende“ Maßnahme soll eine Auswahl der im WAgriCo-Projekt näher untersuchten Maßnahmen zukünftig in der Zielkulisse angeboten werden. Die Maßnahmen werden als ELER-Maßnahmen, speziell als Teil des Niedersächsischen/Bremer Agrar-Umweltprogramms (NAU/BAU), umgesetzt und nach der ELER-VO von der EU-Kommission kofinanziert.

Im Rahmen des Nachfolgeprojekts WAgriCo2 wird nun im vorliegenden Bericht, ausgehend von den aufgeführten Vorarbeiten und Rahmenbedingungen, folgenden Fragestellungen nachgegangen:

- Abschätzung der Wirkungen durch Analyse der Fördersituation in 2007, um den zusätzlichen Wirkungsbeitrag durch die Einführung der Wasserschutz-Maßnahmen (W-Maßnahmen) beurteilen zu können: Was konnte mit den angebotenen Agrarumweltmaßnahmen (AUM) und Freiwilligen Vereinbarungen (FV) in den Kooperationsgebieten für Trinkwasserschutz innerhalb der Kulisse bereits 2007 erreicht werden? Wie viel fehlt noch zur Erreichung des vorgegebenen Reduktionszieles für „ergänzende“ Maßnahmen?

- Für das aktualisierte, zukünftig im Rahmen des ELER angebotene Paket der WAgriCo-Maßnahmen: Revision der Akzeptanzschätzung und Ermittlung der Potenzialflächen unter Einbeziehung der im aktuellen Richtlinienentwurf vorgesehenen Förderrestriktionen (Bagatellgrenze 500 Euro für jede Einzelmaßnahme, 25 % Mindestanteil der Ackerfläche teilnahmewilliger Betriebe an der Kulisse), Aktualisierung der Wirkungsabschätzung.

Folgende Agrarumweltmaßnahmen des WAgriCo-Paketes werden zukünftig im Rahmen des NAU/BAU angeboten (Entwurf der RL NAU/BAU 2010):

- H1= W2 Zwischenfruchtanbau winterhart: Anbau einer leguminosenfreien, winterharten Zwischenfrucht/Untersaat als Winterbegrünung, Aussaat bis 15.09., Umbruch nicht vor dem 15.03. des Folgejahres, keine N-Düngung zur Zwischenfrucht nach Kartoffeln, Mais oder Raps.
- H2= A7 Zwischenfruchtanbau (Standard): Anbau von Zwischenfrüchten/Untersaaten auf mindestens 5 % der Ackerfläche zum Zeitpunkt der Antragstellung (keine Selbstbegrünung), Aussaat bis 15.09., Umbruch nicht vor dem 15.02. des Folgejahres.
- H5= W3 Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais: Verzicht auf jegliche Bodenbearbeitung nach der Maisernte bis zum 15.03. des Folgejahres. Keine N-Düngung von der Ernte bis zum 01.03. des Folgejahres, eine Kalkung ist zulässig.
- H7= A3 Umweltfreundliche Gülleausbringung: Ausbringung von auf dem Betrieb erzeugter Gülle durch Maschinenring/Lohnunternehmer mit besonders umweltfreundlicher Technik (Schleppschlauch, -schuh, Injektion), jährliche Laboruntersuchung des flüssigen Wirtschaftsdüngers auf N-Gehalte.
- H12= W5 Winterrüben vor Wintergetreide: Nach Ernte der Hauptfrucht Anbau von Winterrüben vor Wintergetreide, Aussaat bis 15.08., Umbruch nicht vor dem 10.10., keine N-Düngung der Rüben und des Getreides im Aussaatjahr.
- H13= W4 Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Raps: Nach der Ernte des Rapses keine Bodenbearbeitung, kein Umbruch des Ausfallrapses vor dem 01.10. bei Winterungen, bei nachfolgenden Sommerungen nicht vor dem 15.03., keine N-Düngung nach der Rapsernte bis zum 01.11.
- M45= C Förderung ökologischer Anbauverfahren: Einführung oder Beibehaltung im gesamten Betrieb, Bewirtschaftung gemäß VO (EG) Nr. 834/2007 samt EG-Folgerecht.

## 2 Daten und Methoden

Zur Durchführung der aktualisierten Wirkungs- und Akzeptanzanalysen stehen neben den Ausgangsdaten und Ergebnissen der früheren Gutachten folgende Datenbestände zur Verfügung, aus denen primär Aussagen zum Anbaujahr 2007 abgeleitet werden:

**Tabelle 1:** Datengrundlagen

Thema	Datensatzbeschreibung	Quelle
InVeKoS	Auszug aus dem InVeKoS-Datenbanksystem des Landes, Antragsstellung 2006 und 2007 samt Geometriedaten auf Feldblockbasis	SLA, 2007 und 2008
Diwa-Behördenshuttle	Auf Ebene der WSG und TWGG Angaben zum Umfang der Freiwilligen Vereinbarungen und der landwirtschaftlich genutzten Fläche für das Jahr 2008	NLWKN, 2009
Abgrenzung der Trinkwassergewinnungsgebiete sowie der WRRL-Kulisse	GIS-Layer mit NLWKN-Aktualisierungsstand: Juli 2009. Download unter <a href="http://www.nlwkn.niedersachsen.de/master/C51562003_N51561742_L20_D0_I5231158.html">http://www.nlwkn.niedersachsen.de/master/C51562003_N51561742_L20_D0_I5231158.html</a> , Kulisse versendet vom LBEG	NLWKN, 2009, LBEG 2008
Daten der Agrarstatistik	Daten der Agrarstrukturerhebung 2007- Fachserie 3 Reihe 3.1.8: Landwirtschaftliche Bodennutzung, aggregiert auf Ebene der Landkreise sowie auf Landesebene	Statistisches Bundesamt 2008

Quelle: Eigene Darstellung.

### *Daten aus dem InVeKoS inklusive Daten zur Förderung der AUM*

Der zentrale Datenbestand zur Durchführung der Akzeptanzanalysen ist ein Auszug aus dem Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystem (InVeKoS) des Landes. Die InVeKoS-Daten sind dem vTI projektbezogen unter der Gewährleistung umfassender Datenschutzvereinbarungen zur Verfügung gestellt worden. Eine detaillierte Datensatzbeschreibung ist zu finden bei ROGGENDORF et al. (2008).

Der Datenauszug umfasst im Einzelnen:

- die Angaben des Flächen- und Nutzungsnachweises (FNN) aller Betriebe mit Antrag auf Direktzahlungen inklusive der Angaben zu Landschaftselementen,
- aus dem Sammelantrag Angaben zum Tierbestand,
- für alle Agrarumweltmaßnahmen und die Ausgleichzahlungen für Gebiete mit umweltspezifischen Einschränkungen Tabellen mit den physischen Einheiten (beantragte Tierzahl und Güllemenge sowie Förderfläche auf Schlagebene in Hektar),
- aus dem InVeKoS-Geoinformationssystem landesweit alle Feldblockgeometrien zur Identifizierung der im FNN angegebenen Einzelflächen (VO (EG) Nr. 1593/2000).

Zur Aussagekraft der InVeKoS-Daten sei angemerkt, dass die Flächenangaben den Angaben in den Förderanträgen entsprechen, festgestellte Abweichungen bei Verwaltungs- oder Vor-Ort-Kontrollen sind nicht in den Datensatz eingeflossen. Zudem bestimmt das Feldblocksystem die Grenze der räumlichen Auflösung/Genauigkeit. Die Lagegenauigkeit von schlagbezogenen Angaben zur Flächennutzung und zu den Agrarumweltmaßnahmen kann nur bis auf die Ebene der zugeordneten Feldblocke bestimmt werden. Bei Verschneidungen mit weiteren Geodaten, wie z. B. der WRRL-Kulissen, wird daher mit Annäherungen über den Anteilswert des Feldblocks gearbeitet.

### ***Diwa-Behörden-Shuttle***

Für Berechnungen zur Wirkung und Akzeptanz innerhalb der Trinkwasserschutz- und -gewinnungsgebiete standen Angaben zum Umfang der Freiwilligen Vereinbarungen in den einzelnen Gebieten als Auszüge aus der Diwa-Behördenversion für das Jahr 2008 zur Verfügung. Die Lage der Schutz- und Gewinnungsgebiete ist den GIS-Layern aus dem Downloadbereich des NLWKN entnommen. Allerdings können die Einzelgebiete im GIS-Layer wegen abweichender Schlüsselnummern nicht vollständig den Daten aus dem Diwa-Shuttle zugeordnet werden. Rund 7 % der Feldblock-LF in den Wasserschutzgebieten (WSG) und Trinkwassergewinnungsgebieten (TWGG) konnte nicht mit Daten des Shuttles verknüpft werden (7.100 ha). Die Förderflächenangaben zu den Freiwilligen Vereinbarungen sind gemäß dem Maßnahmenkatalog des Niedersächsischen Umweltministeriums (MU) aufgeschlüsselt. Da bei den Freiwilligen Vereinbarungen nur teilweise eine inhaltliche Übereinstimmung mit den Förderauflagen von WAgriCo-Maßnahmen besteht, sind Rückschlüsse auf deren zukünftiger Akzeptanz nicht immer möglich.

### ***Vorgehensweise***

#### **a) Berechnung der Wirkungen**

Die aktuelle Akzeptanz der über das NAU/BAU angebotenen Maßnahmen innerhalb der Kulisse wurde anhand der einzelflächenbezogenen Angaben zur Flächenbindungen im InVeKoS-Sammelantrag (Anlagen 2 und 3) berechnet. Die Lage der im InVeKoS-Antrag angegebenen Schläge in der WRRL-Kulisse wird über eine Verschneidung der Kulisse mit dem GIS-gestützten Feldblockkataster bestimmt. Werden Feldblocke von der Kulissengrenze angeschnitten und befinden sich daher nur Teile des Feldblocks innerhalb der Kulisse, werden die darauf befindlichen Förderflächen nur im Verhältnis zum entsprechenden Anteilsfaktor des Feldblocks angerechnet. Insgesamt umfasst die innerhalb der Kulisse liegende Feldblockfläche rund 735.000 ha. Davon wurden allerdings nur rund 682.400 ha als landwirtschaftlich genutzte Schläge im FNN des InVeKoS beantragt.<sup>1</sup>

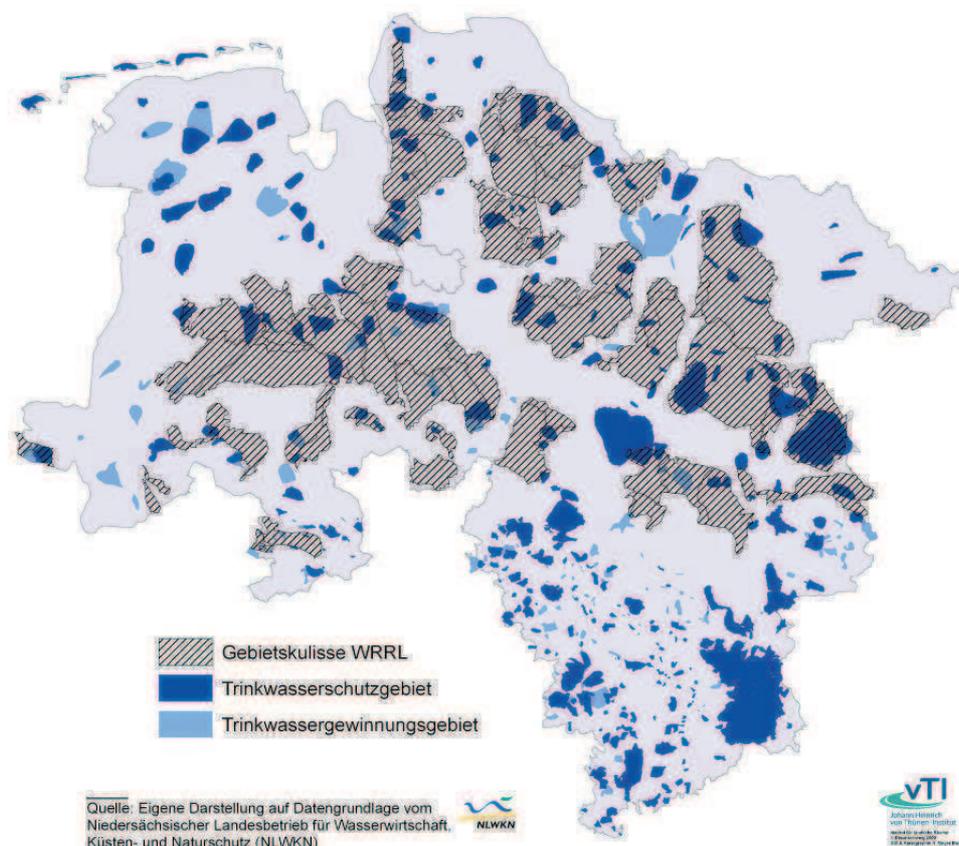
---

<sup>1</sup> Die Feldblockflächen innerhalb der Kulisse wurden demnach zu rund 7 % in den Flächenanträgen nicht genutzt, landesweit liegt der Anteil etwas niedriger (bei rund 5 %).

Zur Wirkungsabschätzung der Freiwilligen Vereinbarungen wurden über GIS-Verschneidungen zunächst der Anteil der Trinkwasserschutz- und Gewinnungsgebiete an der WRRL-Kulisse sowie die Feldblöcke mit ihren Anteilen innerhalb der WSG und TWGG ermittelt. In Karte 1 ist die Überlagerung der unterschiedlichen Kulissen dargestellt. Von der landwirtschaftlich genutzten Fläche in den Schutz- und Gewinnungsgebieten innerhalb der WRRL-Kulisse sind rund 100.400 ha in den FNN erfasst. Die Förderflächen für FV wurden aus der Diwa-Datenbank für die Schutz- und Gewinnungsgebiete innerhalb der Kulisse ausgelesen. Angeschnittene Gewinnungsgebiete wurden entsprechend ihres LF-Anteils in der Kulisse – ermittelt über die Feldblockfläche – in die Flächenberechnung mit einbezogen.

Die angerechneten Flächenumfänge der FV sind Bruttowerte, eine Berechnung von Nettowerten durch Abzug von Flächen mit Maßnahmenkombinationen lässt der Datensatz des Diwa-Behördenshuttle nicht zu. Für die FV ist daher von einer Wirkungsüberschätzung auszugehen, der jedoch eine Wirkungsunterschätzung für AUM gegenübersteht (s. u.).

**Karte 1:** Gebietskulisse nach Wasserrahmenrichtlinie und Verteilung der Gewinnungs- und Schutzgebiete für Trink- und Grundwasser



Die Abschätzung des Umfangs der mit Fördermaßnahmen zu erzielenden Wirkung innerhalb der Kulisse erfolgte durch eine Hochrechnung mittels der Wirkungskoeffizienten, die im LAWA-Projekt veröffentlicht (OSTERBURG et al., 2007) bzw. im Vorgängerprojekt durch Experteneinschätzung über den ökologischen Effekts der WAgriCo-Maßnahmen verifiziert wurden. Für Maßnahmen, zu denen keine Expertenschätzung im WAgriCo-Projekt durchgeführt wurde, wurden in Anlehnung an das Vorprojekt die Wirkungskoeffizienten zu gleichen Teilen (Mittelwert) aus der Minderung des Herbst- $N_{\min}$ -Wertes und der Reduzierung des N-Saldos berechnet. Die projektinterne, kontroverse Fachdiskussion zur Aussagekraft der beiden Indikatoren in Bezug auf die Wasserbelastung zeigte, dass die Zusammenhänge zwischen beiden Indikatoren und zwischen potenzieller Emission und der resultierenden Immission nicht abschließend geklärt werden konnten. Die damit verbundene Unsicherheit bei der Abschätzung des Reduktionspotenzials ist bei der Interpretation der Modellergebnisse zu berücksichtigen.

Analog der zuvor genannten Quellen wird in der hier durchgeführten Berechnung die potenzielle Spannweite der ökologischen Effekte durch die Angabe von Min- und Max-Werten ausgewiesen. Aufgrund von Standort- und Witterungseinflüssen sowie durch Managementunterschiede ist stets von einer erheblichen Streuung der zu erzielenden Reduktionswirkung auszugehen, die bei der Bewertung der Endergebnisse ebenfalls zu berücksichtigen ist.

#### b) Akzeptanzanalyse und Prognose

Die Prognose der Akzeptanzraten für einzelne WAgriCo-Maßnahmen nach dreijähriger Anlauf- und Beratungsphase basierte im Deliverable 7.2 im Wesentlichen auf Expertenschätzungen. Bei der hier vorgenommenen Überprüfung und teilweisen Aktualisierung werden daneben noch folgende, zusätzliche Auswertungen herangezogen:

- Die Entwicklung von Akzeptanzzahlen der bereits im NAU/BAU angebotenen Maßnahmen in den zurückliegenden drei Jahren,
- die Akzeptanzzahlen für Freiwillige Vereinbarungen in den Kooperationsgebieten für Trinkwasserschutz. Allerdings sind gegenüber Letzteren Abschlüsse wegen der zu erwartenden geringeren Beratungsintensität in der WRRL-Kulisse vorzunehmen.

Im Vergleich zur Vorgängerstudie wurde die aktualisierte Analyse der Potenzialfläche anhand der InVeKoS-Daten 2007 sowie unter Einbeziehung der im Richtlinienentwurf vorgesehenen Förderrestriktionen durchgeführt (25 % Ackerland in der Kulisse, Bagatellgrenze). Ohne Berücksichtigung von Strukturwandel und Flächenbewegungen zwischen Betrieben wird eine statische Betrachtung, basierend auf dem FNN 2007, vorgenommen. Es werden nur die Flächen von Betrieben als Potenzialflächen gewertet, deren Ackerland zu mindestens 25 % innerhalb der Kulisse liegt und die bei den vorgesehenen Prämiensätzen gemäß Richtlinienentwurf den Mindestumfang von 500 Euro überschreiten würden.

Als förderfähig sind zwar alle Flächen potenziell teilnehmender Betriebe anzusehen, für die Abschätzung von Wirkungen ist aber nur die innerhalb der Kulisse liegende Potenzialfläche von Interesse. Die Berechnung der Potenzialfläche erfolgt, wie unter a) dargestellt, über die Bestimmung der Lage von Feldblöcken in der WRRL-Kulisse mittels Verschneidung, für angeschnittene Feldblöcke werden Anteilsfaktoren gebildet.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Zu erwähnen ist, dass die Berechnung der Potenzialfläche und der daraus abgeleiteten Wirkung auf Ebene der einzelnen Teileinzugsgebiete in der Summe das entsprechende Ergebnis für die Gesamtkulisse übersteigt. Die Ursache sind Überlagerungen einzelner Teileinzugs-, Schutz- oder Gewinnungsgebiete, so dass Feldblöcke in diesen Gebieten mehrfach gezählt werden.

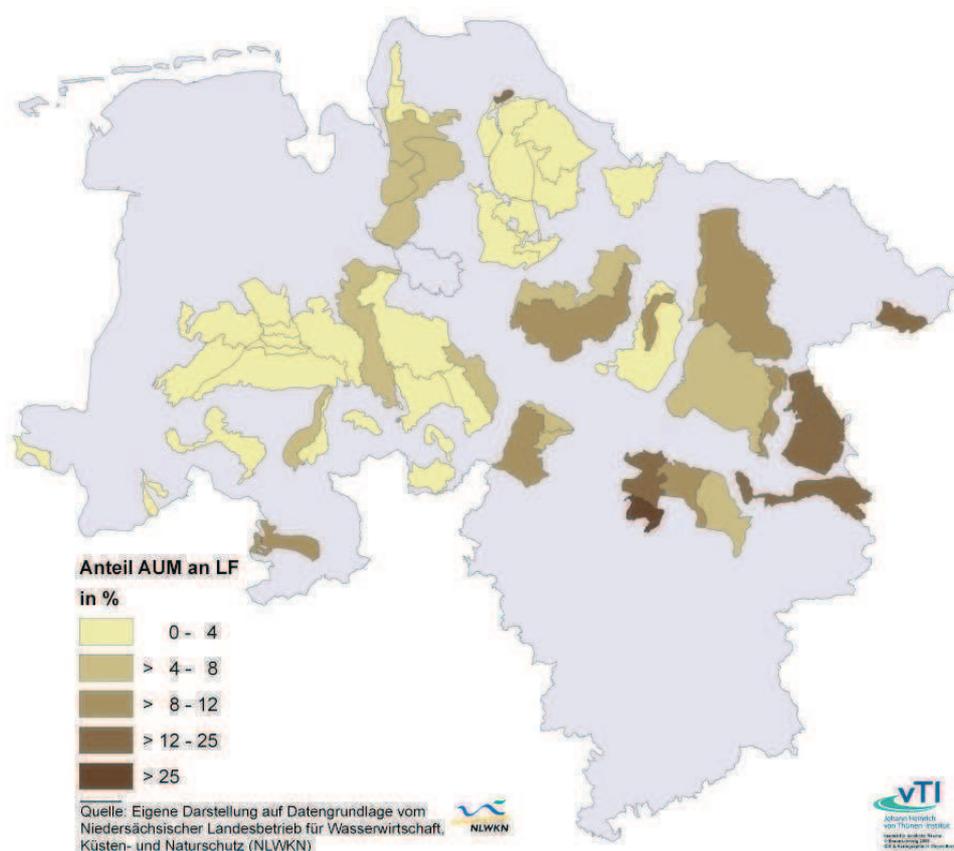
## 3 Ergebnisse

### 3.1 Ökologische Wirkungen

Die Abschätzung der bereits erzielten Wirkungsbeiträge vor Beginn der Förderung „ergänzender“ Maßnahmen wird für die Situation im Jahr 2007 durchgeführt. Sie setzt sich aus den über das Programm für den ländlichen Raum PROFIL geförderten Agrarumweltmaßnahmen, die bereits innerhalb der Kulisse in Anspruch genommen werden, und den Freiwilligen Vereinbarungen in den Kooperationsgebieten für Trinkwasserschutz innerhalb der Kulisse zusammen.

#### *Agrarumweltmaßnahmen nach ELER*

**Karte 2:** Inanspruchnahme der Agrarumweltmaßnahmen 2007 in den Einzugsgebieten der WRRL-Kulisse



Karte 2 zeigt, dass in den einzelnen Zielgebieten der WRRL-Kulisse die Agrarumweltmaßnahmen im Jahr 2007 eine sehr unterschiedliche Akzeptanz erreicht haben. Vor allem im westlichen Niedersachsen sowie im Elbe-Weser-Dreieck in den Regionen mit Inten-

sivtierhaltung und mit hoher Viehbesatzdichte waren durchweg nur sehr geringe Akzeptanzwerte zu verzeichnen. In den meisten dieser Regionen mit geringer Inanspruchnahme durch AUM fällt gleichzeitig die erforderliche Reduktion der diffusen N-Emissionen aus der Landwirtschaft zur Einhaltung der Umweltziele (50 ppm im Sickerwasser) besonders hoch aus (SCHMIDT und OSTERBURG, 2008).

In Tabelle 2 ist die Verteilung der Akzeptanz auf die einzelnen Maßnahmen in der Kulisse und die daraus abgeleiteten Wirkungsbeiträge dargestellt. Einbezogen in die Wirkungsabschätzung wurden nicht nur die Maßnahmen mit unmittelbarer Zielsetzung (Grund-)Wasserschutz, sondern alle Maßnahmen des NAU/BAU und des Vertragsnaturschutzes, die aufgrund ihrer Förderauflagen eine positive Wirkung für den Wasserschutz mit sich bringen. Ist also die Teilnahme an den Fördermaßnahmen z. B. mit Auflagen im Hinblick auf Absenkung der Düngung verbunden, werden diese Förderflächen mit angerechnet. Die Wirkungskoeffizienten sind dabei aus dem LAWA-Katalog von Maßnahmen mit vergleichbaren Auflagen entnommen, so wird z. B. die Anlage von Blühstreifen einer einjährigen Stilllegung gleichgesetzt.

**Tabelle 2:** Förderflächenumfang, geschätzte Wirkung und Kosten der AUM 2007 innerhalb der WRRL-Zielkulisse

Kürzel	Maßnahme	Förder- fläche 2007	Effekt			Wirkung 2007			Entgelt	Kosten pro Jahr	Kosten- wirksam- keit
			[kg N / ha]			[t]					
			min	Ø	max	min	Ø	max			
A2	Mulch- oder Direktsaat oder Mulchpflanzverfahren	10.065	0	10	30	0	101	302	72	724,7	7,2
A3	Umweltfreundliche Gülleausbringung	50.840	5	17,5	30	254	890	1525	15	762,6	0,9
A4	Blühflächen auf Stilllegungsflächen	268	35	50	70	9	13	19	160	42,9	3,2
A5	Blühstreifen außerhalb von Stilllegungsflächen	1.809	35	50	70	63	90	127	600	1.085,2	12,0
A6	Mehrfährige Blühstreifen	21	40	60	80	1	1	2	330	7,1	5,5
A7	Anbau von Zwischenfrüchten oder Untersaaten	6.100	10	30	50	61	183	305	70	427,0	2,3
B <sub>alt</sub>	Extensive Grünlandnutzung, gesamtbetrieblich	4.137	0	15	35	0	62	145	103	426,1	6,9
	Extensive Grünlandnutzung Einzelflächen										
B1	handlungsorientiert	2.192	5	20	40	11	44	88	90	197,3	4,5
B2	ergebnisorientiert	25	5	20	40	0	1	1	110	2,8	5,5
C	Ökologische Anbauverfahren	11.357	25	45	100	284	511	1136	158	1.794,4	3,5
D	10-jährige Stilllegung	7	40	60	80	0	0	1	257	1,9	4,3
FM400	Kooperationsprogramm Dauergrünland	101	0	15	35	0	2	4	258	26,1	17,2
FM410	Kooperationsprogramm Feuchtgrünland	2	5	20	40	0	0	0	274	0,5	13,7
FM412	Dauergrünland, handlungsorientiert	294	0	15	35	0	4	10	266	78,3	17,8
FM431	Ackerwildkräuter (alt + neu)	333	40	60	80	13	20	27	510	169,9	8,5
f4	Gewässerschutzmaßnahmen_alt	564	30	50	70	17	28	39	194	109,4	3,9
FM761	Ökolandbau + (Gewässerschutz)	811	25	45	100	20	36	81	291	235,9	6,5
<b>Summen</b>		<b>88.928</b>				<b>735</b>	<b>1.987</b>	<b>3.810</b>		<b>6.092</b>	

Quelle: Eigene Berechnung anhand von InVeKoS 2007.

Auf knapp 10 % der Förderflächen werden Maßnahmenkombinationen durchgeführt.<sup>3</sup> Da kumulierte Wirkungen nicht eingeschätzt werden können bzw. keine geeigneten Koeffizienten vorliegen, wird immer die am höchsten wirksame Maßnahme für die Wirkungseinschätzung herangezogen. Die tatsächliche Wirkung kann aufgrund der kumulativen Effekte daher noch höher liegen. Kombinationen werden nicht dargestellt. Gleichfalls aus Mangel an verlässlichen Daten wird bei dieser Abschätzung nicht berücksichtigt, in welchem Umfang die wasserschutzwirksamen Bewirtschaftungspraktiken der AUM, wie z. B. die Mulchsaat, auch ohne die Anreizwirkung der Fördermittel umgesetzt würden.

Insgesamt erreichen die wirksamen AUM-Maßnahmen in der Kulisse einen Förderflächenumfang von rund 90.000 ha oder rund 12,5 %.<sup>4</sup> Die über diese Fläche im Mittel erzielbare Reduktionsmenge beträgt rund 2.000 t N, wobei von einem erheblichen Unsicherheitsbereich zwischen minimal 700 und maximal 3.800 t auszugehen ist. Die mit Abstand größten Wirkungsbeiträge werden durch die umweltfreundliche Gülleausbringung (A3) sowie den Ökologischen Landbau inklusive der vom MU geförderten Wasserschutz-Variante Öko+ erzielt. A3 erzielt die Wirkung vor allem wegen des hohen Förderflächenanteils, der Ökolandbau wegen der vergleichsweise hohen Wirkung pro Flächeneinheit. Bedeutendere Wirkungsanteile erreichen noch die Winterbegrünung und mit etwas Abstand auch die Mulch- und Direktsaat und Mulchpflanzverfahren sowie die Blühflächen auf Stilllegung (angenommene Referenz ist der Anbau von Nachwachsenden Rohstoffen auf Stilllegung). Alle anderen Maßnahmen weisen nur vergleichsweise geringe Wirkungsanteile auf, wegen des geringen Förderflächenumfangs auch diejenigen mit hoher einzelflächenbezogener Wirkung.

### ***Wirkungen der Freiwilligen Vereinbarungen***

Insgesamt wurden in 2007 innerhalb der WRRL-Kulisse in den zuzuordnenden Wassergewinnungsgebieten (vgl. Karte 1) auf 54.000 ha Freiwillige Vereinbarungen zum Grundwasserschutz umgesetzt, das entspricht rund 58 % der Feldblock-LF in diesen Gebieten (Bruttoangabe, kein Flächenabzug für doppelt angerechnete Flächen mit Maßnahmenkombinationen). Mittels dieser Förderflächen konnten innerhalb der Kulisse überschlägig weitere rund 1.365 t Stickstoff reduziert werden. Der weitaus größte Anteil davon wurde wieder über den Zwischenfruchtanbau zusammen mit der ebenfalls unter der Fördermaßnahme I.E (Aktive Begrünung) abgeschlossenen Fördervariante zur Brachebegrünung erreicht. Der Zwischenfruchtanbau nimmt gleichzeitig auch den weitaus größten Flächen-

---

<sup>3</sup> Die Förderung der umweltfreundlichen Gülleausbringung ist nicht an die Einzelfläche gebunden und wird im InVeKoS, ausgehend von der geförderten Güllemenge, über einen Umrechnungsschlüssel als förderfähige Fläche auf Betriebsebene dargestellt. Eine Kombination mit den übrigen AUM kann daher nicht flächenscharf ermittelt werden, die Förderfläche wird in vollem Umfang angerechnet.

<sup>4</sup> Semi-netto ohne Abrechnung der Kombination von A3 mit anderen Maßnahmen.

umfang ein. Der zweite wichtige Reduktionsbeitrag innerhalb der Wassergewinnungsgebiete wird, ähnlich wie bei AUM, durch das Wirtschaftsdüngermanagement erzielt. Daneben führen auch die Förderangebote zur extensiven Grünlandwirtschaft (inklusive umbruchlose Grünlanderneuerung) und zur Gewässerschonenden Fruchtfolgegestaltung zu nennenswerten Effekten.

**Tabelle 3:** Förderflächenumfang, geschätzte Wirkung und Kosten der Freiwilligen Vereinbarungen zum Trinkwasserschutz in der WRRL-Zielkulisse

Kürzel	Maßnahme	Förder-	Effekt			Wirkung 2007			Entgelt	Kosten pro Jahr	Kosten-			
		fläche	[kg N / ha]			[t]						[€/ha]	[tsd. €]	wirksam-
		2007	min	Ø	max	min	Ø	max						
		[ha]									[€/kg N]			
IA_ha	Zeitliche Beschränkung tierischer Wirtschaftsdünger	9.824	20	30	40	196	295	393	12	119	0,4			
IB_ha	Verzicht tierische Wirtschaftsdünger	691	20	30	40	14	21	28	50	35	1,7			
IC_ha	Gewässerschonende Aufbringung Wirtschaftsdünger	9.618	5	18	30	48	168	289	25	238	1,4			
IEB_ha	Aktive Begrünung (Brache)	2.520	35	50	70	88	126	176	145	367	2,9			
IES_ha	Aktive Begrünung (Sonstige: vor allem Zwischenfrucht)	15.459	10	30	50	155	464	773	97	1.498	3,2			
IF_ha	Gewässerschonende Fruchtfolgegestaltung	2.291	10	25	40	23	57	92	196	450	7,9			
IG_ha	Extensive Bewirtschaftung von Grünland	1.380	10	30	50	14	41	69	82	113	2,7			
IH_ha	Umbruchlose Grünlanderneuerung	2.862	20	30	40	57	86	114	15	44	0,5			
II_ha	Reduzierte N-Düngung	3.491	0	10	20	0	35	70	106	369	10,6			
IJ_ha	Reduzierte Bodenbearbeitung	2.033	0	10	30	0	20	61	37	76	3,7			
IK_ha	Maisensaat	2.862	0	10	18	0	29	50	47	135	4,7			
IL_ha	Unterfußdüngung	429	0	10	18	0	4	8	38	16	3,8			
IM_ha	Einsatz stabilerter N-Dünger	392	0	10	20	0	4	8	50	19	5,0			
I2_ha	Umwandlung von Acker in extensives Grünland/Feldgras	293	30	50	75	9	15	22	445	130	8,9			
<b>Summen</b>		<b>54.146</b>				<b>604</b>	<b>1.365</b>	<b>2.152</b>		<b>3.610</b>				

Quelle: Eigene Berechnungen anhand von InVeKoS 2007, Diwa-Behördenversion 2008

### *Zusätzliche bilanzwirksame Effekte*

Der Anbau von Zwischenfrüchten in der Kulisse geht weit über den geförderten Umfang hinaus. Legt man die Zahlen des Statistischen Landesamtes aus der Agrarberichterstattung zugrunde, so wird im niedersächsischen Durchschnitt im Jahr 2007 auf 9,32 % der Ackerfläche Niedersachsen eine Zwischenfrucht angebaut. Auf die WRRL-Kulisse übertragen resultiert daraus ein Anbauumfang von 48.700 ha. Zusätzlich zur geförderten Fläche addiert sich infolgedessen eine Reduktionswirkung von rund 800 t auf rund 26.750 ha.

Da in der Kalkulation der Baseline für das Jahr 2003 (Szenario 2 im Deliverable 7.2) auch die Wirkung der Flächen mit obligatorischer Stilllegung eingerechnet war, ist für einen Vergleich der 2007 erzielten Reduktionswirkungen dieser Einflussfaktor mit zu berücksichtigen. Die durch die in 2007 noch vorhandene Stilllegungsfläche (18.800 ha, davon 1 % Dauerbrache) erzielte Reduktion betrug rund 940 t.

### ***Gesamte Reduktionswirkungen 2007***

Zusammenfassend ergibt sich aus den beschriebenen Maßnahmen ein Reduktionsbeitrag von 5.100 t. Gegenüber der Kalkulation für 2003 ist der erzielte Wirkungsbeitrag gestiegen, was vor allem auf die Einrechnung der Freiwilligen Vereinbarungen einerseits sowie zusätzlich auf die kompletten, als wirksam eingestuften Agrarumweltmaßnahmen zurückzuführen ist. Die AUM sind zudem vom Förderflächenumfang seitdem deutlich angewachsen. Hingegen ist der Wirkungsbeitrag durch Flächenstilllegung gesunken.

### ***Gegenspieler: Verlust an Brache und Grünland***

Laut Angaben des Statistischen Landesamtes ist zwischen 2003 und 2008 die Stilllegungsfläche, zuletzt durch Aussetzung und schließlich durch Aufhebung der obligatorischen Stilllegungsverpflichtung, landesweit um 105.000 ha auf 2,2 % der Ackerfläche zurückgegangen. Bei obligatorischen Stilllegungsflächen handelte es sich in der Regel um einjährige Brachen. Zieht man für eine Bewertung die Koeffizienten heran, die von Experten<sup>5</sup> für N-Vorratsänderung von Böden und Bodennutzungssystemen allgemein und hier als Verlustwerte durch Mineralisierung des akkumulierten N-Vorrates auf den stillgelegten Flächen angegeben wurden, ergibt sich eine Freisetzung von Stickstoff von rund 50 kg/ha und Jahr oder landesweit mindestens 5.200 t in der genannten Zeitspanne.

Laut Untersuchungen von OSTERBURG et al. (2009) ist in der WRRL-Kulisse die ungenutzte Stilllegungsfläche zwischen 2005 und 2007 um 9.265 ha zurückgegangen. Daraus resultiert entsprechend eine N-Vorratsänderung in Höhe von rund 460 t, und in 2007 somit – eine lineare Abnahme vorausgesetzt – ein Umfang von 230 t.

In der gleichen Studie wurde innerhalb der Kulisse ein Umbruch von Grünland in Ackerland in der Größenordnung von 5.680 ha für den genannten Zeitraum in den InVeKoS-Angaben festgestellt. Laut der zitierten Expertenschätzungen ist bei dieser Änderung des Bodennutzungssystems in den ersten drei Jahren von einer Abnahme der N-Bodenvorräte im Umfang von 1.000 bis 2.500 kg N/ha/Jahr auszugehen. Bei Annahme eines Mittelwerts bedeutet dies für die Kulisse ein N-Verlust von rund 9.940 t. Gleichzeitig ist aber auf 1.300 ha Ackerland in Grünland umgewandelt worden, was einer N-Zunahme im Bodenvorrat von rund 65 t im Jahr 2007 entspricht.

Zusammenfassend kann infolge von Grünlandumbruch und der wegfallenden Reduktionswirkung von Brachflächen ein Verlust der N-Bodenvorräte in der Größenordnung von bis zu 10.340 t berechnet werden. Diese Zahl übersteigt die oben dargestellten positiven Wirkungseffekte durch Reduktionsmaßnahmen deutlich. In der Bilanz für 2007 ist also

---

<sup>5</sup> Nach GÄTH et al. (1997), modifiziert von Höper, Schäfer und Antony (LBEG-Arbeitskreis „Bodenkundliche Beratung in WSG“), Stand 21.11.2000.

durch Grünlandumbruch und den Wegfall von Brachflächen mit erhöhten Stickstoffausträgen aufgrund der Mineralisation der N-Bodenvorräte in das Grundwasser zu rechnen, selbst wenn ein Teil des freigesetzten Stickstoffs auch atmosphärisch entwichen ist.

### 3.2 Akzeptanzschätzungen für 2013

Ein Teil der WAgriCo-Maßnahmen soll in das Förderangebot des Niedersächsischen/Bremer Agrarumweltprogramms aufgenommen werden. Eine Erstbeantragung ist in 2010 möglich. Die Verpflichtungen und damit die Wirkungen der neuen Maßnahmen greifen dann in der Regel ab 2011. Die parallel aufgebaute Beratung in der Kulisse wird voraussichtlich erst im Anschluss an die Antragsphase 2010 vollständig implementiert sein. Eine Akzeptanzprognose unter Berücksichtigung der Anlaufphase von drei Jahren bezieht sich daher auf das Zieljahr 2013. Die voraussichtlich zu erreichenden Akzeptanzraten werden im Folgenden maßnahmenbezogen abgeschätzt.

#### *Zwischenfruchtanbau*

Der Umfang der Potenzialfläche (Definition siehe oben) innerhalb der WRRL-Kulisse beträgt 146.400 ha. Gegenüber der Berechnung mit Bezugsjahr 2005 im Deliverable 7.2 ist die Fläche deutlich zurückgegangen, zum einen durch Einbeziehung der Bagatellgrenzen und zum zweiten vermutlich wegen des gestiegenen Anteils spät räumende Vorfrüchte, vor allem von Mais, in der Fruchtfolge. Bei einer landesweiten Auswertung der Förderflächen in den Kooperationsgebieten für Trinkwasserschutz erreichte der Zwischenfruchtanbau (Freiwillige Vereinbarungen und NAU-A7) einen Anteil von rund 68 % der Potenzialfläche, die für diese Kulisse mit 54.400 ha berechnet wurde.

In der Förderkulisse des über NAU bis 2007 geförderten Zwischenfruchtanbaus (Landkreise Lüchow-Dannenberg, Nienburg, Rotenburg (Wümme), Soltau-Fallingb., Uelzen und die Stadt Wolfsburg) nimmt dagegen der Umfang der Maßnahmenfläche nur einen Anteil von 27 % der potenziellen Förderfläche ein. Davon entfielen rund drei Viertel auf die Förderung der NAU-Maßnahme A7 direkt sowie ein Viertel zusätzlich auf die in der Kulisse liegenden Wassergewinnungsgebiete (letztgenannter Anteil wurde abgeleitet aus der Akzeptanzrate auf Landesebene). Die im NAU geförderten Betriebe gingen im Durchschnitt eine Verpflichtung zum Anbau von Winterzwischenfrüchten für rund 23 % ihrer Ackerfläche ein (Median 20 %).

Vergleicht man die erreichte Akzeptanzrate in der Förderkulisse des NAU mit der in der landesweiten Statistik 2007 ausgewiesenen Anbaufläche von Winterzwischenfrucht von knapp 120.000 ha, so erreicht Letztere, bezogen auf die Potenzialfläche, ebenfalls einen Anteil von 27 %. Vergleicht man zudem die Anteile auf Kreisebene, so übersteigt die in der Statistik ausgewiesene Anbaufläche in fünf von sechs Landkreisen der Kulisse die

Förderflächen zum Teil erheblich. Außer im Landkreis Lüchow-Dannenberg war sogar in den anderen Kreisen bereits in 2003 die Anbaufläche für Zwischenfrüchte größer als die Verpflichtungsfläche ab 2005. Es ist also davon auszugehen, dass das Förderangebot nur einen marginalen Einfluss auf die Zwischenfruchtanbaufläche in den Landkreise hatte und sogar von erheblichen Mitnahmen auszugehen ist, da der Einstieg in die Förderung nur einmalig geöffnet war.

Die von den Experten geschätzte Akzeptanzrate von insgesamt 70 %, die zwar in den Kooperationsgebieten knapp erreicht wurde, scheint aber aufgrund der dargestellten Ergebnisse für die zukünftige Förderung in der WRRL-Kulisse deutlich zu hoch eingestuft zu sein, nicht zuletzt deshalb, weil in der Kulisse eine wesentlich geringere Beratungsintensität zu erwarten ist. Zudem handelte es sich bei den bisherigen Teilnehmern um besonders flächenstarke Betriebe mit einer durchschnittlichen LF von 139 ha und einer AF von 116 ha. Große Ackerbaubetriebe machen aber nur einen geringen Anteil der förderfähigen Betriebe in der Kulisse aus. Wir gehen in den folgenden Kalkulationen daher von einer Akzeptanzrate von 40 bis 50 % aus. Der Anteil winterharter Zwischenfrüchte wird analog der Schätzung im WAgriCo-Projekt auf 45 % gesetzt.

### ***Umweltfreundliche Gülleausbringung***

Für die umweltfreundliche Gülleausbringung wird, ausgehend vom Tierbestand 2007 und der Einrechnung der Bagatellgrenze, eine Potenzialfläche von rund 456.000 ha geschätzt. Die Maßnahme weist die deutlich höchste Potenzialfläche auf, u. a. weil für A3 die 25 %-Grenze nicht anzuwenden ist und daher alle in der Kulisse wirtschaftenden Betriebe förderfähig sind und besonders in den westlichen Landesteilen sehr viele Tier haltenden Betriebe in den WRRL-Gebieten wirtschaften. Die Akzeptanzrate an der A3-Maßnahme lag im Jahr 2007, gemessen an der Zahl der potenziellen Teilnehmer und potenziellen Förderfläche, bei 10,5 bzw. 11,5 %. Laut Auswertungen von Förderzahlen für die Folgejahre bis 2009 (schriftliche Mitteilung Kietzke (ML)), geförderte Betriebe 2008 plus Neuantragsteller) hat seitdem landesweit ein weiterer, deutlicher Anstieg der Inanspruchnahme der Förderung stattgefunden, sie hat sich gegenüber 2007 annähernd verdoppelt. Aktuell ist landesweit von einer Akzeptanzrate um rund 20 % der Potenzialflächen/-betriebe auszugehen. In den Wassergewinnungsgebieten lag in 2008 die Akzeptanz der Maßnahmen mit umweltfreundlicher Wirtschaftsdüngerausbringung (I.C) bei rund 16 % der potenziellen Teilnehmerfläche (Fläche aller Betriebe mit Viehhaltung). Projiziert man den steilen Anstieg in den Teilnehmerzahlen in die Zukunft, kann die von den Experten geschätzte Akzeptanz von 30 % durchaus erreicht werden.

### ***Ökologischer Landbau***

Evaluierungsstudien für die zurückliegende Förderperiode bis 2006 haben gezeigt, dass in Gebieten des Kooperationsprogramms Trinkwasserschutz durch Zusatzberatung für den Ökolandbau verbunden mit zusätzlicher Erschließung von Vermarktungswegen, die Ak-

zeptanzzahlen doppelt so schnell gestiegen sind wie im übrigen Land (CORRELL und STEINMANN, 2006). Für diese Gebiete lässt sich der Anstieg der Förderzahlen zwischen 2005 und 2007 aus den InVeKoS-Daten ableiten. Setzt man diese Entwicklung bis zum Ende der aktuellen Förderperiode (2013) fort, ist ein Anteil von 6,5 % möglich.

Im übrigen Land war zwischen 2000 und 2007 ebenfalls ein kontinuierlicher Anstieg der Inanspruchnahme des Ökolandbaus zu verzeichnen, wenngleich auch mit deutlich geringerer Steigerungsrate. Eine Trendextrapolation der Entwicklung der letzten Förderperiode bis 2013 führt landesweit zu einem Anteil des Ökolandbaus an der LF von rund 3 %. In der WRRL-Kulisse dürfte der voraussichtliche Anstieg zwischen dem landesweiten Trend und dem in den Kooperationsgebieten liegen. Allerdings liegt das Ausgangsniveau deutlich niedriger, in 2007 bei lediglich 1,3 % der LF. Die Schwerpunkte des Ökolandbaus in Niedersachsen sind vor allem außerhalb der Kulisse zu finden (vgl. REITER et al., 2008). Realistisch erscheint in der Kulisse unter Einfluss der Beratung, die jedoch nicht mit der Beratung für Ökolandbau in den Schutzgebieten vergleichbar ist, ein Anstieg maximal auf das Niveau des Landesdurchschnitts von 3 %.

### ***Übrige W-Maßnahmen***

Für WAgriCo-Maßnahmen H5, H12 und H13 können keine Analogieschlüsse gezogen werden, da die Diwa-Daten diese Fördervarianten nicht explizit ausweisen und im NAU/BAU bisher keine vergleichbaren Fördermaßnahmen angeboten worden sind. Auch in anderen Bundesländern sind vergleichbare Maßnahmen nicht im Förderangebot der Agrarumweltmaßnahmen zu finden. Daher wird im Folgenden weiterhin von den Akzeptanzschätzungen der Experten im Vorgängerprojekt ausgegangen.

### ***Erwartete Wirkungen***

Ausgehend von den dargestellten Akzeptanzschätzungen und bei Verwendung der oben genannten Wirkungskoeffizienten ergeben sich für die Maßnahmen des WAgriCo-Maßnahmenkatalogs, die zukünftig in der Kulisse angeboten werden, die in der folgenden Tabelle gelisteten Wirkungen. Der Berechnung liegt die Annahme einer Maßnahmenumsetzung ohne Optimierung nach komparativen Kostenvorteilen und der gegebenenfalls daraus ableitbaren Verschiebung im Anbauspektrum zugrunde. Es wird also vereinfachend davon ausgegangen, dass alle Maßnahmen gleichermaßen im Umfang ihrer geschätzten Akzeptanzraten umgesetzt werden können.

**Tabelle 4:** Potenzialfläche, erwartete Akzeptanzrate, erwarteter Förderflächenumfang und Wirkung der WAgriCo-Maßnahmen<sup>6</sup>

Kürzel	Maßnahme	Potenzial- fläche 2007	Erwartete Akzeptanz	Erwartete Förder- fläche	Mittlerer Effekt	Erwartete Wirkung 2013	Entgelt	Kosten im Jahr
		[ha]	[% der LF]	[%]	[kg N / ha]	[t]	[€/ha]	[tsd. €]
H1/H2	Zwischenfruchtanbau	133.700	50%	66.850	30	2.006	70	4680
H5	Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais	88.000	30%	26.400	7,5	198	30	792
H7	Gülleausbringung mit Schleppschlauch (NAU/BAU A3)	456.200	30%	136.860	12,5	1.711	30	4106
H12	Winterrüben vor Wintergetreide	205.100	10%	20.510	20	410	70	1436
H13	Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Raps	23.800	10%	2.380	15	36	50	119
M45	Ökologischer Landbau (NAU/BAU C, W1)	704.200	3%	21.126	45	951	159,6	3372
	Summe			274.126		5.311		14.504
	Nettowirkung abzüglich 2007 (Nettozuwachs)					3.945		

Quelle: Eigene Berechnungen anhand von InVeKoS 2007.

Der größte Wirkungsanteil wird vermutlich auch in Zukunft wieder durch den Zwischenfruchtanbau sowie durch die umweltfreundliche Gülleausbringung erzielt, die beide ja bereits im NAU/BAU gefördert wurden. Für den Zwischenfruchtanbau ergibt sich bei einer angenommenen Akzeptanzrate von 50 % eine theoretisch zu erwartende Förderfläche von rund 73.000 ha, die zu einer Reduktion von im Mittel knapp 2.200 t führen würde. A3 erreicht bei der erwarteten Akzeptanz einen Förderflächenumfang von 137.000 ha und einen Wirkungsbeitrag von rund 1.700 t. Ein relativ bedeutender Anteil von knapp 1.000 t wird sich vermutlich auch durch den Ökologischen Landbau erzielen lassen. Die drei anderen neu eingeführten W-Maßnahmen erzielen nach den bisherigen Prognosen eher geringe Wirkungsbeiträge, der Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Raps vor allem wegen voraussichtlich geringer Akzeptanz und der Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais wegen des geringen Wirkungsgrades. Da aber zu erwarten ist, dass sich die Maisanbaufläche und damit auch die Potenzialfläche noch weiter ausdehnen werden, kann sich durchaus auch ein höherer Wirkungsbeitrag als der hier geschätzte einstellen.

### **Gesamtergebnis**

Gegenüber der bereits 2007 über die Förderprogramme erreichten Reduktionswirkung ist unter den getroffenen Annahmen für die zukünftig zu erzielende Akzeptanz der WAgriCo-Maßnahmen von einem zusätzlichen Wirkungsbeitrag von rund 3.950 t auszugehen. Nimmt man weiterhin an, dass die übrigen Agrarumweltmaßnahmen in PROFIL, die positive Nebenwirkungen für den Grundwasserschutz mit sich bringen, sowie die Freiwilligen

<sup>6</sup> Es muss wieder betont werden, dass von großen Schwankungsbereichen um die hier angegebenen Mittelwerte auszugehen ist. Bei minimaler Ausprägung aller Wirkungskoeffizienten ergäbe sich eine Gesamtwirkung der WAgriCo-Maßnahmen von rund 2.800 t, bei maximaler Ausprägung von 10.670 t.

Vereinbarungen in gleichem Umfang weiter gefördert werden können, so kann – wie vorgestellt – eine Reduktionswirkung von vermutlich rund 8.100 t kalkuliert werden. Im Vergleich zur Baseline wären auch die bereits durch die Maßnahmenumsetzung in 2003 erzielten Wirkungen gegenzurechnen. Da nach Wegfall der obligatorischen Stilllegung nur noch die Wirkung der Flächen des Ökolandbaus und des Zwischenfruchtanbaus in 2003 abzurechnen sind, ergibt sich bei dieser Betrachtung Netto im Mittel gegenüber der Baseline eine N-Reduktion von 7.570 t. Damit würde man zukünftig dem Reduktionsziel für „ergänzende“ Maßnahmen nach Wasserrahmenrichtlinie von 9.000 t (Variante B, Berücksichtigung des standortspezifischen Denitrifikationspotenzials im Unterboden) mit allen hier angerechneten Maßnahmen schon recht nahe kommen. Eine Einschätzung mittelfristiger Folgen des Grünlandumbruchs in der Kulisse kann leider nicht vorgenommen werden, da außer den oben dargestellten Werten für die Zeitreihe 2005 – 2007 keine genaueren Angaben vorliegen. Es ist aber davon auszugehen, dass nach Einführung einer einzelbetrieblichen Genehmigungspflicht für Grünlandumbruch die Umwandlung in Ackerland zurückgehen wird.

### 3.3 Kosten

In 2007 sind für die aufgezeigten Wirkungen in der Kulisse insgesamt rund 9,6 Mio. Euro verausgabt worden. Freiwillige Vereinbarungen<sup>7</sup> stellen dabei einen Anteil von etwas mehr als ein Drittel oder rund 3,6 Mio. Euro. Die Ausgaben in deren Kulisse wurden als Relativanteil der landesweit ermittelten Ausgaben berechnet. Der Anteil des NAU/BAU beläuft sich auf 5,5 Mio. Euro. Der Anteil der Maßnahmen, der spezifisch auf den Wasserschutz ausgerichtet ist, beläuft sich auf knapp 4,1 Mio. Euro. Bei den Maßnahmen des Vertragsnaturschutzes und den besonders kostenträchtigen Blühstreifenmaßnahmen stehen Biodiversitätsziele im Vordergrund. Wirkungen für den Grundwasserschutz sind als positive Nebenwirkungen anzusehen, sie weisen deshalb auch eine bezüglich der N-Reduzierung durchweg relativ schlechte Kostenwirksamkeit auf. Die umweltfreundliche Gülleausbringung und die Förderung des Anbaus von Zwischenfrüchten als die Maßnahmen mit den höchsten Wirkungsbeiträgen erzielen zugleich auch die günstigsten Kosten-Wirksamkeits-Relationen. Auch der Ökolandbau als typische Maßnahme mit multifunktionaler Wirkung erreicht bezüglich der Kostenwirksamkeit noch vergleichsweise günstige Werte.

---

<sup>7</sup> Freiwillige Vereinbarungen ohne Basisvertrag, Analysen, reduzierter Herbizideinsatz sowie forstliche Maßnahmen, gesamtes Fördervolumen pro Jahr insgesamt bei 10,5 Mio. Euro für rund 203.000 ha Förderfläche (brutto, ohne Einrechnung von Maßnahmenkombinationen).

Innerhalb der Freiwilligen Vereinbarungen sind die Fördervarianten der aktiven Begrünung, korrespondierend zu ihrem Förderflächenumfang, diejenigen mit den höchsten Kostenanteilen. Die Maßnahmen des Wirtschaftdüngermanagements weisen trotz eines ebenfalls großen Flächenumfangs wegen niedriger Prämiensätze pro Hektar relativ geringe Gesamtkosten und sehr günstige Kostenwirksamkeiten auf. Im Gegensatz dazu zeichnen sich die Fördervarianten „Gewässerschonende Fruchtfolgegestaltung“ und die reduzierte N-Düngung durch hohe Prämiensätze und ungünstige Kostenwirksamkeit aus.

Die erwarteten Kosten der WAgriCo-Maßnahmen belaufen sich bei Erreichen der maximalen Akzeptanzraten auf rund 15,5 Mio. Euro. Da der Anbau nicht winterharter Zwischenfrüchte (geschätzter Anteil 55 %), die umweltfreundliche Gülleausbringung und die Förderung des Ökolandbaus aus Mitteln des ML sowie GAK-Mitteln des Bundes honoriert werden, verbleibt für die ELER-Wasserschutzmaßnahmen des MU eine aufzuwendende Fördersumme von rund 5,2 Mio. Euro. Nach den hier getroffenen Abschätzungen wird also der geplante Finanzansatz bis zum Ende der Förderperiode ausreichen, ohne die anvisierten Reduktionsziele vollständig erreichen zu können. Der Etat wird aufgrund der voraussichtlich erreichbaren Akzeptanzraten als dem limitierenden Faktor sogar nur zu rund 70 % ausgeschöpft.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Für „ergänzende“ Maßnahmen wird für den Bewirtschaftungszeitraum 2010 bis 2015 44,2 Mio. Euro angesetzt. Der jährlich aufzubringende Förderbetrag steigt über die Jahre an (BERGER, 2009).

## 4 Diskussion

Nach den vorliegenden Schätzungen kann das angestrebte Reduktionsziel von 9.000 t im Rahmen der zur Verfügung stehenden Mittel durch „ergänzende“ Maßnahmen zu rund 84 % erreicht werden. Ergänzende Maßnahmen sind dabei aber wesentlich weiter zu fassen als die in 2010 neu aus der Palette der WAgriCo-Maßnahmen in das Programm aufgenommenen Fördermaßnahmen (W-Maßnahmen). Der Großteil der Wirkungen wird erzielt, wenn die Akzeptanzpotenziale der bereits in der Vergangenheit angebotenen Fördermaßnahmen des NAU/BAU aus dem Etat des ML und mit Kofinanzierung über die GAK ausgeschöpft werden. Die W-Maßnahmen selbst erreichen lediglich einen Reduktionsbeitrag von knapp 1.800 t oder rund 21 % der voraussichtlichen Gesamtwirkung und werden dabei aufgrund der maximal erreichbaren Akzeptanzraten als limitierendem Faktor den vorgesehenen Finanzrahmen nicht ausschöpfen. Rund ein Sechstel der erforderlichen Wirkung tragen die Freiwilligen Vereinbarungen in den Kooperationsgebieten innerhalb der Kulisse bei. Im Gegensatz zu Wirkungsnachweisen für Zwischenfruchtanbau, reduzierte Bodenbearbeitung und anderen Maßnahmen mit direkter Wirkung auf die Herbst- $N_{\min}$ -Werte (vgl. WAgriCo-2-Bericht zur Wirkungsanalyse auf Basis von Herbst- $N_{\min}$ -Werten) stehen statistische Nachweise der Wirksamkeit von Maßnahmen im Wirtschaftsdüngerbereich aber noch aus. Vor dem Hintergrund der hohen Bedeutung dieser Maßnahmen sollte dem Monitoring und der Wirkungsanalyse für Wirtschaftsdüngermaßnahmen Priorität eingeräumt werden.

Die annähernde Erreichung des Reduktionszieles gilt nur bei landesweiter Betrachtung. Im Rahmen des WAgriCo-Projekts wurde auch der Reduktionsbedarf für die einzelnen Teileinzugsgebiete berechnet (vgl. Abbildung 5 im Deliverable 7.2). In vielen Einzugsgebieten mit besonders hohem Reduktionsbedarf ist für eine wirkungsvolle Absenkung der Stickstoffausträge voraussichtlich eine Steigerung der Akzeptanzraten erforderlich. Es stellt sich also die Frage der Feinsteuerung innerhalb der Kulisse und die der Steigerung der Akzeptanz in einzelnen Gebieten. Gleichfalls sollte geprüft werden, ob zusätzliche Maßnahmen für diese Gebiete eingeführt werden müssen und zu diesem Zweck Mittel umgelenkt werden sollten. So ist unbedingt im Rahmen weiterer Evaluierungstätigkeit zu klären, ob die Ausgaben für Zwischenfruchtanbau in allen Gebieten erforderlich sind (insbesondere außerhalb der Kulisse) oder die Effekte auch ohne die Förderung zu erzielen sind bzw. die Förderung noch stärker auf bestimmte Problemgebiete gelenkt werden kann, etwa, indem ein Prioritätenprogramm auch für die WRRK-Kulisse eingeführt wird. Eine weitere Möglichkeit könnte sein, den Beratungsansatz stärker nach dem Reduktionsbedarf der Teileinzugsgebiete auszurichten und sogar zu konzentrieren.

Grundsätzlich ist jedoch auch zu hinterfragen, ob der anvisierte Reduktionsumfang von 10.000 t, der allein über die Basismaßnahmen und damit vor allem über die Düngeverordnung (DüngeVO) erreicht werden soll, realistisch eingeschätzt worden ist. Fraglich ist auch, ob es zu Doppelzählungen der Wirkungen von grundlegenden und ergänzenden

Maßnahmen kommt, was gerade im Bereich Wirtschaftsdünger nicht auszuschließen ist. Es wird daher erforderlich sein, die Fortschritte im Rahmen der DüngeVO einer Evaluierung zu unterziehen und darzulegen, welchen Reduktionsbeitrag die Betriebe durch Effizienzsteigerungen im Rahmen des Düngermanagements durch Umsetzung dieser grundlegenden Maßnahme erzielen werden.

## Literaturverzeichnis

- BERGER D. (2009) Maßnahmenintegration in die AUM ab 2010. Vortrag auf der 6. AK – Sitzung Pilotgebiet Große Aue am 23.11.2009, Sulingen
- CORRELL O, STEINMANN HH (2006) Grundwasserschutz durch ökologischen Landbau. ZAU, Göttingen
- Entwurf der Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen für das Niedersächsisches und Bremer Agrar-Umweltprogramm (NAU/BAU) 2010 – RdErl. d. ML (12.03.2010) – 107.2.60170/02/10 -- VORIS 78900 --
- GÄTH S, ANTHONY F, BECKER KW, GERIES H, HÖPER H, KERSEBAUM C, NIEDER R (1997) Bewertung des standörtlichen Denitrifikations- und Mineralisations/Immobilisations-Potenzials von Böden. In: Mitt. Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft, Vol. 85, S. 1373-1376
- OSTERBURG B, NITSCH H, LAGGNER B, ROGGENDORF W (2009) Auswertungen von Daten des Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems zur Abschätzung von Wirkungen der EU-Agrarreform auf Umwelt- und Landschaft. Arbeitsberichte der vTI-Agrarökonomie 7/2009. Braunschweig
- OSTERBURG B, RÜHLING I, RUNGE T, SCHMIDT TH, SEIDEL K, ANTONY F, GÖDECKE B, WITT-ALTFELDER P (2007) Kosteneffiziente Maßnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. In: OSTERBURG B, RUNGE, T: Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in Gewässer – eine wasserschutzorientierte Landwirtschaft zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 307, Braunschweig
- REITER K, ROGGENDORF W, LEINER C, SANDER A (2008) Kapitel 6 – Agrarumweltmaßnahmen, Kapitel VI der VO (EG) Nr. 1257/1999. In: GRAJEWSKI R. et al.: Ex-post-Bewertung von PROLAND Niedersachsen, Programm zur Entwicklung der Landwirtschaft und des ländlichen Raumes. Braunschweig
- ROGGENDORF W, SANDER A, REITER K (2008) Treffgenauigkeits- und Kosten-Wirksamkeitsanalysen der Agrarumweltmaßnahmen im Boden- und Wasserschutz in Niedersachsen. In: GRAJEWSKI, R. et al.: Ex-post-Bewertung von PROLAND Niedersachsen, Programm zur Entwicklung der Landwirtschaft und des ländlichen Raumes. Braunschweig
- SCHMIDT TH, OSTERBURG B (2008) Report on impact scenarios: Data basis, methods and results of the economic analysis (in German) - Deliverable 7.2, Annex 38-LS, WagriCo – LIFE05 ENV/D/000182, Final Report, Hannover



## **Kapitel 5    Beratungskonzept für die EG-WRRL- Zielkulisse für den Bereich Grundwasser**



## 5 Beratungskonzept für die EG-WRRL-Zielkulisse für den Bereich Grundwasser

### Die Anfänge der Wasserschutzberatung in Niedersachsen

Seit 1993 findet in den Trinkwassergewinnungsgebieten (TGG) Niedersachsens eine Beratung der Landwirtschaft im Sinne einer grundwasserschonenden Bewirtschaftung statt, die so genannte Wasserschutzzusatzberatung. Sie ist Bestandteil des Niedersächsischen Kooperationsmodells zum Trinkwasserschutz, das aus Mitteln der Wasserentnahmegebühr finanziert wird. Seit 2007 wird die Beratung aus Mitteln des ELER-Programmes EU-kofinanziert.

Die Beratung trägt den Gedanken des Grundwasserschutzes an die Landwirte heran und unterstützt sie bei der Umsetzung von Maßnahmen, was diesen Ansatz als Angebotsberatung kennzeichnet. Die Teilnahme an der Beratung ist für Landwirte freiwillig. Eine Akzeptanz für die Beratung ist nur zu erwarten, wenn eine Einsicht in die Notwendigkeit verstärkter Anstrengungen für den Grundwasserschutz erreicht werden kann und die Umsetzung von Maßnahmen keine finanziellen Nachteile für den landwirtschaftlichen Betrieb mit sich bringt.

Die Beratung folgt einem klaren Konzept, bei dem zunächst die Ausgangssituation analysiert und beschrieben wird, dann das Ziel eines Beratungszeitraumes definiert wird, die Maßnahmen genannt werden, mit denen das Ziel erreicht werden kann und nach Abschluss des Beratungszyklus` das Ergebnis geprüft wird. Dieses Ergebnis stellt die Ausgangssituation für den nächsten Beratungsabschnitt dar.

Folgende Schwerpunkte kennzeichnen die Beratung für den Grundwasserschutz:

1. Beratung zur Optimierung von Produktionsprozessen, bei denen ein effizienterer Einsatz von Produktionsmitteln (Dünger, Pflanzenschutzmittel) mit Verbesserungen für den Grundwasserschutz einhergeht. Beispiele sind Anbauplanung, Düngeplanung, Dünge- und Pflanzenschutzberatung. Dabei verbessert sich die Ökonomie des Betriebes, da bei gleichem Einsatz von Produktionsmitteln ein höherer Ertrag erzielt werden kann, bzw. mit einem verminderten Einsatz von Produktionsmitteln der gleiche Ertrag erreicht werden kann. Diese Effizienzsteigerungen bewirken gleichzeitig eine Verringerung des Gefährdungspotenzials des Grundwassers, da z. B. ein höherer Anteil des Düngers in den pflanzlichen Ertrag geht und nicht in das Grundwasser versickert. Insofern bewirkt die Beratung hier eine Verbesserung für Ökonomie und Ökologie.
2. Beratung zum optimierten Einsatz von speziellen Vereinbarungen zur Flächennutzung (z. B. Zwischenfruchtanbau, reduzierte Stickstoffdüngung), in den TGG Niedersachsens *Freiwillige Vereinbarungen* genannt, die für den Landwirt mit Mehraufwand oder finanziellen Nachteilen verbunden sind. Landwirte können freiwillig Leistungen oder Einschränkungen vertraglich vereinbaren, die zum Nutzen des Grundwasserschutzes sind. Für dadurch entstehende Nachteile erhält der Landwirt eine Entschädigung. Die Beratung trägt wesentlich zur sachgerechten Ausgestaltung der Vereinbarungen bei, sorgt dafür, dass Maßnahmen bestmöglich auf Zielflächen platziert werden (räumliche Prioritätensetzung) und unterstützt den Abschluss von Vereinbarungen auf möglichst großen Flächenanteilen.

Nach den bisherigen Erfahrungen ist die Beratung als kontinuierlicher Prozess zu verstehen und zusammen mit den Freiwilligen Vereinbarungen die tragende Säule des niedersächsischen Konzeptes für den Trinkwasserschutz. Aktuell findet auf ca. 310.000 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche in TGG eine Zusatzberatung statt. Das Finanzvolumen hierfür beträgt jährlich ca. 6,2 Mio €, was durchschnittliche Ausgaben von ca. 20 €/ha ergibt.

## Ergebnisse aus dem Projekt WAgriCo

Mit Einführung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) gelten die strengen Anforderungen an das Grundwasser jetzt nicht nur dort, wo Trinkwasser gefördert wird, sondern, nach dem Ansatz der allgemeinen Vorsorge, flächendeckend. In einer landesweiten Bewertung haben das Niedersächsische Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) und der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) ermittelt, in welchen Gebieten Maßnahmen ergriffen werden müssen, um das Ziel einer guten Grundwasserqualität zu erreichen (s. Abb. 5.1).

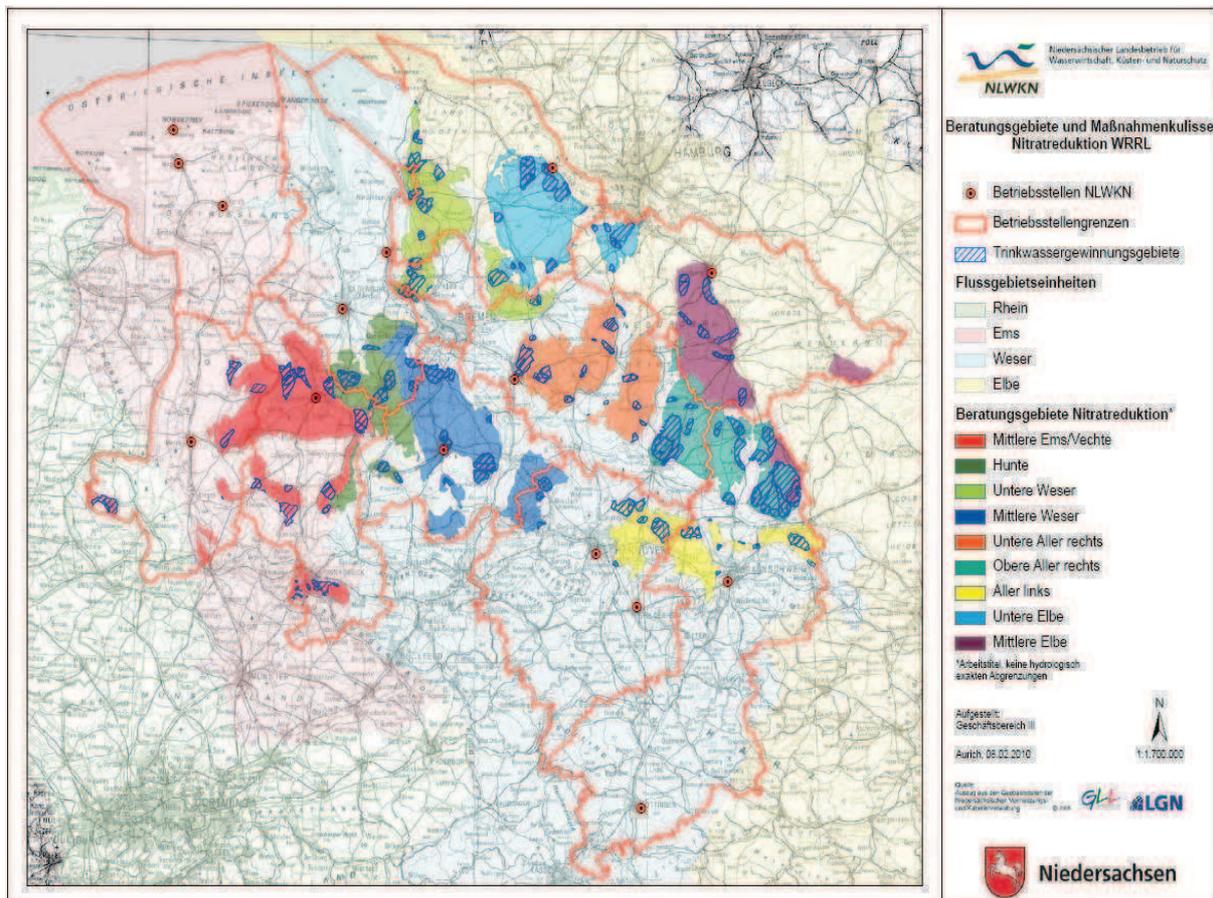


Abbildung 5.1: Beratungsgebiete in der Maßnahmenkulisse für Nitratreduktion nach EG-WRRL

Über die bisherigen gesetzlichen Regelungen hinaus sollen in dieser Gebietskulisse die Erfahrungen einer kooperativen Zusammenarbeit mit der Landwirtschaft in TGG genutzt und weiterentwickelt werden. Aufbauend auf diesen Erfahrungen des Niedersächsischen

Kooperationsmodells wurden im dreijährigen Projekt WAgriCo unter Federführung des NLWKN Strategien zur Verbesserung der Grundwasserqualität bzw. zur Verminderung diffuser Stoffeinträge ins Grundwasser im Maßstab der EG-WRRL entwickelt. In Niedersachsen wurde in drei großräumigen Pilotgebieten (s. Abb. 5.2) die Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen auf landwirtschaftlichen Betrieben erprobt.

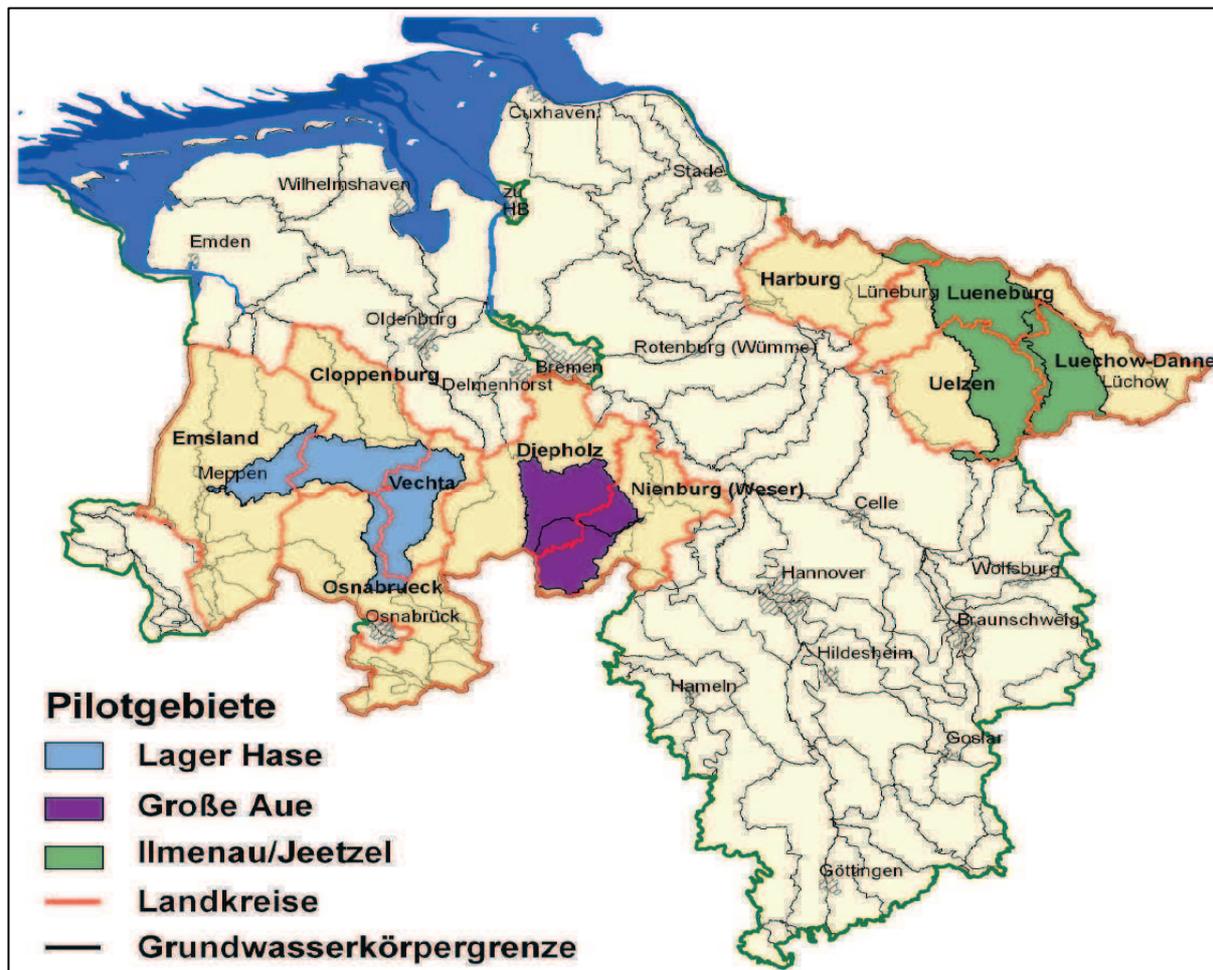


Abbildung 5.2: Niedersächsische Pilotgebiete im Projekt WAgriCo

### Beratung der Pilotbetriebe in WAgriCo

Die teilnehmenden Betriebe haben ab Beginn des Projektes eine einzelbetriebliche Beratung durch die am Projekt beteiligte Landwirtschaftskammer Niedersachsen erhalten. Dabei galt es zunächst, den Betrieben die angebotenen Flächen-Maßnahmen sowie deren Rahmenbedingungen (z. B. Gebietskulisse, Vertragsmodalitäten) zu erläutern. Später im Projektverlauf wurde dies durch Beratung zur Verbesserung der Nährstoffeffizienz in der Düngung ergänzt. Über den gesamten Projektzeitraum haben die Berater darüber hinaus auf den Betrieben die für das Projekt notwendigen Datenerhebungen durchgeführt. Mit Hilfe dieser intensiven Aktivitäten der Beratung konnten die hohen Anforderungen des Projektes, die u. a. in dem sehr engen Zeitplan bestanden, erfolgreich erfüllt werden.

Eine besondere Bedeutung hatte die Beratung bei der Erprobung der ergebnisorientierten Honorierung (E-Maßnahme). Nach diesem Ansatz wird ein Bewirtschafter nicht für das Durchführen einer Handlung (z. B. Anbau von Zwischenfrüchten/Gülleausbringung mit Schleppschläuchen) entschädigt, sondern für messbare Verbesserungen der Wasserschutzleistung des Betriebes, im Projekt am Beispiel einer verbesserten Nährstoffeffizienz des Betriebes. Es zeigte sich, dass sowohl die Erhebung der die Veränderung abbildenden belastbaren Daten, als auch die Analyse und Umsetzung von Ansätzen für diese Verbesserungen eine intensive betriebsspezifische Beratung erfordern.

### **Expertengruppe Akzeptanz in WAgriCo**

Im Projektverlauf hat die Expertengruppe Akzeptanz unter anderem die Wirkung der Beratung auf die Quantität der Umsetzung von Flächenmaßnahmen untersucht. Mittels Experteneinschätzungen und mit den langjährigen Erfahrungen aus den Trinkwassergewinnungsgebieten wurde der Umsetzungs- oder Deckungsgrad einer Vielzahl von Maßnahmen geschätzt. Der Deckungsgrad bezeichnet das Verhältnis der Fläche mit Maßnahmenabschluss zur Gesamtfläche, auf der die Maßnahme hätte abgeschlossen werden können. Gegenübergestellt wurde u. a. eine Variante, bei der Maßnahmen ohne eine begleitende Beratung angeboten werden mit einer Variante mit langjähriger Beratung, die die Maßnahmen aktiv bewirbt und die Umsetzung begleitet. Dabei wurden die Annahmen unterstellt, dass

- a) ein einfaches, transparentes Vertragsverfahren angewendet wird, analog den Freiwilligen Vereinbarungen in TGG und
- b) die Entschädigung lediglich die entstehenden Nachteile abdeckt, d. h. ohne einkommenswirksame Anreizkomponente, ebenfalls analog den Freiwilligen Vereinbarungen.

Tendenziell erwartet die Expertenschätzung mit Beratung eine Verdoppelung des Deckungsgrades gegenüber der Variante ohne Beratung, mit leichten Abweichungen bei den Einzelmaßnahmen. Der Einschätzung liegen u. a. konkrete Auswertungen aus den Anfängen der Aktivitäten in den TGG zu Grunde, bei denen häufig zunächst Maßnahmen angeboten und erst allmählich die erforderlichen Beratungsstrukturen aufgebaut wurden.

### **Ergebnis in WAgriCo**

Im Projekt konnte die besondere Bedeutung einer begleitenden Beratung zur Optimierung von Effekten für den Grundwasserschutz nachdrücklich bestätigt werden. Entsprechend unterstreicht der Endbericht in den Schlussfolgerungen des Kapitels 7.4 die besondere Bedeutung der Beratung zur Verbesserung der Nährstoffeffizienz und für die Begleitung von Agrarumweltmaßnahmen. Darüber hinaus wird die Beratung als wichtiges Bindeglied für ein kontinuierliches Wirkungsmonitoring auf Ebene der landwirtschaftlichen Betriebe gesehen.

## **Ansätze aus dem Folgeprojekt WAgriCo 2**

Nachdem im Projekt WAgriCo die elementare Bedeutung der Beratung deutlich wurde, wurde im Folgeprojekt WAgriCo 2 der Beratungsansatz mit Blick auf einen Maßnahmenbeginn in 2010 konkretisiert.

### **Expertengruppe Beratung**

Eine Expertengruppe Beratung, in der neben Projektbeteiligten auch die Trinkwasserschutzberatung und Experten des NLWKN eingebunden waren, erarbeitete einen Vorschlag für eine Umsetzung der Wasserschutzberatung außerhalb der TGG in der oben skizzierten Gebietskulisse nach EG-WRRRL. Dabei stellten folgende Fragen den Ausgangspunkt der Diskussion dar:

- 1) Welches sind die Rahmenbedingungen für eine Beratung, z. B. Größe der Gebietskulisse, Finanzen oder Laufzeit?
- 2) Welche Anforderungen werden an die Beratung gestellt, bzw. welche Aufgaben soll sie übernehmen?
- 3) Welche formalen Fördermöglichkeiten bestehen für einen Beratungsansatz?
- 4) Wie sollen Beratungsgebiete räumlich abgegrenzt werden?
- 5) Sollen begleitende Gremien installiert werden und wenn ja, mit welchen Aufgaben und Kompetenzen?

Zu 1) Folgende Rahmenbedingungen wurden identifiziert bzw. festgelegt:

- Gebietskulisse sind die Grundwasserkörper bzw. Teilräume innerhalb dieser Körper, bei denen die Bewertung ein Nitratproblem identifiziert hat. In der Gebietskulisse befinden sich ca. 700.000 ha landwirtschaftliche Nutzfläche
- Die Beratungsintensität ist deutlich geringer als in TGG
- Finanzierungsdauer zunächst für 3 Jahre
- Die Beratung umfasst auch das notwendige Monitoring
- Wettbewerb und Pluralität sind gewünscht
- ca. 10 Beratungsgebiete mit Orientierung an Flusseinzugsgebieten
- Betriebe im TGG werden weiterhin durch die dortige Beratung betreut

Zu 2) Die Anforderungen an die Beratung waren bereits größtenteils in den Kernbotschaften des Projektes WAgriCo genannt:

- Informieren und Aufklären über die Problematik der Grundwasserbelastung
- Akzeptanzaufbau für eine Maßnahmenumsetzung
- Moderation im Beratungsgebiet mit Ansprache der Zielgruppe
- Aufbau einer Angebotsberatung, um insbesondere problematische Betriebe zu erreichen
- Prioritätensetzung insbesondere unter Berücksichtigung eines eingeschränkten Budgets
- Optimierung des Nährstoffmanagements

- Beratende Begleitung von Flächenmaßnahmen
  - Aufbau von Synergien zwischen Beratung und allgemeinen Nachweispflichten des Landwirtes zur Steigerung der Akzeptanz der Beratung
  - Lieferung von Beiträgen zum Wirkungsmonitoring
- Zu 3) Hinsichtlich der Fördervarianten fand das Modell einer Ausschreibung der Beratung mit Vorgaben des Landes zum Beratungskonzept und seinen Inhalten breite Zustimmung. Die Beratungsträger berichteten von den positiven Erfahrungen bei der Umsetzung dieses Modells in Schleswig-Holstein.
- Zu 4) Die Größe der Beratungseinheiten soll sich an einer effizienten Infrastruktur für die Beratungsträger orientieren. Abgrenzungen sollten die Zuordnung zu Flussgebieten oder deren Teilräumen berücksichtigen, da an diesen Geometrien die Berichtspflichten der EG-WRRL gegenüber der EU orientiert sind.
- Zu 5) Die Informationsstrukturen über die bestehenden niedersächsischen Gebietskooperationen (s. <http://www.umwelt.niedersachsen.de>) der EG-WRRL sollen genutzt werden. Auf Ebene der Beratungsgebiete sollen beratungsbegleitende Arbeitskreise einen Austausch ermöglichen. An diesen Arbeitskreisen sollen insbesondere Berater und Landwirte, aber auch das Land über den NLWKN beteiligt sein.

## **Einführung einer Grundwasserschutzberatung in der Gebietskulisse nach EG-WRRL**

Angeregt durch die Informationen aus der Expertengruppe Beratung wurde ein direkter Erfahrungsaustausch mit den Entwicklern des Schleswig-Holsteiner Beratungsmodells initiiert. Die Grundzüge des dortigen Verfahrens erwiesen sich als größtenteils übertragbar auf die Verhältnisse in Niedersachsen. Da die Beratung in Schleswig-Holstein auf dieser Basis bereits seit einem Jahr umgesetzt wird, ist das Verfahren geprüft und hinsichtlich des formalen Vorgehens belastbar.

Die Grundzüge dieses zweistufigen Verfahrens lassen sich auf Niedersachsen angewendet folgendermaßen beschreiben:

**Schritt 1:** Aufgrund des beabsichtigten Finanzierungsvolumens ist ein EU-weites Ausschreibungsverfahren anzuwenden. Hierfür wird in einer EU-Bekanntmachung auf das Vorhaben hingewiesen. Beratungsträger werden aufgefordert, ihr Interesse zu bekunden und Nachweise für ihre organisatorische, finanzielle und technische Leistungsfähigkeit zu erbringen.

Die eingegangenen Interessenbekundungen werden hinsichtlich der Erfüllung der formalen und inhaltlichen Anforderungen geprüft. Einzelne Aspekte erlauben eine Wertung, wodurch die Anträge rangiert werden können. Werden die formalen Anforderungen nicht erfüllt, so kann der Interessent nicht am weiteren Verfahren teilnehmen.

**Schritt 2:** Die verbleibenden Anbieter werden gebeten, auf Basis von Vorgaben des Landes ein Beratungskonzept vorzulegen und zu präsentieren. Die Konzepte werden anschließend

gewertet. Ungeeignete Ansätze werden abgelehnt. An die verbleibenden Beratungsträger werden jeweils bis zu drei Beratungsgebiete über Beratungsverträge vergeben.

Vorteile des Verfahrens:

- Nicht das günstigste Angebot bekommt einen Zuschlag, sondern das wirtschaftlichste. Die Ingenieurleistung des Konzeptes wird damit berücksichtigt.
- Durch die Begrenzung der Beratungsgebiete pro Auftragnehmer wird Pluralität gewährleistet.
- Durch die landesseitige Zuteilung von Beratungsgebieten an Auftragnehmer wird vermieden, dass für einzelne Beratungsgebiete kein Angebot abgegeben wird. Dieses Problem könnte bei gebietsspezifischen Ausschreibungslosen entstehen.
- Die Nutzung von Synergien durch bestehende Beratungsstrukturen in TGG können durch das Land gesteuert werden.

Die Auftragsvergabe soll in Niedersachsen im 1. Halbjahr 2010 erfolgen. Wesentliche Inhalte und Aufgaben dieser Beratung werden sein:

- Aufbau von Kommunikationsstrukturen, die auch die bestehenden Beratungseinrichtungen einbinden
- Zusammenstellung von Basisdaten des Beratungsgebietes
- Unterstützung der Landwirte bei Agrarumweltmaßnahmen
- Fachliche Empfehlungen zur Verringerung von Nährstoffausträgen und -überschüssen (z. B. Düngeplanung)
- Durchführung einer Erfolgskontrolle

## Fazit

Der Beratungsansatz für die Zielräume nach EG-WRRL ist die konsequente Fortführung der positiven Erfahrungen aus dem Niedersächsischen Kooperationsmodell zum Trinkwasserschutz. Das erfolgreiche Konzept der Kombination von Maßnahmen und Beratung zur Maximierung der Effekte für den Grundwasserschutz wird damit auf eine neue Gebietskulisse ausgedehnt.

Zu bedenken sind die unterschiedlichen Rahmenbedingungen der beiden Kulissen. Die Beratung nach EG-WRRL wird aufgrund der finanziellen Ausstattung eine deutlich verringerte Intensität gegenüber TGG aufweisen. So findet in TGG häufig eine einzelbetriebliche Beratung statt, im Maßstab der EG-WRRL werden neben der Beratung von Modellbetrieben die Gruppenberatung und die schriftliche Information dominieren.

Auch bei den Maßnahmen gibt es signifikante Unterschiede. Die Freiwilligen Vereinbarungen in TGG lassen sich sehr flexibel und kleinräumig, z. B. auf Ebene einzelner TGG, gestalten. Die Maßnahmen nach EG-WRRL müssen dagegen landesweit abgestimmt sein und den formalen Anforderungen der gängigen überregionalen EU-Förderprogramme genügen. Dies erfordert komplexe Abstimmungsprozesse bei eingeschränkter Flexibilität.

Insbesondere die Vernetzung mit bestehenden Beratungsstrukturen und der Aufbau einer akzeptierten Informationsplattform gehören zu den Herausforderungen der neuen Wasserschutzberatung in der Gebietskulisse der EG-WRRL.

## **Kapitel 6 Weiterentwicklung des Konzeptes zum Wirkungsmonitoring**



## 6 Weiterentwicklung des Konzeptes zum Wirkungsmonitoring

### Ergebnisse aus dem Projekt WAgriCo

Eine zentrale Aufgabe in WAgriCo war die Erstellung eines Vorschlages für ein Maßnahmenprogramm. Dieses Maßnahmenprogramm beinhaltet neben dem Katalog von effizienten Grundwasserschutzmaßnahmen (s. Kap. 3) weitere Bausteine, die nachfolgend aufgeführt sind (s. Abb. 6.1):

- Konzept zur ergebnisorientierten Honorierung (wurde in WAgriCo 2 nicht bearbeitet)
- Empfehlungen zur maßnahmenbegleitenden Beratung (s. Kap. 5)
- **Konzept zum Wirkungsmonitoring bzw. zur Erfolgskontrolle**

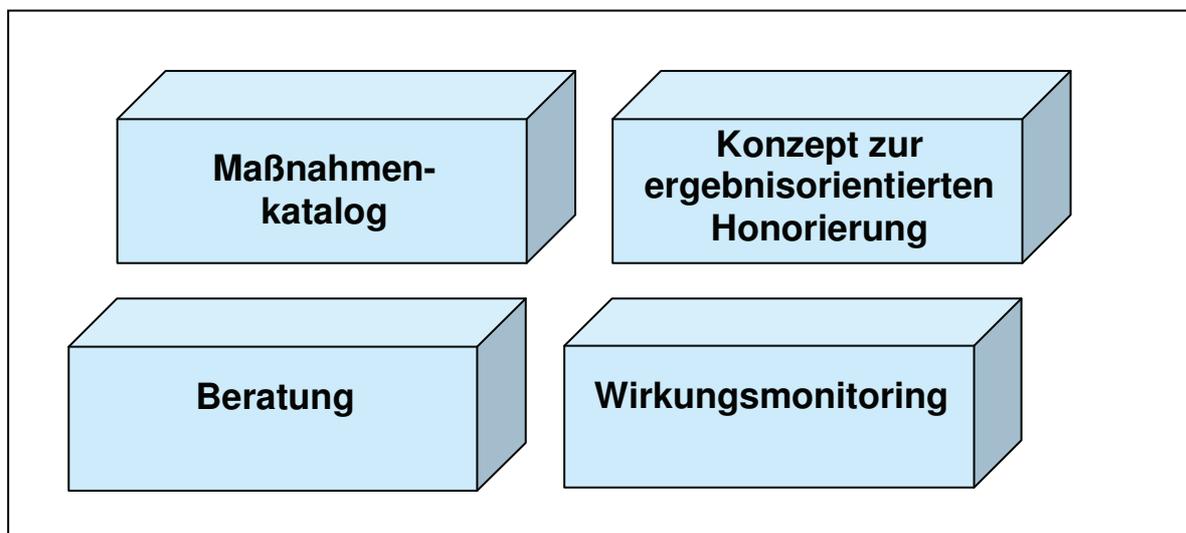


Abbildung 6.1: Bausteine des Maßnahmenprogramms

Im Rahmen von WAgriCo wurde ein Konzept für ein dreistufiges Wirkungsmonitoring entwickelt (s. Abb. 6.2). Damit wird das Ziel verfolgt, auf verschiedenen räumlichen (Arbeits-)Ebenen die Wirkung der Maßnahmenumsetzung in der Zielkulisse gemäß EG-WRRL entsprechend abzubilden bzw. nachzuweisen. Dies ist in mehrfacher Hinsicht von Bedeutung. Zum einen liefert das Wirkungsmonitoring wichtige Erkenntnisse für die weitere Maßnahmenplanung vor Ort, zum anderen trägt es zum kontinuierlichen Prozess der Maßnahmenoptimierung in der Zielkulisse bei. Darüber hinaus bilden die Ergebnisse des Wirkungsmonitorings die entscheidende Grundlage zum Nachweis der Trendumkehr im Rahmen der erforderlichen Berichterstattung an die EU-Kommission. Letztendlich leisten sie auch einen Beitrag zur Evaluierung der Maßnahmen im Zuge der Überprüfung der zielorientierten Mittelverwendung.

Ebene	Methode	Referenz	Wirkung
Lokal Test-Betriebe	N-Bilanzierung auf Betriebsebene	N-Überschuss (3-jähriges Mittel) zu Beginn der Beratung/ Maßnahmenteilnahme	N-Überschuss im Verlauf der Beratung/ Maßnahmenteilnahme
Regional A: WSG / Exaktversuche	Herbst-Nmin Erhebung NO3-Tiefenprofile	Flächen ohne Maßnahmen	Flächen mit Maßnahmen
Regional B: Teilflächen der Maßnahmenkulisse	Kopplung von Maßnahmenwirkung (Testbetriebe, WSG) mit Emissionsmodell	Stickstoffausträge in der Teilfläche (nach Emissionsmodell)	Stickstoffausträge in der Teilfläche mit Maßnahmen (Emissionsmodell + Wirkung * Transferfunktion)
Regional C: GW-körper	Flächenanteil der belasteten Teilflächen	Zustand im GWK ohne Maßnahmen in der Maßnahmenkulisse	Zustand im GWK mit Maßnahmen in der Maßnahmenkulisse
Landesweit (Übersichtsmonitoring)	Emissionsmodell (N-Bilanz-GROWA-DENUZ), Messungen auf BDF-Flächen zur Validierung	Basis-Emissions-erkundung (aktuelle Agrarstatistik)	

Abbildung 6.2: Konzept für landesweites Wirkungsmonitoring (Quelle: Projektbericht WAgriCo, 2008)

### Schwerpunkte im Folgeprojekt WAgriCo 2

Als zuständige Behörde zur Umsetzung der EG-WRRRL in Niedersachsen ist der NLWKN in der Verantwortung, die erforderlichen Grundlagendaten für die Berichterstattung nach Brüssel bereit zu stellen.

Bereits 2013 ist der EU-Kommission ein Zwischenbericht zu den Ergebnissen der Maßnahmenumsetzung in der Zielkulisse vorzulegen. Da in einem Großteil der betroffenen Grundwasserkörper aufgrund der hydrogeologischen Bedingungen (z. B. lange Fließzeiten) eine immissionsseitige Verbesserung an den Grundwassermessstellen noch nicht nachweisbar sein wird, ist der Fokus daher auf das Emissionsmonitoring zu richten. Vor diesem Hintergrund lag der Bearbeitungsschwerpunkt in WAgriCo 2 insbesondere bei der Frage, mit welchen Indikatoren und Instrumenten die Reduzierung der Emissionen aus der Landwirtschaft, insbesondere der teilnehmenden Betriebe, auf lokaler bzw. regionaler Ebene künftig erfasst und dargestellt werden sollen. Zudem galt es zu prüfen, welche landesweit vorliegenden Daten, z. B. aus dem Bereich der Agrarförderung, im Sinne des anstehenden Wirkungsmonitorings nutzbar gemacht werden sollten.

Die projektinterne Expertengruppe Wirkungsmonitoring, bestehend aus den Projektpartnern LBEG, LWK Nds. und vTI und dem NLWKN, hat sich intensiv mit dem Thema Emissionsmonitoring beschäftigt und Vorschläge erarbeitet, die nachfolgend näher erläutert werden.

### Aufbau eines Modellbetriebsmessnetzes

In Anlehnung an die Erfahrungen aus der Trinkwasserschutzkooperation und mit Blick auf die große Anzahl teilnehmender Betriebe, wird der Aufbau eines Modellbetriebsmessnetzes empfohlen. Dies ist auch deshalb geboten, da ein einzelner Berater nur auf ausgewählten Betrieben eine intensivere Beratung anbieten kann. Mit Hilfe dieser repräsentativen Modellbetriebe soll die Emissionssituation fachlich qualifiziert erhoben werden. Dies betrifft sowohl die Bewertung der Emissionsminderung auf der Maßnahmenfläche als auch die an die Belange des Grundwasserschutzes angepasste Gesamtbewirtschaftung des Betriebes. Beim Aufbau des Modellbetriebsmessnetzes sollten folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- ca. 10 - 15 Betriebe pro Beratungsgebiet (s. Abb. 6.3)
- Repräsentative Auswahl der Betriebe durch Berater
- Auswahlkriterien: z. B. Viehbestand, Fruchtfolge, Landschaftsraum

Auf diesen Modellbetrieben stellen die Themen Düngeplanung, Maßnahmenplanung und -umsetzung, Bilanzerstellung und Nmin-Auswertung die zentralen Beratungsschwerpunkte dar (s. Kap. 5).

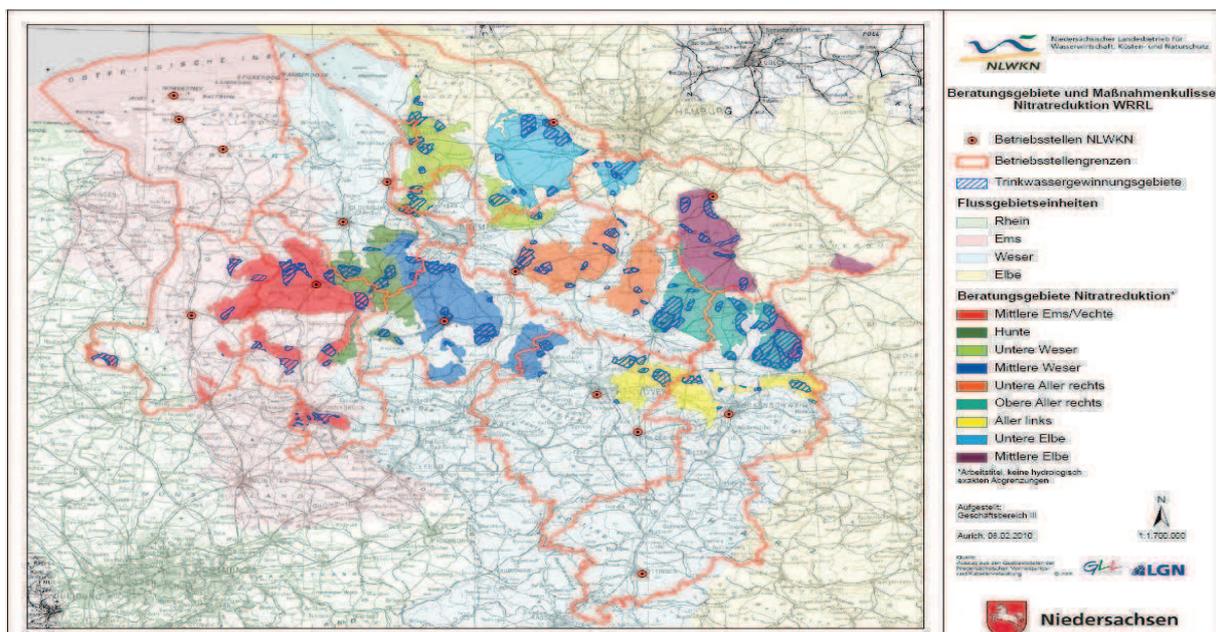


Abbildung 6.3: Beratungsgebiete in der Maßnahmenkulisse für Nitratreduktion nach EG-WRRL

Auf Grundlage der Überlegungen aus der Expertengruppe Beratung (s. Kap. 5) wurden für Niedersachsen neun Bearbeitungsgebiete festgelegt, für die verschiedene Beratungsträger mit der Beratung, Maßnahmenbegleitung und Erfolgskontrolle beauftragt werden. WAgriCo 2

empfiehlt, dass ca. 100 - 120 an der Maßnahmenumsetzung beteiligte Betriebe sukzessive durch die Berater anhand entsprechender Auswahlkriterien ausgewählt werden. Wichtig ist bei der Auswahl der Betriebe zu gewährleisten, soweit dies zum jeweiligen Zeitpunkt planbar ist, dass diese auch dauerhaft im Modellbetriebsmessnetz bleiben, um eine kontinuierliche Datenerfassung, -fortschreibung und -auswertung sicherzustellen.

Die im Modellbetriebsmessnetz gewonnenen Daten sollten zur Einschätzung der mit den Maßnahmen erzielten Wirkungen in einem vergleichenden Auswertungskonzept mit weiteren landesweiten Daten verknüpft werden (s. u.). Dabei ist a) die Frage der Entwicklung des Basistrends in der Referenzsituation ohne Maßnahmen und b) die Übertragbarkeit der Erhebungsergebnisse auf die Grundgesamtheit der Teilnehmer von Interesse.

### **Erfolgsindikatoren auf lokaler Ebene**

Zum Nachweis des Erfolges sollten die langjährig in der Wasserschutzzusatzberatung bewährten Indikatoren Hoftorbilanz und Nmin-Werte zugrunde gelegt werden. Im Interesse der Nutzung von Synergien durch die Einbeziehung von Daten aus dem landwirtschaftlichen Fachrecht wurden alternativ die Daten gemäß Düngeverordnung (DüV) als Kernindikator auf den Modellbetrieben in der Expertengruppe Wirkungsmonitoring näher betrachtet. Nach intensiv geführter Diskussion wurde jedoch zugunsten der Hoftorbilanz, die als qualifizierter Indikator auf Landes- und Bundesebene gleichermaßen anerkannt ist, entschieden. Zusätzlich kommt auf den Maßnahmenflächen aus fachlicher Sicht die Nmin-Methode zum Einsatz. Diese Methode bietet u. a. den Vorteil, dass Berater und Landwirt durch die Diskussion und Bewertung der Ergebnisse konkrete Verbesserungen bei der Flächenbewirtschaftung vereinbaren können.

### **Nutzbarmachung landesweiter Daten im Interesse des Wirkungsmonitorings**

Zusätzlich zu den auf den Modellbetrieben erhobenen Daten wurde in der Expertengruppe Wirkungsmonitoring die Frage der Nutzbarmachung weiterer Daten aus dem Bereich Landwirtschaft, (z. B. Düngerecht, Agrarförderung) diskutiert. Dies böte den Vorteil, dass mit einem – nach Einschätzung der Experten – vertretbaren Aufwand und unter Berücksichtigung der relevanten Datenschutzbestimmungen, wertvolle „Zusatzinformationen“ im Interesse einer fachlich verbesserten Gesamtbewertung der Ergebnisse zur Erfolgskontrolle genutzt werden könnten.

Folgende Daten wurden in diesem Zusammenhang diskutiert:

- Nutzung/Abgleich mit Daten der Kontrollbetriebe gemäß DüV (350 Betriebe)
- Nutzung von InVeKos-Daten für WRRL-Monitoring (u. a. Betriebe „ohne Maßnahmen“)
- Verknüpfung der Berichtspflicht EG-WRRL mit der Evaluierung von Fördermaßnahmen mit Wasserschutzwirkung ( vor allem ELER-Maßnahmen)
- Absicherung der Evaluierung durch Erhebung und Auswertung betrieblicher Nährstoffbilanzen von Teilnehmern an ELER-Maßnahmen
- WSG-Daten (DIWA - z. B. Nmin, Hoftorbilanz)
- Ergebnisse aus Exaktversuchen, Bodendauerbeobachtung (BDF), Basisemissionserkundung

Bei den in Frage kommenden Daten handelt es sich beispielsweise um InVeKoS-Daten, die im Rahmen der Umsetzung des Förderrechts erhoben werden. Ferner sind die betrieblichen Aufschriebe nach DüV von Interesse, da mit Hilfe dieser Daten die Referenzsituation gegenüber den Modellbetrieben abgebildet werden könnte. Darüber hinaus gibt es weitere Daten, z. B. aus der Wasserschutzzusatzberatung oder aus Exaktversuchen, die von Nutzen wären.

Da die Datenhoheit für einen Teil der angesprochenen Daten (InVeKoS-Daten, DüV-Daten) im Landwirtschaftsressort liegt, empfiehlt WAgriCo 2 eine grundsätzliche Klärung der Datennutzung zwischen den betroffenen Ressorts Landwirtschaft und Umwelt. Dieses Vorgehen bietet sich in zweierlei Hinsicht an. Zum einen können durch die Nutzbarmachung der Daten die begrenzten Personal- und Mittelressourcen geschont werden, zum anderen legt insbesondere Art. 11 der EG-WRRL (Umsetzung „grundlegender“ (z. B. DüV) und „ergänzender“ Maßnahmen (z. B. AUM) eine enge Abstimmung der beteiligten Ressorts nahe. Zusammenfassend ist festzuhalten, dass sich nach Ansicht der Projektpartner von WAgriCo 2 auch ein ressortübergreifender Datenaustausch im Interesse einer optimierten und fachlich abgesicherten Bewertung der Maßnahmenumsetzung gemäß EG-WRRL anbietet.

Als Grundlage für Gespräche zwischen dem Niedersächsischen Ministerium für Umwelt- und Klimaschutz (MU) und dem Niedersächsischen Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung hat das vTI daher die relevanten Aspekte in einem entsprechenden Prüfauftrag zur Datennutzung zusammengestellt. Dieser Prüfauftrag wird parallel mit dem Projektbericht an das MU überreicht.

### **Datenflussmodell zu Datenerhebung, -auswertung und -weitergabe**

Das dreistufige Konzept zum Wirkungsmonitoring (s. Abb. 6.2) beinhaltet auch den Vorschlag für ein Ablaufschema zum Datenfluss. Dieses Ablaufschema wurde in WAgriCo 2 an die neueren Entwicklungen und Anforderungen angepasst (s. Abb. 6.4). So wurden beispielsweise die zusätzlich zu nutzenden Daten bzw. Datenquellen (z. B. InVeKos) in das Schema integriert. Zudem erfolgte eine Anpassung des Schemas an das dreistufige Konzept, um die verschiedenen Ebenen des Datenmanagements und der unterschiedlichen Verantwortlichkeiten deutlich hervorzuheben. Zu betonen ist, dass aufgrund der Komplexität der unterschiedlichen Datenherkünfte (lokal, regional, landesweit) und der angestrebten Auswertungen, die Prozessabläufe genauestens beschrieben und landesweit festgelegt werden müssen, um eine zielorientierte Auswertung sicherzustellen. WAgriCo 2 empfiehlt daher die Erstellung eines Pflichtenheftes, in dem sowohl die Prozessabläufe des Datenmanagements als auch die jeweiligen Verantwortlichkeiten konkret dargestellt werden.

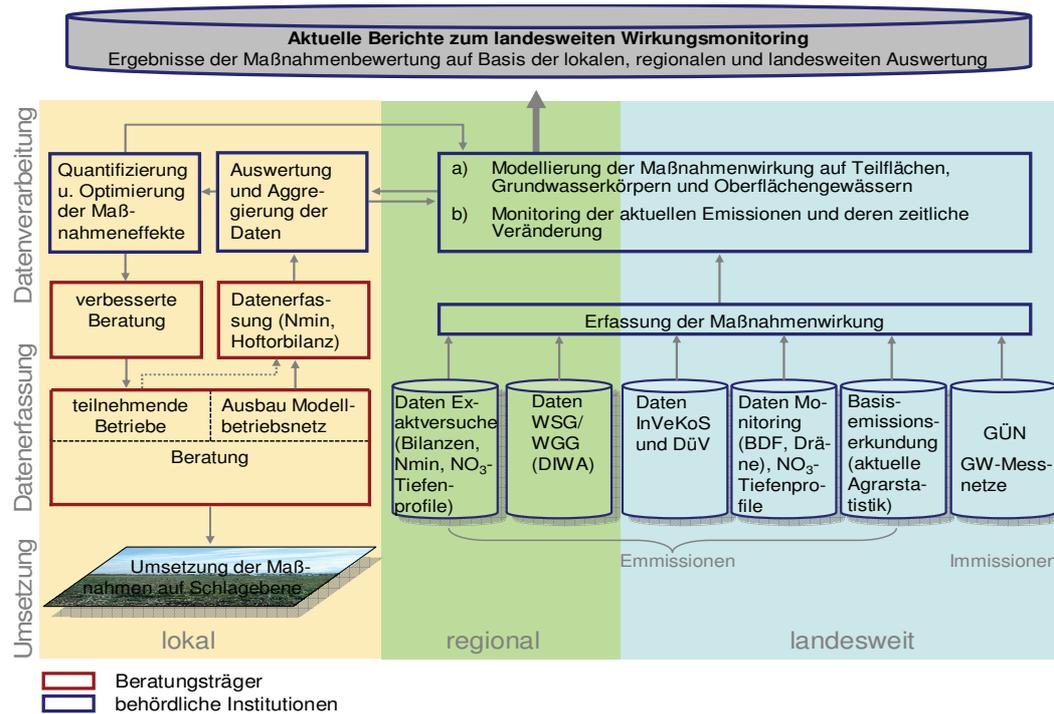


Abbildung 6.4: Modifiziertes Ablaufschema zum Datenfluss und Zuständigkeiten beim Wirkungsmonitoring

## Wirkungsabschätzung der Grundwasserschutzmaßnahmen auf Oberflächengewässer

Mit Blick auf die bekannten Wechselwirkungen zwischen Grundwasser und Oberflächengewässern wird die AG Wirkungsmonitoring neben den genannten Aspekten weiter das Ziel verfolgen, das bestehende Konzept im Sinne eines integrierten Monitoringkonzeptes weiterzuentwickeln.

Ein wichtiger Schritt in diese Richtung war die in WAgriCo 2 vom Forschungszentrum Jülich durchgeführte modellgestützte Wirkungsabschätzung der Grundwasserschutzmaßnahmen auf die Oberflächengewässer (s. Kap. 7.1). Als Ergebnis ist festzuhalten, dass die in der Zielkulisse umgesetzten Grundwasserschutzmaßnahmen zu Reduktionen der N-Einträge in die Oberflächengewässer führen können. Diese Reduktionen betreffen überwiegend die Austräge über den Grundwasserpfad, da Maßnahmen nur für die Flächenkulisse „Grundwasserschutz“ betrachtet werden konnten. Es ist zu erwarten, dass Minderungsmaßnahmen in den Niederungsgebieten, die durch einen hohen Anteil an Direktabfluss gekennzeichnet sind, einen wesentlich höheren Effekt auf die Austräge in die Oberflächengewässer haben. Deshalb sollten sich Maßnahmen, die gezielt eine Reduzierung der N-Einträge in die Oberflächengewässer zum Ziel haben, überwiegend auf die Niederungsregionen beziehen. Die Niederungsregionen liegen im Allgemeinen außerhalb der Maßnahmenkulisse „Grundwasser“, so dass in diesem Vorhaben hierfür keine Maßnahmeneffekte betrachtet werden.

Insgesamt wurde die Rolle der Modellierung im Rahmen eines integrierten Wirkungsmonitorings im Hinblick sowohl auf eine rückblickende Bewertung als auch zu Prognosezwecken untersucht. Nach der Definition entsprechender Umwelt- und Minderungsziele kann mit dem

hier angewendeten Modellinstrumentarium auch für die Niederungsgebiete eine realistische Abschätzung von Maßnahmeneffekten im Hinblick auf die Oberflächengewässerbelastung getroffen werden.

Im Zusammenhang mit der Oberflächengewässerbelastung sind auch Dränuntersuchungen als Instrument des Wirkungsmonitorings betrachtet worden. Die in WAgriCo 2 vom LBEG durchgeführten Untersuchungen, bieten eine wichtige Datengrundlage, die sowohl zur Validierung der Modellierung als auch zur Erfolgskontrolle herangezogen werden kann. Vor allem in den Niederungsgebieten mit hohem Direktabfluss/Dränabfluss sind Dränwasseruntersuchungen als ein wesentliches Element im Rahmen eines integrierten Monitorings zu betrachten (s. Kap. 7.2).

### Fortführung der Arbeiten zum Wirkungsmonitoringkonzept

In der projektinternen Expertengruppe zum Wirkungsmonitoring wurde auf bestehende Ergebnisse (z. B. „Vorprojekt“) und Arbeiten der AG Emission aufgebaut. Der in WAgriCo erarbeitete und in WAgriCo 2 weiterentwickelte Ansatz zum Wirkungsmonitoring wird künftig in der landesweiten AG Wirkungsmonitoring unter Federführung des NLWKN (BST H/Hi) fortgeführt.

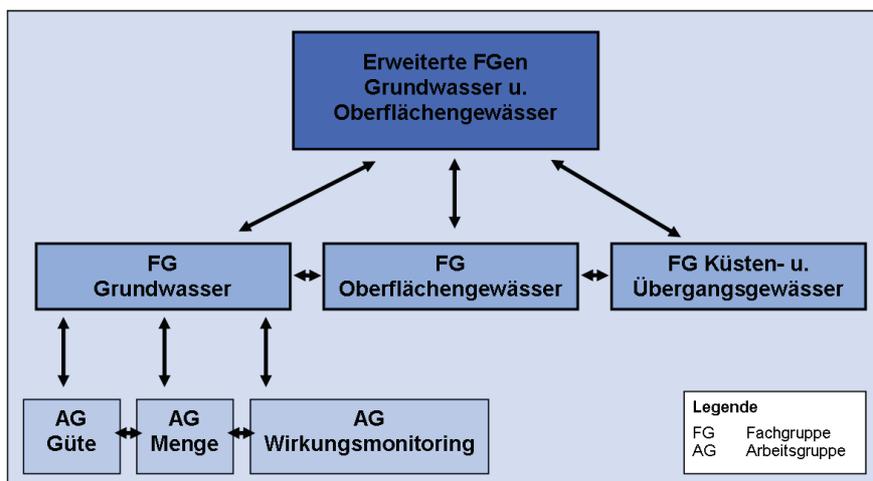


Abbildung 6.5: Einbindung der AG Wirkungsmonitoring in Fach- und Arbeitsgruppen

Die AG Wirkungsmonitoring ist neben der AG Güte und der AG Menge eine der drei landesweiten AGen, die der Fachgruppe Grundwasser zuarbeiten (s. Abb. 6.5). Ferner sind die Neuerungen des kürzlich vorgelegten GÜN-Konzeptes entsprechend in die weiteren Überlegungen der AG Wirkungsmonitoring einzubinden.



## **Kapitel 7 Wechselwirkungen zwischen Grundwasser und Oberflächengewässern**

- 7.1 Räumlich differenzierte Quantifizierung der N-Belastung der Grund- und Oberflächengewässer von Lager Hase, Großer Aue und Ilmenau/Jeetzel unter besonderer Berücksichtigung diffuser landwirtschaftlicher Quellen
- 7.2 Darstellung der Dränwasser-Untersuchungen



**Räumlich differenzierte Quantifizierung der N-Belastung  
der Grund- und Oberflächengewässer von Lager Hase,  
Großer Aue und Ilmenau/Jeetzel unter besonderer Berück-  
sichtigung diffuser landwirtschaftlicher Quellen**

**Endbericht des FZJ zum  
WAgriCo 2- Vorhaben  
„Wasserwirtschaft in Kooperation mit der Landwirtschaft“**

Ralf Kunkel und Frank Wendland

Januar 2010

Forschungszentrum Jülich  
Institut für Chemie und Dynamik der Geosphäre (ICG-4: Agrosphäre)  
52425 Jülich

Tel.: 02461 61-3262 (-3165)

E-mail: [r.kunkel@fz-juelich.de](mailto:r.kunkel@fz-juelich.de); [f.wendland@fz-juelich.de](mailto:f.wendland@fz-juelich.de)



# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Einleitung und Zielsetzung</b> .....	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Untersuchungsgebiet</b> .....	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>Methodik</b> .....	<b>5</b>
3.1	Berechnung der Abflusskomponenten mit dem GROWA-Modell .....	6
3.2	Modellierung des reaktiven Stickstofftransports im Boden mit DENUZ .....	10
3.3	Modellierung des reaktiven Stickstofftransports im Aquifer mit WEKU .....	11
<b>4.</b>	<b>Datengrundlagen</b> .....	<b>15</b>
4.1	Bodenbedeckung.....	15
4.2	Datengrundlagen zur Wasserhaushaltmodellierung .....	16
4.3	N-Überschüsse .....	17
4.4	Datengrundlagen zur Charakterisierung der Bodenzone.....	18
4.5	Hydrogeologische Datengrundlagen .....	21
4.5.1	Hydraulische Durchlässigkeiten.....	21
4.5.2	Digitales Geländemodell der Grundwasseroberfläche .....	22
<b>5.</b>	<b>Modellierung der diffusen N-Austräge in die Oberflächengewässer für den Ist-Zustand</b> .....	<b>25</b>
5.1	Sickerwasserraten und Abflusskomponenten .....	25
5.2	Verlagerbare N-Überschüsse im Boden.....	28
5.3	Denitrifikation im Boden .....	29
5.4	Potenzielle Nitratkonzentration im Sickerwasser.....	30
5.5	Stickstoffeinträge in die Oberflächengewässer über den Direktabfluss .....	31
5.6	Stickstoffeinträge in das Grundwasser .....	33
5.7	Grundwasserbürtige N-Einträge in die Oberflächengewässer .....	34
5.8	Diffuse Nährstoffausträge in die Oberflächengewässer über den Direktabfluss und den Grundwasserabfluss .....	38
5.9	N-Einträge in die Oberflächengewässer aus Punktquellen.....	38
5.10	Mittlere $N_{ges}$ -Einträge aus punktuellen und diffusen Quellen .....	39
<b>6.</b>	<b>Validierung der Modellergebnisse</b> .....	<b>41</b>
6.1	Vergleich der Modellergebnisse mit den Dränbeprobungen des LBEG.....	41
6.2	Validierung der berechneten N-Austräge in die Gewässer .....	47

6.3	Validierung der berechneten Gesamtabflusshöhen.....	49
6.4	Validierung der berechneten Gewässerkonzentrationen .....	50
<b>7.</b>	<b>Analyse der Auswirkungen von Agrarumweltmaßnahmen auf die N- Einträge in die Gewässer .....</b>	<b>51</b>
7.1	Auswirkungen der N- Minderungen auf die diffusen N-Austräge .....	52
7.2	Potenzielle Auswirkungen von N-Minderungsmaßnahmen auf die Gewässerqualität.....	57
<b>8.</b>	<b>Zusammenfassung und Diskussion .....</b>	<b>61</b>
<b>9.</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>67</b>

# 1. Einleitung und Zielsetzung

Der Eintrag von Stickstoff in die Grund- und Oberflächengewässer stellt in Niedersachsen in vielen Regionen ein wesentliches Problem für den Gewässerschutz dar. Dies lässt in zahlreichen Fällen befürchten, dass die durch die EU-Wasserrahmenrichtlinie festgelegten Umweltqualitätsziele nicht eingehalten werden können. Zur Beseitigung dieser Defizite sind wirksame und kosteneffiziente Maßnahmen zu entwickeln und umzusetzen, um bis spätestens 2015 einen „guten Zustand“ in den Wasserkörpern Niedersachsens sowie in den Küstengewässern der Nordsee zu erreichen.

Die Identifizierung möglichst kosteneffizienter Maßnahmen wird durch zahlreiche Probleme erschwert. So ist oft nicht klar, welche Stickstoffmengen aus einem Gebiet durch die unterschiedlichen Eintragspfade in die Gewässer gelangen. Gerade dies ist aber wichtig, um räumliche Belastungsschwerpunkte identifizieren und effektive Lösungsstrategien entwickeln zu können. Ein weiteres Problem besteht in der Prognose der Wirksamkeit der Maßnahmen und der Zeitspanne, in der diese Wirkungen zu erzielen sind. So führt z. B. eine Verringerung der N-Düngung auf landwirtschaftlichen Flächen unter Umständen nur sehr langfristig zu einer Verbesserung der Grundwasserqualität.

Aufgrund des komplexen Wechselspiels von ökologischen, hydrologischen, hydrogeologischen und agro-ökonomischen Beziehungen ist die Erreichung des guten Zustandes des Grundwassers und der Oberflächengewässer insbesondere für makroskalige Flussgebiete oder Bundesländer eine große Herausforderung. Kombinierte agroökonomisch-hydrologische Modelle stellen in diesem Zusammenhang ein wichtiges Hilfsmittel dar, um die aktuelle Belastungssituation zu charakterisieren, Belastungsschwerpunkte zu identifizieren und die Auswirkung von Minderungsmaßnahmen abzuschätzen. Vom FZJ wurde hierzu bereits durch eine Reihe von Studien beigetragen, die das gesamte Einzugsgebiet der Ems und Teilgebiete des Rheins (Kunkel *et al.*, 2005), das Einzugsgebiet der Weser (Kreins *et al.*, 2009) und das Bundesland Nordrhein-Westfalen (Wendland *et al.*, 2010) umfassten.

Im EU-LIFE Vorhaben WAgriCo, das dem hier bearbeiteten Projekt zugrunde liegt, wurden die drei Pilotgebiete Große Aue, Lager Hase, Ilmenau/Jeetzel untersucht, die sich deutlich hinsichtlich der Landschaftsräume, der bestehenden Flächennutzungen und der damit verbundenen Problemstellungen unterscheiden. Als Ergebnis der Bestandsaufnahme der Grundwässer Niedersachsens sind alle drei Pilotgebiete als „Zielerreichung des guten Zustandes des Grundwasser 2015 unwahrscheinlich“ eingestuft worden.

Im Zuge des WAgriCo-Vorhabens wurde ein integriertes Emissionsmodell entwickelt, in dem Ergebnisse eines auf agrarstatistischen Daten beruhenden, im LBEG betriebenen N-Bilanzmodells mit dem Wasserhaushaltsmodell GROWA (Kunkel & Wendland, 2002), dem DENUZ-Modell (Kunkel *et al.*, 2004a) zur Berücksichtigung der Denitrifikation im Boden und dem WEKU Modell zum reaktiven N-Transport im Grundwasser (Kunkel & Wendland, 1997) gekoppelt wurde (Kunkel & Wendland, 2006). Dieses Modell wurde sowohl für die drei Pilotgebiete als auch flächendeckend für das Bundesland Niedersachsen eingesetzt. Ziel der Arbeiten war die flächendifferenzierte Berechnung der potenziellen Nitratkonzentration im Sickerwasser und die Quantifizierung der maximal tolerierbaren N-Überschüsse, die eine

Nitratkonzentration im Grundwasser unter 50 mg/L nachhaltig garantieren. Darauf aufbauend wurden Flächen abgeleitet, die auf eine Reduzierung der N-Einträge in den Boden besonders sensibel reagieren und daher als Kulissen für die bevorzugte Umsetzung von Agrar-Umweltmaßnahmen geeignet sind. Die Wirkung von Agrarumweltmaßnahmen auf die Nitratbelastung des Grundwassers wurde flächendeckend prognostiziert. Dabei war der Fokus zunächst überwiegend auf den Grundwasserschutz ausgerichtet.

Von den Agrarumweltmaßnahmen gehen neben der Wirkung auf das Grundwasser auch positive Wirkungen für die Oberflächengewässer aus. Diese Wirkungen können jedoch sehr unterschiedlich ausfallen. Während für das Grundwasser die Standortbedingungen von Bedeutung sind, müssen bei Oberflächengewässern zusätzlich die unterschiedlichen Eintragspfade für Pflanzennährstoffe und beteiligten Transportprozesse berücksichtigt werden. Bei der Betrachtung der Nährstoffeinträge in die Oberflächengewässer ist in Niedersachsen der Eintrag über Direktabfluss, vielfach über Dränagen, von besonderer Bedeutung.

Im Rahmen dieses Vorhabens (WAgriCo2) sollte das in WAgriCo eingesetzte Modellinstrumentarium zur räumlich differenzierten und nach Eintragspfaden aufgelösten Quantifizierung der N-Einträge in die Oberflächengewässer der Pilotgebiete Lager Hase, Große Aue und Ilmenau/Jeetzel eingesetzt werden. Der Schwerpunkt sollte hierbei auf der Betrachtung der diffusen, landwirtschaftlichen Quellen liegen. Dies sollte es ermöglichen, Belastungsschwerpunkte und damit prioritäre Bereiche für die Maßnahmendurchführung räumlich zu identifizieren. Zudem sollte mit Hilfe der Modellierung die Wirksamkeit von Maßnahmen prognostiziert und eine Kosten-Nutzen-Analyse der infrage kommenden Maßnahmen ermöglicht werden. Die Ergebnisse des Vorhabens sollen dadurch eine wichtige Grundlage für die Auswahl und die räumliche Prioritätensetzung von Maßnahmen zur Reduzierung der landwirtschaftlichen Nährstoffeinträge in die Oberflächengewässer Niedersachsens darstellen.

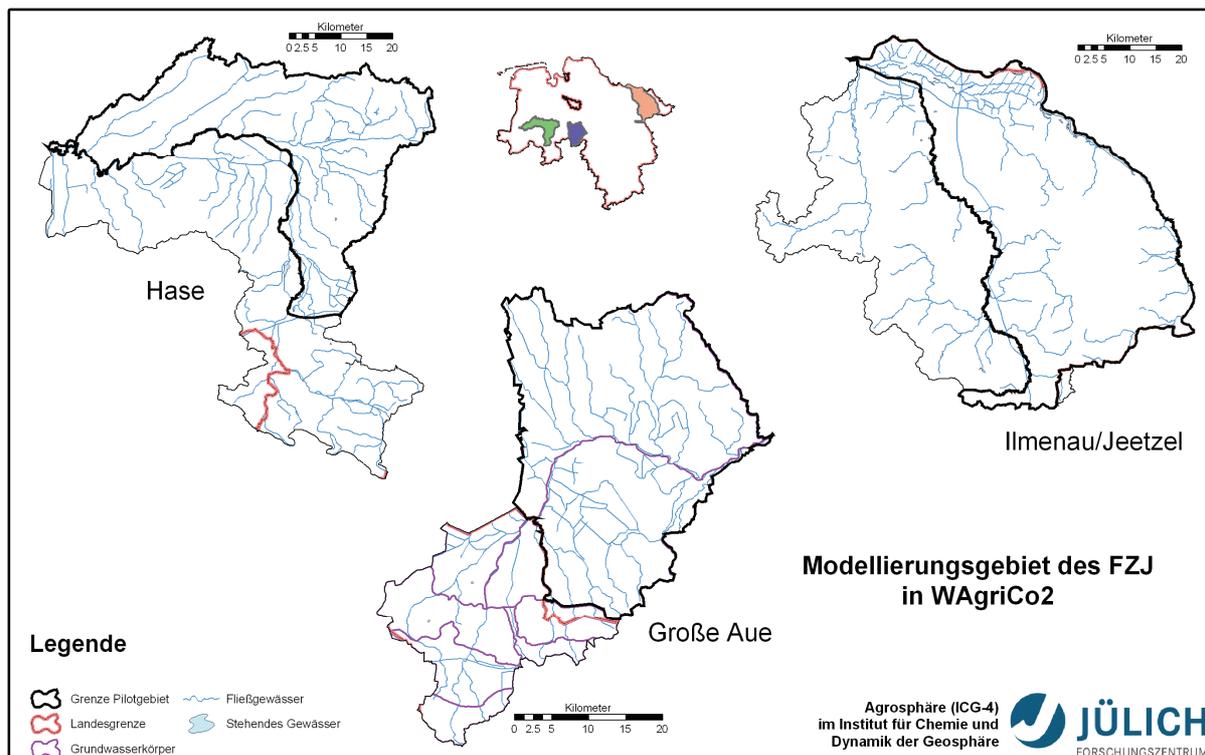
Konkret sollen die folgenden Arbeitsschwerpunkte bearbeitet werden:

- Modellgestützte Analyse der N-Belastung des Gesamtsystems Grundwasser-Oberflächenwasser aus diffusen Quellen und Punktquellen,
- Berücksichtigung der relevanten Eintragspfade, insbesondere der Drainagen,
- Quantifizierung der Nährstoffeinträge in das Grundwasser und die Vorfluter bei mittleren Abflussbedingungen,
- Ergänzung des Modellansatzes zur Berücksichtigung zum Nährstoffrückhalt im Oberflächengewässer und zu Punktquellen,
- Erarbeitung von Reduktionszielen für den Nährstoffeintrag in die Oberflächengewässer: Definition der Umweltziele und der räumlicher Bezüge, Berechnung der tolerierbaren Frachten bzw. Überschüsse (inverse Modellrechnung),
- Modellgestützte Abschätzung des (raum-zeitlichen) Effekts von Wasserschutzmaßnahmen auf die Oberflächengewässergüte.

## 2. Untersuchungsgebiet

Analog zum WAgriCo-Vorhaben wurden auch in diesem Vorhaben die Pilotgebiete Lager Hase, Große Aue und Ilmenau/Jeetzel betrachtet. Diese drei Pilotgebiete sind durch die Grenzen von Grundwasserkörpern und die Landesgrenzen definiert. In diesem Vorhaben soll jedoch, anders als in WAgriCo, auch die N-Belastung des Gesamtsystems Grundwasser-Oberflächenwasser analysiert werden. Hierfür reicht die Betrachtung von Grundwasserkörpern allein nicht mehr aus; es mussten zusätzlich die gesamten hydrologischen Einzugsgebiete betrachtet werden, welche die Stoffgehalte in den jeweiligen Oberflächengewässern der Pilotgebiete bestimmen.

In Karte 1 sind als Erweiterung der eigentlichen Pilotgebiete die in diesem Vorhaben betrachteten Modellgebiete dargestellt, wie sie sich aus der Hydrographischen Karte Niedersachsens 1:50000 (Stand 1999) ergeben. Für die Hase wurde neben dem Pilotgebiet Lager Hase rechts der Hase auch das Einzugsgebiet links der Hase berücksichtigt. Dies gilt in analoger Weise auch für die Ilmenau, wobei die zu betrachtenden Teilgebiete der Jeetzel auf das eigentliche Pilotgebiet beschränkt bleiben konnten. Für die Große Aue wurde zusätzlich der in Nordrhein-Westfalen gelegene Oberlauf mit berücksichtigt. Damit sind die hier betrachteten Gebiete etwa doppelt so groß wie die WAgriCo-Pilotgebiete und betragen 3559 km<sup>2</sup> (Ilmenau/Jeetzel), 3051 km<sup>2</sup> (Hase) und 1515 km<sup>2</sup> (Große Aue).



Karte 1: Pilotgebiete und Modellierungsgebiete des FZJ in WAgriCo2.



### 3. Methodik

Methodische Grundlage für die Arbeiten ist das Emissionsmodell, welches auch schon im WAgriCo-Vorhaben eingesetzt wurde. Im WAgriCo-Vorhaben lag ein Schwerpunkt der Arbeiten auf der Quantifizierung der potenziellen Nitratkonzentration im Sickerwasser. Der reaktive N-Transport im Aquifer und die Austräge in die Gewässer wurden nicht betrachtet. Dies steht jedoch im Fokus der FZJ-Arbeiten im WAgriCo2-Vorhaben. Neben dem reaktiven N-Transport im Aquifer wurden Punkteinträge aus kommunalen und privaten Direkteinleitern in die Betrachtung aufgenommen und die Nitratfrachten bzw. -konzentrationen in den Oberflächengewässern der drei Pilotgebiete unter Berücksichtigung des Nitratabbaus im Gewässerlauf berechnet. Der Verfahrensgang und die einzelnen Modellkomponenten sind schematisch in Abbildung 1 aufgeführt, die Berechnung der Stickstofffrachten im Gewässer erfolgt nach der folgenden Beziehung:

$$L_{Ezg} = d_{Fluss} \cdot \left\{ \sum_{i=1}^{Ezg} d_{Boden,i} \cdot a_N \cdot (N_{LF,i} + N_{atm,i}) \cdot [r_{d,i} + r_{z,i} + d_{Aquifer,i} \cdot r_{b,i}] + \sum_{s=1}^{Ezg} L_{Punkt,s} \right\} \quad \text{Gl. 1}$$

mit:	$L_{Ezg}$	=	Stickstofffracht am Auslass des Einzugsgebietes	[t/a]
	$d_{Fluss}$	=	Nährstoffrückhalt und -abbau im Gewässer	[-]
	$d_{Boden}$	=	Denitrifikation im Boden relativ zu den Einträgen	[-]
	$a_N$	=	N-Speicheränderung im Boden als Anteil der N-Überschüsse	[-]
	$N_{LF}$	=	N-Überschuss aus der landwirtschaftlichen Nutzung	[kg N/(ha a)]
	$N_{atm}$	=	Atmosphärische N-Deposition	[kg N/(ha a)]
	$r_d$	=	Anteil des Dränabflusses am Gesamtabfluss	[-]
	$r_z$	=	Anteil des Zwischenabflusses am Gesamtabfluss	[-]
	$d_{Aquifer}$	=	Denitrifikation im Aquifer relativ zu den Einträgen	[-]
	$r_b$	=	Anteil des Basisabflusses am Gesamtabfluss	[-]
	$L_{Punkt}$	=	Punkteinträge in das Gewässer	[t/a]

Eine wichtige Grundlage für die Modellierung des reaktiven Stickstofftransports im Boden und Grundwasser sind die in den Boden eingetragenen Stickstoffüberschüsse. Die wesentlichen Quellen hierfür sind die atmosphärische Deposition ( $N_{atm}$ ) und die Stickstoffüberschüsse durch die landwirtschaftliche Nutzung der Böden ( $N_{LF}$ ). Die N-Überschüsse der Landwirtschaftsflächen wurden hierbei vom LBEG auf der Basis agrarstatistischer Daten für administrative Einheiten (Landkreise, Gemeinden) berechnet. Nach Disaggregation hinsichtlich der Landnutzung, Berücksichtigung potenzieller Änderungen des Stickstoffspeichers im Boden ( $a_N$ ) und der Denitrifikation im Boden ( $d_{Boden}$ ) sowie der N-Einträge für die nicht landwirtschaftlich genutzten Flächen ergeben sich die N-Austräge aus dem Boden.

Der Austrag von Nitrat in das Grundwasser bzw. die Oberflächengewässer ist immer an die aus einer Region abfließende Wassermenge gebunden. Für die diffusen Nitratinträge, die unter anderem aus überschüssigen Düngermengen aus der Landwirtschaft resultieren, ist insbesondere der unterirdische Abfluss von Bedeutung. Der unterirdische Abfluss wird mit dem GROWA-Modell quantifiziert, wobei neben der Sickerwasserrate auch in die Abflussanteile des Direktabflusses (Dränagen ( $r_D$ ) bzw. natürlicher Zwischenabfluss ( $r_z$ )) sowie des Grundwasserabflusses ( $r_B$ ) separiert wird. Das an die jeweiligen Abflusskomponenten ge-

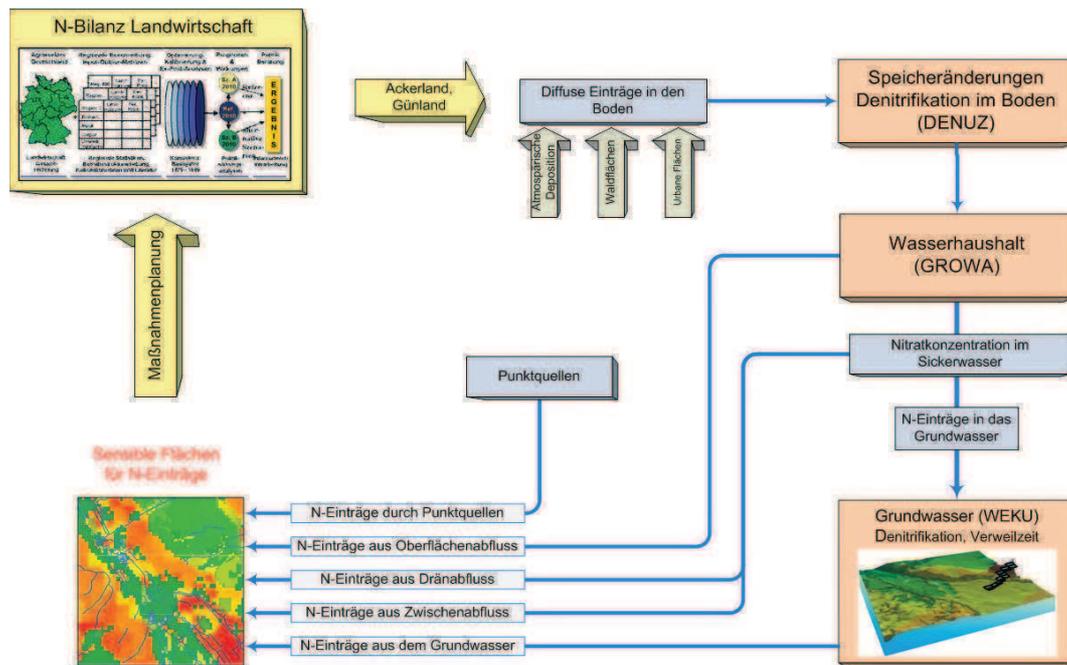


Abbildung 1: schematische Darstellung des Emissionsmodells.

koppelte Nitrat gelangt mit unterschiedlicher Zeitverzögerung nach seinem Eintrag in die Oberflächengewässer. Geht man davon aus, dass die Nitratkonzentration im Sickerwasser nach der Passage der Wurzelzone festgelegt ist, d.h. dass die Denitrifikation in tieferen Schichten der ungesättigten Zone vernachlässigt werden kann, teilen sich die N-Frachten nach dem Verhältnis Direktabfluss/Grundwasserneubildung auf. Ein Teil gelangt über den Direktabfluss in die Oberflächengewässer, der andere Teil gelangt über die Grundwasserneubildung in den Aquifer. Im Grundwasserraum unterliegt das Nitrat Abbauprozessen ( $d_{\text{Aquifer}}$ ), durch die die Stoffbelastung unterliegender Gewässersysteme je nach Standortbedingung weiter verringert werden kann.

Die Stickstoffbelastung der Oberflächengewässer ergibt sich dann aus den berechneten Gesamteinträge aus dem Direktabfluss und dem Grundwasser, die Summe der Punkteinträge ( $L_{\text{Punkt}}$ ) aus überwiegend kommunalen und industriellen Einleitern und dem Stickstoffabbau im Fließgewässer ( $d_{\text{Fluss}}$ ). Im Folgenden werden die Modellansätze zur Berechnung der einzelnen Komponenten näher beschrieben.

### 3.1 Berechnung der Abflusskomponenten mit dem GROWA-Modell

Das Wasserhaushaltsmodell GROWA (Kunkel & Wendland, 2002) ist ein empirisches Verfahren, mit dem verschiedene Wasserhaushaltskomponenten flächendifferenziert berechnet werden können: reale Verdunstungshöhe, Gesamtabflusshöhe, Direktabflusshöhe und Grundwasserneubildungshöhe. Die Berechnung der realen Verdunstungshöhe basiert auf der Beziehung von Renger & Wessolek (DVWK, 1996), die aus umfangreichen Feldversuchen zur Ermittlung der realen Verdunstung für verschiedene Landnutzungsarten abgeleitet wurde. Der Gültigkeitsbereich der von Renger & Wessolek angegebenen Beziehung ist auf ebene, grundwasserferne und unversiegelte Standorte beschränkt. Hennings (Hennings, 2000) gibt eine maximal gültige Hangneigung von 3,5% an. Darüber hinaus gelten noch kli-

matologische Einschränkungen, nach der bei landwirtschaftlicher Nutzung der Jahresniederschlag 800 mm und bei forstwirtschaftlicher Nutzung 1300 mm nicht überschreiten soll.

Um eine flächendeckende Berechnung der Gesamtabflusshöhen zu gewährleisten, wurde der Ansatz von (Bogena *et al.*, 2003; Dörhöfer *et al.*, 2001; Kunkel & Wendland, 2002; Tetzlaff *et al.*, 2004) durch die Berücksichtigung von Relief, Grundwassereinfluss, Versiegelung und Geologie weiterentwickelt und auf eine Reihe von Landschaftsräumen angewendet, z.B. auf Niedersachsen (Dörhöfer *et al.*, 2001), Nordrhein-Westfalen (Bogena *et al.*, 2003) und die Metropolregion Hamburg (Tetzlaff *et al.*, 2004). Das GROWA-Modell wurde im Jahr 2000 in das Niedersächsische Informationssystem NIBIS integriert und bildet seither eine Grundlage für die Wasserhaushaltsmodellierung in Niedersachsen. Aus diesem Grunde wird an dieser Stelle auf eine ausführliche Beschreibung des GROWA-Modells verzichtet und nur die grundlegende Verfahrensweise dargestellt. Ausführlichere Modellbeschreibungen finden sich in den o.a. Literaturstellen.

Die Gesamtabflusshöhen werden nach der folgenden Beziehung berechnet:

$$\begin{aligned}
 Q_{ges} &= N_j - ET_{real} \\
 &= N_j - f_h \cdot [a \cdot N_{So} + b \cdot N_{Wi} + c \cdot \log(W_{pfl}) + d \cdot ET_{pot} + e \cdot V + g]
 \end{aligned}
 \tag{Gl. 2}$$

mit:	$ET_{real}$	=	mittlere jährliche Höhe der realen Verdunstung	[mm/a]
	$f_h$	=	topographischer Korrekturfaktor	
	$N_j$	=	Jahresniederschlagshöhe	[mm/a]
	$N_{So}$	=	Niederschlagshöhe im hydrologischen Sommerhalbjahr	[mm/a]
	$N_{Wi}$	=	Niederschlagshöhe im hydrologischen Winterhalbjahr	[mm/a]
	$W_{pfl}$	=	pflanzenverfügbare Bodenwassermenge	[mm]
	$ET_{pot}$	=	mittlere jährliche potenzielle Verdunstung	[mm/a]
	$V$	=	Versiegelungsgrad	[%]
	$a, \dots, g$	=	bodenbedeckungsabhängige Koeffizienten	

Als Basisdaten werden die klimatischen Größen Niederschlag und potenzielle Verdunstung, das pflanzenverfügbare Bodenwasser als Bodenparameter sowie die Versiegelung benötigt. Die Regressionskoeffizienten a...g sind abhängig von der Bodenbedeckung. Im Modell können die Bodenbedeckungstypen Ackerland, Grünland, Laubwald, Nadelwald, unbewachsene Flächen, wasserbedeckte Flächen und versiegelte Flächen sowie ihre Linearkombination berücksichtigt werden.

Die Sickerwasserrate, also die in den Boden infiltrierende Wassermenge, wird aus den Gesamtabflusshöhen durch Abtrennen des Oberflächenabflusses ermittelt. Generell ist das Auftreten von Oberflächenabfluss an versiegelte Flächen bzw. in unversiegelten Regionen an Starkregenereignisse gebunden und ist auf stark reliefierte Mittelgebirgsregionen und grundwassernahe Standorte beschränkt.

Beim Eindringen in tiefere Bodenschichten kann das Wasser an eine wenig wasserleitende Schicht über dem eigentlichen Aquifer gelangen. In diesem Fall wird das infiltrierende Wasser gestaut und fließt hangparallel dem größten Gefälle folgend oberhalb des eigentlichen Grundwasserbereiches in der wasserungesättigten Zone dem Vorfluter zu (siehe Abbildung 2). Diese Abflusskomponente wird als natürlicher Zwischenabfluss bezeichnet. In grundwas-

serbeeinflussten Niederungsregionen oder Regionen mit Staunässe im Boden wurden in der Vergangenheit häufig künstliche Entwässerungssysteme (Gräben, Dränagen) aufgebaut, um Landwirtschaft betreiben zu können. Über diese künstlichen Entwässerungssysteme gelangt das Sickerwasser bereits nach einer kurzen vertikalen Fließstrecke in die Vorfluter. Diese Abflusskomponente wird als Dränabfluss bezeichnet. Im Hinblick auf die Verweilzeiten ist der Dränabfluss mit dem natürlichen Interflow vergleichbar.

Nach DIN 4049 bezeichnet der Begriff der Grundwasserneubildung den Zugang von infiltriertem Wasser durch den Sickerraum zum Grundwasser. Während die Infiltration an der Obergrenze des durchwurzelten Bodenraumes gemessen wird, findet die eigentliche Grundwasserneubildung an der Oberfläche des oberflächennahen Grundwasserkörpers statt. Grundwasserneubildung bezieht sich immer nur auf das oberste Grundwasserstockwerk; die Speisung von tieferen Stockwerken wird als Zusickerung bezeichnet. Häufig wird die Sickerwasserhöhe der Grundwasserneubildungshöhe gleichgesetzt. Der natürliche Zwischenabfluss (Interflow) bzw. der Dränabfluss wird bei dieser Betrachtungsweise der Grundwasserneubildung zugeschlagen, obwohl bekannt ist, dass z.B. die Grundwasserneubildung in devonischen Schiefen im Allgemeinen weniger als 20% des Gesamtabflusses beträgt (Bogena *et al.*, 2003). Im GROWA-Modell werden diese Abflusskomponenten getrennt betrachtet.

Im GROWA-Modell wird der Gesamtabfluss in die vier Abflusskomponenten Oberflächenabfluss, Dränabfluss, (natürlicher) Zwischenabfluss und Grundwasserneubildung aufgeteilt:

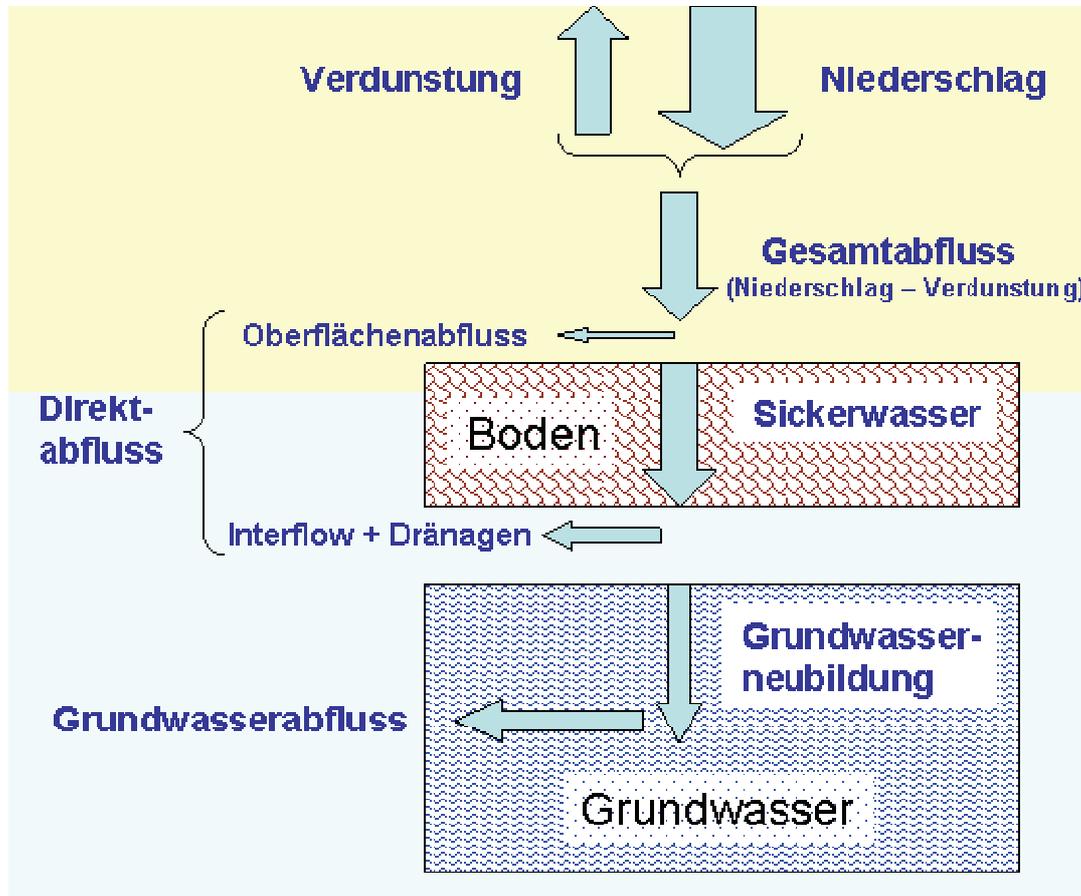


Abbildung 2: Die Komponenten des Abflusses.

$$Q_{Ges} = Q_O + Q_D + Q_Z + Q_{Gw} \quad \text{Gl. 3}$$

mit:	$Q_{Ges}$	=	mittlere jährliche Grundwasserneubildungshöhe	[mm/a]
	$Q_O$	=	mittlere jährliche Oberflächenabflusshöhe	[mm/a]
	$Q_D$	=	mittlere jährliche Dränabflusshöhe	[mm/a]
	$Q_Z$	=	mittlere jährliche Zwischenabflusshöhe	[mm/a]
	$Q_{Gw}$	=	mittlere jährliche Grundwasserneubildungshöhe	[mm/a]

Diese Abflusskomponenten werden durch zeitlich konstante Abflussanteile beschrieben, die jeweils von verschiedenen Standortkenngrößen abhängig sind:

$$Q_{Ges} = r_o \cdot Q_{Ges} + r_d \cdot Q_{Ges} + r_z \cdot Q_{Ges} + r_b \cdot Q_{Ges} \quad \text{Gl. 4}$$

mit:	$r_o$	=	Oberflächenabflussanteil	(-)
	$r_d$	=	Dränabflussanteil	(-)
	$r_z$	=	Zwischenabflussanteil	(-)
	$r_b$	=	Basisabflussanteil	(-)

In Abbildung 3 ist als Beispiel die Verfahrensweise zur Ableitung des Basisabflussanteils ( $BFI=r_b$ ) dargestellt. Zunächst wird für den betreffenden Standort ein dem Versiegelungsanteil entsprechender Oberflächenabflussanteil zugeordnet (Tetzlaff *et al.*, 2004). Für unversiegelte Flächen wird der Oberflächenabflussanteil auf der Basis von (US Soil Conservation Service, 1972) folgendermaßen abgeschätzt:

$$r_o = 2 \cdot 10^{-6} \cdot (N_j - 500)^{1,65} \quad \text{Gl. 5}$$

mit:	$N_j$	=	mittlere jährliche Niederschlagshöhe	[mm/a]
------	-------	---	--------------------------------------	--------

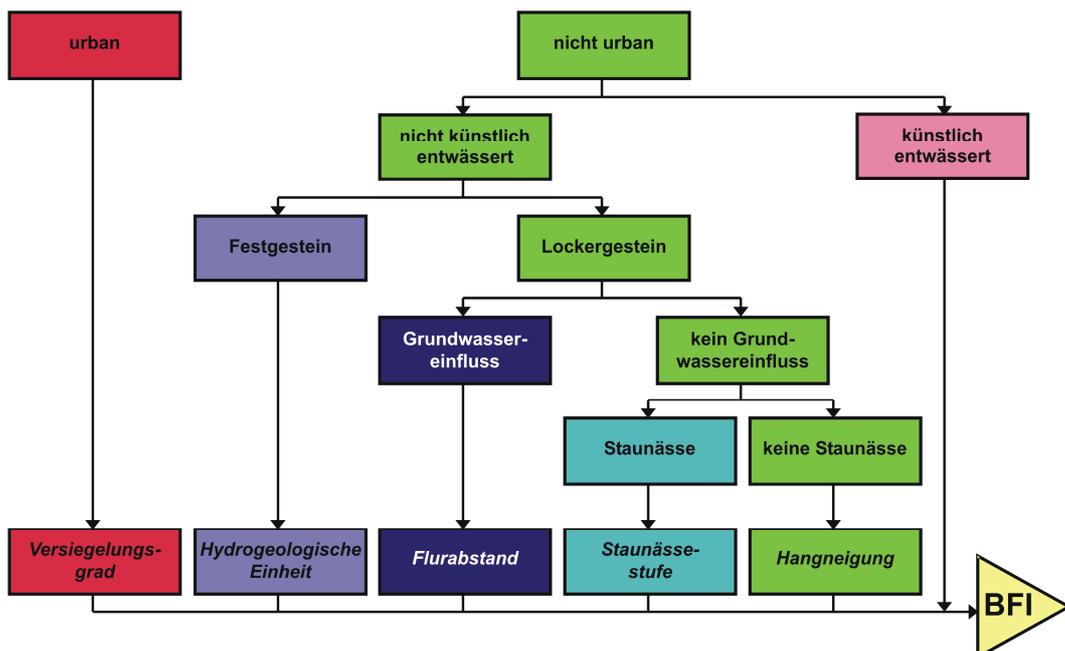


Abbildung 3: Hierarchie der abflussrelevanten Gebietseigenschaften zur Ableitung der Basisabflussanteile ( $r_b$ -Werte) im GROWA-Modell.

Für den verbleibenden (Sickerwasser-) Anteil wird in einem nächsten Schritt überprüft, ob künstliche Entwässerung (Dränagen, Entwässerungsgräben) vorliegt. Ist dies der Fall, so wird dieser Fläche in Abhängigkeit von der Bodenart und Bodennutzung ein fester Dränabflussanteil  $r_d$  zugeordnet. Ist dies nicht der Fall, werden für Lockergesteinsbereiche zusätzlich die bodenhydrologischen Faktoren Flurabstand und Staunässe sowie die lokale Hangneigung betrachtet. In Festgesteinsbereichen wird ausschließlich die hydrogeologische Gesteinseigenschaft als abflusswirksame Gebietseigenschaft angesehen. Für Details sei auf (Bogena *et al.*, 2003) und (Müller, 2004) verwiesen.

Die Abflussanteile wurden anhand gemessener Abflusswerte für die betrachtete Zeitreihe einzugsgebietsbezogen kalibriert. Als bestimmendes Maß hierfür wurde das Minimum der kleinsten Fehlerquadrate zwischen berechneten und gemessenen Abflusswerten herangezogen. In Lockergesteinsregionen wurde der Basisabfluss aus den gemessenen Pegelwerten nach dem Verfahren nach Wundt (Wundt, 1958) und in Festgesteinsgebieten nach dem Verfahren von Kille (Kille, 1970) abgetrennt. Als Ergebnis der Kalibrierung ergab sich ein Satz von Abflussanteilen, der für die Gesamtheit der betrachteten Einzugsgebiete zu einer optimalen Anpassung führt. Dieser Parametersatz wurde flächendeckend angewendet.

### 3.2 Modellierung des reaktiven Stickstofftransports im Boden mit DENUZ

Die im Boden vorliegenden Stickstoffüberschüsse gelangen im Allgemeinen nicht vollständig in das Grundwasser bzw. die Oberflächengewässer. Durch mikrobielle Umsetzungsprozesse im Boden kann ein Teil des Stickstoffs in reduzierte gasförmige Stickstoffverbindungen umgewandelt werden, die den Bodenraum in die Atmosphäre verlassen können. Ausmaß und Kinetik der Denitrifikation im Boden hängen in komplexer Weise von einer Vielzahl verschiedener Einflussfaktoren ab. Begünstigend für eine Denitrifikation im Boden sind beispielsweise eine hohe Bodenfeuchte, hohe Bodendichten und hohe Bodentemperaturen. Im Gegensatz dazu ist mit einer gehemmten Denitrifikation bei zur Versauerung neigenden Böden und reduziertem Humusgehalt zu rechnen (Hoffmann, 1991; Köhne & Wendland, 1992; Wendland, 1992; Wendland *et al.*, 1993). Die Denitrifikation im Boden wird mit dem DENUZ-Modell durch eine Michaelis-Menten Kinetik beschrieben:

$$\frac{dN(t)}{dt} + D_{\max} \cdot \frac{N(t)}{k + N(t)} = 0 \quad \text{Gl. 6}$$

mit: N(t): Nitratgehalt im Bodens nach der Verweilzeit t  
t: Verweilzeit  
 $D_{\max}$ : maximale Denitrifikationsrate  
k: Michaelis-Konstante

$D_{\max}$  bezeichnet hierbei die von den Milieubedingungen abhängige maximale Denitrifikationsrate eines Bodens, die sich aus den Bodeneigenschaften ableiten lässt. Die Michaelis-Konstante (k), die die Kinetik im Bereich geringer Konzentrationen bestimmt, wurde nach (Köhne & Wendland, 1992) auf Werte zwischen  $18,7 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$  (gute Denitrifikationsbedingungen) und  $2,5 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$  (schlechte Denitrifikationsbedingungen) gesetzt.

Die Denitrifikation im Boden, in Gl. 1 als  $d_{\text{Boden}}$  bezeichnet, ergibt sich aus dem Verhältnis des Nitrataustrags aus dem Boden, der durch (numerisches) Lösen von Gl. 6 berechnet werden kann, und dem verlagerbaren N-Überschuss:

$$d_{\text{Boden}} = \frac{N(D_{\text{max}}, k, N_0, t_{\text{Boden}})}{N_0} \quad \text{Gl. 7}$$

mit:  $N(t)$ : Nitratgehalt im Bodens nach der Verweilzeit  $t_{\text{Boden}}$  (kg N·ha<sup>-1</sup>·a<sup>-1</sup>)  
 $N_0$ : Verlagerbare N-Überschüsse im Boden (kg N·ha<sup>-1</sup>·a<sup>-1</sup>)

Die Verweilzeit des Sickerwassers im Boden wird aus der nutzbaren Feldkapazität des Bodens und der Sickerwasserrate abgeleitet (Hennings, 2000; Müller & Raissi, 2002):

$$t_{\text{Boden}} = \frac{1}{Q_{\text{SW}}} \sum_i nFK_i \cdot d_i \quad \text{Gl. 8}$$

mit:  $t_{\text{Deck}}$ : Verweilzeit des Sickerwassers im Boden [a]  
 $Q_{\text{SW}}$ : Sickerwasserrate [mm/a]  
 $nFK$ : Wasserspeichervermögen (nutzbare. Feldkapazität) [mm/dm]  
 $d$ : Schichtmächtigkeit [dm]

Der Index  $i$  läuft dabei über alle denitrifizierenden Schichten des Bodenprofils.

Durch Kombination der berechneten N-Austräge aus dem Boden nach Denitrifikation mit der Sickerwasserrate kann die potenzielle Nitratkonzentration im Sickerwasser berechnet werden. Diese gibt an, mit welcher mittleren Konzentration das aus dem Boden ausgetragene Nitrat in das Grundwasser bzw. über den Direktabfluss in die Oberflächengewässer eingetragen wird. Eine Reihe von Untersuchungen belegen, dass in der ungesättigten Zone unterhalb des durchwurzelten Bodenbereichs kein nennenswerter Nitratabbau stattfindet (Obermann, 1981; Schulte-Kellinghaus, 1987; Voss, 1985). Die quantifizierten Stickstoffausträge aus dem Boden bzw. die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser stellen also die Mengen bzw. Konzentrationen dar, die in das Grundwasser oder über den Direktabfluss in die Vorfluter eingetragen werden.

### 3.3 Modellierung des reaktiven Stickstofftransports im Aquifer mit WEKU

Um eine realistische Modellierung des Stickstofftransports im Grundwasser und damit der Stickstoffausträge in die Vorfluter durchführen zu können ist es unbedingt erforderlich, die Denitrifikationsprozesse im Aquifer zu berücksichtigen. Dies erfolgte in diesem Vorhaben mit dem WEKU-Modell, welches unter Berücksichtigung zweidimensionaler makroskaliger Datengrundlagen eine Abbildung des Weg-/Zeitverhaltens der grundwasserbürtigen Abflusskomponenten und des Nitratabbaus im Aquifer ermöglicht (Kunkel, 1994; Kunkel & Wendland, 1997; Kunkel & Wendland, 1999; 2006; Wendland, 1992; Wendland *et al.*, 2004). Das Modell ist für die Betrachtung meso- und makroskaliger Einzugsgebiete entwickelt worden, in denen mit Verweilzeiten im Bereich von Jahren und Jahrzehnten zu rechnen ist. Die natürli-

che Heterogenität der betrachteten Aquifere und die Unsicherheiten der Datengrundlagen werden durch die explizite Betrachtung von Mittelwerten und Streubreiten der Eingabeparameter in Form konkreter Verteilungsfunktionen berücksichtigt. Die berechneten Werte können daher im Hinblick auf die Unsicherheiten der zu Grunde liegenden Gebietsparameter interpretiert und Aussagen über mögliche Abweichungen getroffen werden können.

Gelangt Nitrat mit der Grundwasserneubildung in den Aquifer, so ist dessen Ausbreitung von den hydrogeologischen Bedingungen und den Abbauprozessen im Aquifer abhängig. Nitrat kann über mikrobiell gesteuerte Reaktionen in gasförmige Stickstoffverbindungen ( $N_2O$  oder  $N_2$ ) umgewandelt werden. Denitrifikationsprozesse, die auf organische Kohlenstoffquellen angewiesen sind, werden als heterotroph bezeichnet (Obermann 1982). Erfolgt der Nitratabbau dagegen unter Beteiligung von Pyrit, so spricht man von autotropher Denitrifikation (Kölle, 1990). Nach den insbesondere in Europa und Nordamerika gesammelten Erfahrungen spielt neben partikulären organischen Substanzen vor allem Pyrit ( $FeS_2$ ) eine wichtige Rolle als Reduktionsmittel im Aquifer (Korom, 1992). Grundlegende Untersuchungen in Deutschland hierzu wurden unter anderem von Kölle und Böttcher (Böttcher *et al.*, 1985; 1989; Kölle *et al.*, 1983; Kölle, 1984; 1990) in dem etwa 30 km nordöstlich von Hannover gelegenen Wassergewinnungsgebiet „Fuhrberger Feld“ durchgeführt.

Die Reaktionskinetik der autotrophen Denitrifikation wurde von Böttcher und Mitarbeitern (Böttcher *et al.*, 1985; 1989) auf der Basis umfangreicher mehrjähriger Geländeuntersuchungen im Anströmungsbereich eines Brunnens des Wasserwerks Fuhrberg unter Berücksichtigung wichtiger Randbedingungen (z.B. Höhe der Grundwasserneubildung, Stoffkonzentration im neu gebildeten Grundwasser, Konzentrations-Tiefenfunktionen des Grundwassers, Rohwasserkonzentration des Förderbrunnens, Analyse des Grundwasserströmungsfeldes) bestimmt. Danach kann die Denitrifikation im Aquifer ( $d_{Aquifer}$  in Gl. 1) bei bestimmender autotropher Denitrifikation durch eine Reaktion erster Ordnung beschrieben werden:

$$d_{Aquifer} = \exp(-k_n \cdot t_{Aquifer}) \quad \text{Gl. 9}$$

mit:  $k_n$ : Denitrifikationskonstante ( $a^{-1}$ )  
 $t_{Aquifer}$ : Grundwasserverweilzeit (a)

Die Denitrifikation einer Kinetik erster Ordnung führt zu einer exponentiellen Reduzierung des Nitratgehalts im Grundwasser mit der Verweilzeit im Grundwasser. Die Denitrifikationsbedingungen in den grundwasserführenden Gesteinseinheiten können auf der Basis der Auswertung von Grundwasseranalysen und Literaturwerten abgeleitet werden (Kunkel *et al.*, 1999; Kunkel & Wendland, 2006). Aus den Arbeiten von Böttcher *et al.* (Böttcher *et al.*, 1989) lässt sich beispielsweise eine Reaktionskonstante von  $k_n = 0,34-0,56 a^{-1}$  angeben. Untersuchungen von van Beek (van Beek, 1987) aus den Niederlanden ergaben eine Denitrifikationskonstante von  $k_n \approx 0,17 a^{-1}$ , wobei der Autor davon ausgeht, dass der Nitratumsatz mit leicht metabolisierbarem Kohlenstoff in ungestörten Grundwasserleitern schneller abläuft (Faktor 2) als ein Nitratumsatz mit reduzierten Schwefelverbindungen. Leicht metabolisierbare Kohlenstoffe treten nach Rohmann & Sontheimer (Rohmann & Sontheimer, 1985) in vielen Grundwasserleitern jedoch häufig in nur geringen Konzentrationen auf, und/oder sind,

wie Obermann (Obermann, 1981) am Beispiel des Wasserwerks Mussum zeigen konnte, durch den gestiegenen Eintrag von Nitrat in den Grundwasserleiter bereits weitgehend verbraucht. Neuere Untersuchungen von Walther et al. (Walther *et al.*, 2003) im Emsgebiet ergaben sehr vergleichbare Werte für  $k_n$  zwischen  $0,2 \text{ a}^{-1}$  und  $0,5 \text{ a}^{-1}$ . Für reduzierte Aquifere, in denen eine Denitrifikation möglich ist, wurde daher für Regionen mit guten Abbaubedingungen von einer Denitrifikationskonstante von  $k_n=0,34\pm 0,1 \text{ a}^{-1}$  ausgegangen. In Regionen mit schlechten Denitrifikationsbedingungen wurde eine Denitrifikationskonstante von  $k_n < 10^{-3} \text{ a}^{-1}$  angesetzt.

Die Modellierung der Grundwasserverweilzeiten  $t_{\text{Aquifer}}$  erfolgt rasterbasiert und umfasst im Wesentlichen zwei Schritte. In einem ersten Schritt wird das Feld der Abstandsgeschwindigkeiten des Grundwassers  $\bar{v}_a$  im oberen Aquifer flächendifferenziert ermittelt. Als Eingabegrößen werden hierzu der Durchlässigkeitsbeiwert, der nutzbare Hohlraumanteil und der hydraulischer Gradient verwendet:

$$\bar{v}_a = -\frac{k_f}{n_f} \cdot \nabla j \quad \text{Gl. 10}$$

mit:	$v_a$ :	Abstandsgeschwindigkeit des Grundwassers	[m/s]
	$k_f$ :	Durchlässigkeitsbeiwert der Grundwasser führenden Gesteine	[m/s]
	$n_f$ :	nutzbarer Hohlraumanteil der Grundwasser führenden Gesteine	[-]
	$\nabla j$ :	hydraulischer Gradient	[-]

Bei der Modellierung von Strömungsvorgängen im Grundwasserleiter stellt der Durchlässigkeitsbeiwert eine zentrale Kenngröße dar. In Abhängigkeit von der Durchlässigkeit werden die grundwasserführenden Gesteinseinheiten in Grundwasserleiter, Grundwasserhemmer und Grundwassernichtleiter klassifiziert (Jordan & Weder, 1995). Nur die grundwasserführenden Gesteinseinheiten mit  $k_f$ -Werten oberhalb von  $10^{-5} \text{ m/s}$  sind Grundwasserleiter im eigentlichen Sinne und erlauben eine signifikante wasserwirtschaftliche Nutzung.

Eine Bewegung des Grundwassers im Aquifer ist nur möglich, wenn zusammenhängende Hohlräume vorhanden sind. Je größer der Hohlraumanteil eines Gesteins ist, desto besser kann das Grundwasser den Aquifer durchströmen. Der Gesamthohlraumanteil eines Grundwasserleiters ist eine dimensionslose Größe und entspricht dem Verhältnis von Hohlraumvolumen und Gesamtvolumen des Aquifers. Als nutzbaren Hohlraumanteil bezeichnet man den Anteil des Gesamthohlraums, der nicht durch adhäsiv gebundenes Wasser belegt ist, der also effektiv für die Grundwasserbewegung zur Verfügung steht. Da Daten zu nutzbaren Hohlraumanteilen im Allgemeinen nicht flächendeckend zur Verfügung stehen, ist man auf Abschätzungen angewiesen. Für Lockergesteine wurde eine durch eine Potenzfunktion beschriebene Korrelation von Durchlässigkeitsbeiwert und nutzbarem Hohlraumanteil verwendet (Kunkel, 1994; Kunkel & Wendland, 1999), während für Festgesteinsregionen Literaturwerte herangezogen werden mussten.

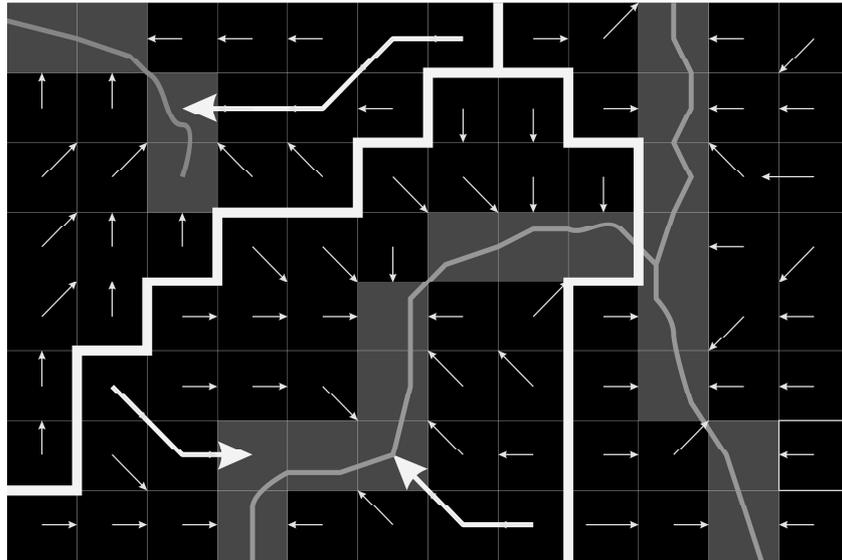


Abbildung 4: Ermittlung der Fließwege des Grundwassers im WEKU-Modell.

Im nächsten Schritt wird die Verweilzeit des Grundwassers im Aquifer berechnet. Betrachtet wurde hierzu die gesamte Fließstrecke von der Eintragszelle des Grundwassers in den Aquifer bis zum Austritt in ein Oberflächengewässer. Dies ist schematisch in Abbildung 4 illustriert, in der ein Ausschnitt des digitalen Höhenmodells der Grundwasseroberfläche, die grundwasserwirksamen Vorfluter und schattiert die Rasterzellen mit Vorfluterbesatz dargestellt sind. Pfeile kennzeichnen die Fließrichtungen des Grundwassers, dick gezeichnete Linien geben die Einzugsgebietsgrenzen wieder. Die Grundwasserverweilzeit errechnet sich durch Addition der Einzelverweilzeiten in den Rasterzellen entlang des Fließwegs von der Eintrags- bis zur Austragsstelle:

$$t_{\text{Aquifer}} = \sum_i \frac{\ell_i}{v_{a,i}} \quad \text{Gl. 11}$$

mit:	$t_{\text{Aquifer}}$ :	Grundwasserverweilzeit für den gesamten Fließweg	[s]
	$v_a$ :	Abstandsgeschwindigkeit in der Rasterzelle i	[m/s]
	$\ell_i$ :	Fließstrecke in der Rasterzelle i	[m]

Die berechneten Grundwasserverweilzeiten geben jeweils die Zeiträume an, die das Grundwasser benötigt, um vom Eintrittsort in den Grundwasserraum bis zum jeweiligen grundwasserwirksamen Vorfluter zu gelangen. An dieser Stelle sei ausdrücklich betont, dass die berechneten Verweilzeiten sich immer auf den grundwasserbürtigen Abflussanteil beziehen. Dieser stellt jedoch nicht in allen Regionen die dominierende Abflusskomponente dar. So trägt der grundwasserbürtige Abfluss beispielsweise in Gebieten, die künstlich entwässert werden, mit häufig weniger als 20 % zum Gesamtabfluss bei. In diesen Regionen beziehen sich die angegebenen Verweilzeiten daher nicht auf die regional dominante Abflusskomponente. Dies ist bei der Interpretation und Anwendung der Ergebnisse unbedingt zu berücksichtigen.

## 4. Datengrundlagen

In diesem Kapitel werden die Datengrundlagen dargestellt und diskutiert, die zur Anwendung der im Kapitel 3 beschriebenen Methodik benötigt und verwendet wurden. Datengrundlagen, die in Modellergebnisse eingegangen sind, auf die in diesem Vorhaben direkt zugegriffen wurde, wie z.B. die Sickerwasserrate, werden nicht beschrieben.

### 4.1 Bodenbedeckung

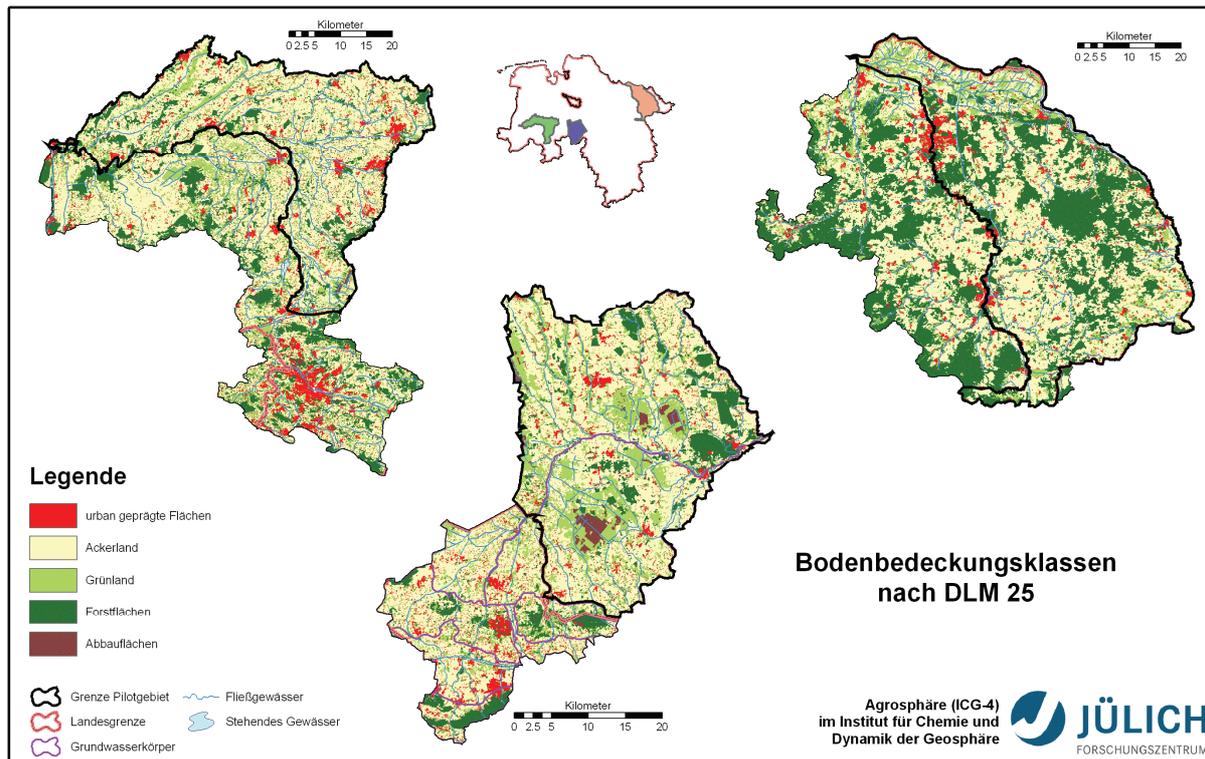
Datengrundlage für die Bodenbedeckung ist das bundesweit einheitlich vorliegende Digitale Landschaftsmodell DLM25 (1:25000) des ATKIS. Die Daten des DLM 25 setzen auf digitalisierten topographischen Karten auf, deren inhaltliche Fortführung jedoch nur teilweise den realen Landnutzungswandel wiedergibt. Dieser Nachteil wird durch die hohe räumliche Auflösung bzw. die geringe Generalisierung aufgehoben, die sich gerade bei der Modellierung von Nährstoffströmen positiv bemerkbar macht.

In dem im GROWA-Modell implementierten Verfahren zur Berechnung der realen Verdunstung nach Renger u. Wessolek (1996) werden die Landnutzungseinheiten „versiegelte Fläche“, „vegetationslose Fläche“, „Grünland“, „Ackerland“, „Laubwald“, „Nadelwald“, „unbedeckte Flächen“ und „Gewässer“ unterschieden. Diese Kategorien umfassen mehr als 90 % der auftretenden Landnutzungstypen. Stärker differenzierte ATKIS-Landnutzungsarten wurden für die Wasserhaushaltsmodellierung auf Basis einer Empfehlung des ATV-DVWK (ATV-DVWK, 2002) Linearkombinationen dieser Basisnutzungstypen zugeordnet.

Karte 2 zeigt die räumliche Verteilung der Bodenbedeckungskategorien, während in Abbildung 5 die Häufigkeitsverteilung der Landnutzungsgruppen in den drei untersuchten Modellgebieten dargestellt ist. In der Hase und der Großen Aue entfallen ca. 55 % der Fläche auf die Landnutzungsgruppe „Ackerland“. Zusammen mit der Landnutzungsgruppe „Grünland“ sind dort insgesamt mehr als 72 % der Gebietsflächen landwirtschaftlich genutzt, wobei die Große Aue mit 79 % größere Flächenanteile aufweist als die Hase mit 72 %. Im Gebiet Ilmenau/Jeetzel sind sowohl die Acker- als auch die Grünlandanteile etwas geringer, so dass dort



Abbildung 5: Häufigkeitsverteilung der Landnutzungsgruppen in den Modellgebieten.



Karte 2: Bodenbedeckung für die drei Untersuchungsgebiete.

für 57 % eine landwirtschaftliche Nutzung ausgewiesen wurde. Die Waldkategorien „Laubwald“ und „Nadelwald“ nehmen dort mit rund 37 % den zweitgrößten Anteil an der Landnutzung ein. Für die beiden anderen Gebiete ist der Anteil der Forstflächen mit 18 % (Hase) bzw. 13 % (Große Aue) deutlich geringer. Der Anteil urban geprägter Flächen ist in den drei Gebieten mit zwischen 6 und 9 % relativ gering.

## 4.2 Datengrundlagen zur Wasserhaushaltmodellierung

In die Wasserhaushaltsmodellierung gehen umfangreiche klimatische, topographische, pedologische und hydrogeologische Datengrundlagen sowie der oben beschriebene Datensatz zur Bodennutzung ein (siehe Tabelle 1). Die Daten wurden bestehenden digitalen thematischen Datenbeständen des Landes Niedersachsen entnommen. Bei der Auswahl der Datensätze war entscheidend, dass sie einerseits flächendeckend für die Pilotgebiete verfügbar waren und andererseits eine hohe räumliche Auflösung aufwiesen. Die Eingangsdaten lagen teilweise im Vektorformat, teilweise aber auch als Rasterdaten mit einer Zellengröße zwischen 50 und 250 m vor und wurden im Vorfeld der Modellierung auf ein Raster mit der für die Modellierung verwendeten Zellengröße von 50 m vereinheitlicht.

Da die Modellierung des Wasserhaushaltes und seiner Komponenten schon Aufgabe des WAgriCo-Vorhabens war, erfolgte insbesondere aus Konsistenzgründen in WAgriCo2 keine erneute Modellierung. Absprachegemäß wurden in WAgriCo die Sickerwasserraten verwendet, die mit dem GROWA-Modell für die hydrologische Periode 1961-1990 im LBEG berechnet wurden. Da dieser Datensatz ausschließlich das Bundesland Niedersachsen abdeckt, wurden für die in Nordrhein-Westfalen liegenden Flächen neuere GROWA-Modellergebnisse

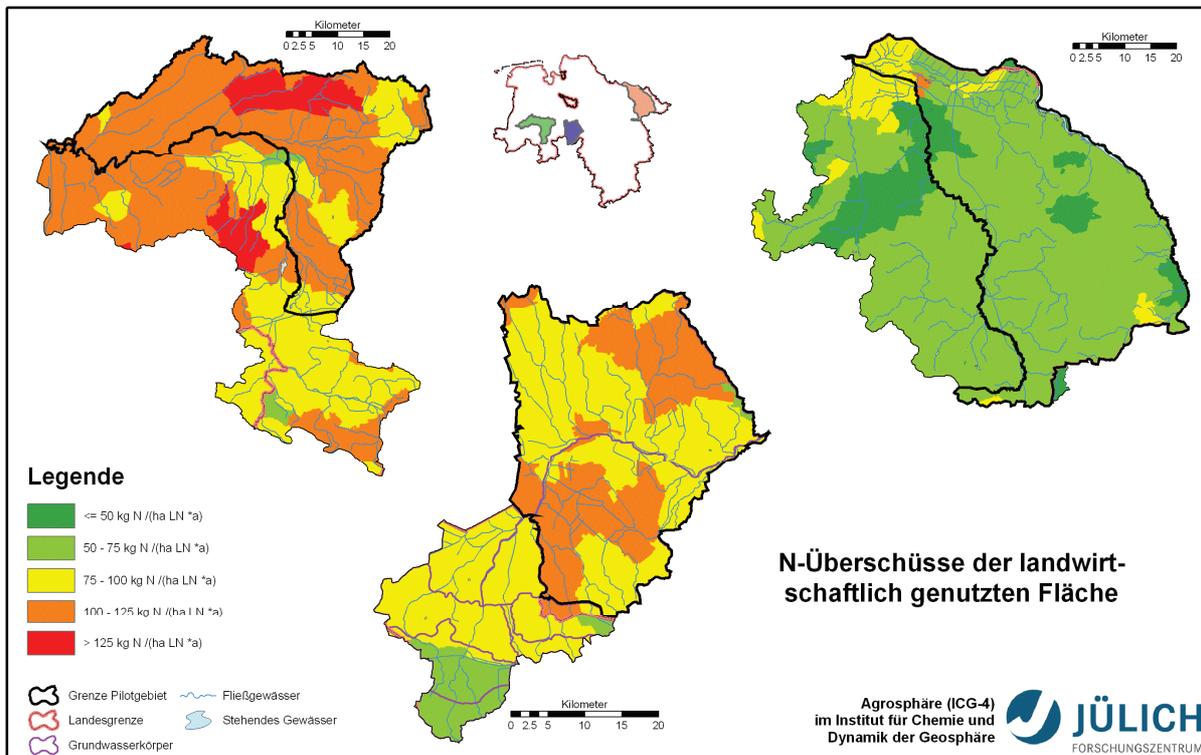
Tabelle 1: Datengrundlagen zur Wasserhaushaltsmodellierung mit GROWA.

	Datengrundlagen	Maßstab
Bodenbedeckung	Landnutzung	1 : 25.000
Klima	Niederschlag (Mai-Oktober)	Rasterwerte, disaggregiert auf 50 m
	Niederschlag (Nov-April)	
	Potentielle Verdunstung	
Topographie	Hangneigung	50 x 50 m <sup>2</sup>
	Hangexposition	
Bodenparameter	Pflanzenverfügbares Bodenwasser	1 : 50.000
	Grundwassereinfluss	
	Stauäseeinfluss	
Geologie	Gesteinseinheiten	1 : 200.000
Grundwassergleichen	Flurabstand	1 : 200.000

verwendet, die in einem Forschungsvorhaben zum N- und P-Eintrag in Nordrhein-Westfalen (Wendland *et al.*, 2010) für die gleiche Zeitreihe berechnet wurden.

### 4.3 N-Überschüsse

Im WAgriCo-Vorhaben wurden die N-Bilanzen aus der Landwirtschaft vom LBEG als Mittelwert für die Jahre 1999 und 2003 berechnet und dem FZJ als gemeindebezogener Datensatz zur Verfügung gestellt. Dieser wurde dort der Ermittlung der potenziellen Nitratkonzentration im Sickerwasser sowie der Ableitung des Minderungsbedarfs zugrunde gelegt und wird auch in diesem Vorhaben verwendet. Hier ergab sich jedoch die Schwierigkeit, dass



Karte 3: N-Überschüsse der landwirtschaftlich genutzten Fläche (Zeitreihe 1999-2003, LBEG; 2003, vTl).

zusätzlich N-Überschüsse für die in Nordrhein-Westfalen liegenden Teilflächen der Modellgebiete benötigt wurden, die allerdings in dem vom LBEG erstellten Datensatz nicht vorhanden sind. Aus diesem Grunde wurden für die nordrhein-westfälischen Flächen N-Überschüsse verwendet, die vom vTI für das Jahr 2003 im Rahmen des Forschungsvorhabens „Räumlich differenzierte Quantifizierung der N- und P-Einträge in Grund- und Oberflächenwasser in NRW unter besonderer Berücksichtigung diffuser landwirtschaftlicher Quellen“ (Wendland *et al.*, 2010) ermittelt wurden.

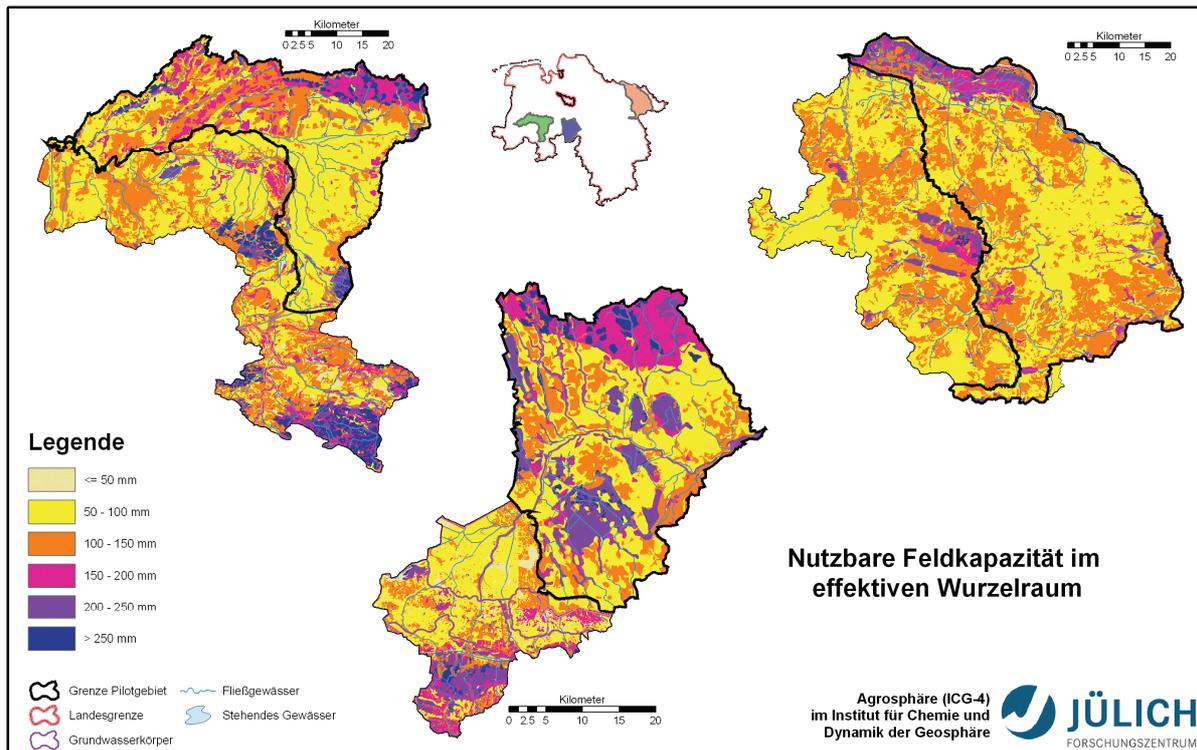
In Karte 3 sind die N-Überschüsse aus der landwirtschaftlichen Nutzung dargestellt. Die Werte beziehen sich ausschließlich auf die Flächen, die landwirtschaftlich genutzt sind; atmosphärische Deposition ist nicht berücksichtigt. Die Flächenmittel der N-Überschüsse betragen für das Modellgebiet Hase  $106 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$  und für die Große Aue  $92 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ . Für das Modellgebiet Ilmenau/Jeetzel ergeben sich mit  $61 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$  deutlich geringere mittlere N-Überschüsse aus der landwirtschaftlichen Flächennutzung.

#### **4.4 Datengrundlagen zur Charakterisierung der Bodenzone**

Zur Modellierung des Stickstofftransports in der Bodenzone werden insbesondere Angaben zur Feldkapazität und zum Denitrifikationsvermögen benötigt. Die Bodenzone wird im Folgenden als der Tiefenbereich bezeichnet, der durch die effektive Durchwurzelungstiefe bestimmt wird. Deren Eigenschaften wurden auf Basis der Bodenübersichtskarte Niedersachsens bzw. Nordrhein-Westfalens 1:50000 (BÜK 50 bzw. BK 50) parametrisiert. Der Teilbereich in der Großen Aue, der weder durch die eine noch durch die andere der beiden Datengrundlagen abgedeckt war, wurde durch die BÜK1000 aufgefüllt.

Die nutzbare Feldkapazität ist der Teil der Feldkapazität, der für die Vegetation erreichbar ist und im Boden in den Mittelporen mit Saugspannungen zwischen den pF-Werten 1,8 und 4,2 gespeichert wird. Karte 4 zeigt die nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraums für die drei Modellgebiete. Generell ist mit Werten von etwa 100 mm und weniger zu rechnen, was auf die dort verbreiteten sandigen Böden zurückzuführen ist. Die Regionen mit Böden hohen Wasserspeichervermögens sind größtenteils mit dem Vorkommen von Lehm- und Moorböden verbunden, die zum Teil in den Nordteilen der Geestflächen und in Niederungsregionen vorkommen. Dort kann die nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraums durchaus auch Werte von mehr als 200 mm betragen.

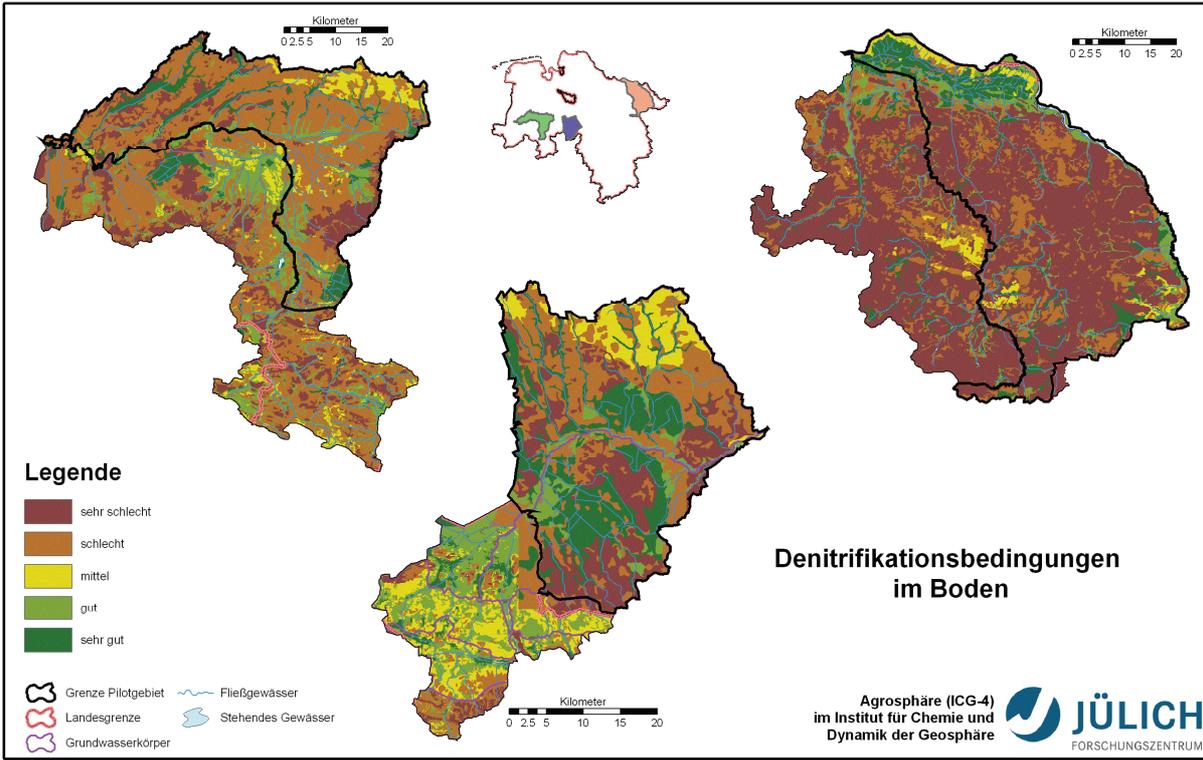
Für die Differenzierung des Nitratabbauvermögens im Boden wurde auf eine für Niedersachsen vorliegende Studie zurückgegriffen (Wienhaus *et al.*, 2008), bei der fünf Klassen unterschiedlicher Denitrifikationsraten unterschieden wurden (siehe Tabelle 2). Überträgt man die in der Tabelle angegebenen Standortbedingungen auf die zur Verfügung stehenden Bodenkarten, so ergibt sich die in Karte 5 dargestellte räumliche Differenzierung des Nitratabbaupotenzials der Böden. Im Allgemeinen kann man von schlechten bis sehr schlechten Abbaubedingungen ausgehen, so dass pro Jahr meist weniger als  $20 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  mikrobiell abgebaut werden kann. In den Niederungs- und Moorflächen ist der Nitratabbau im Boden aufgrund der stärkeren Wassersättigung der Böden wesentlich effektiver, so dass dort auch jährliche Abbauleistungen von zum Teil  $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$  und mehr erreicht werden können



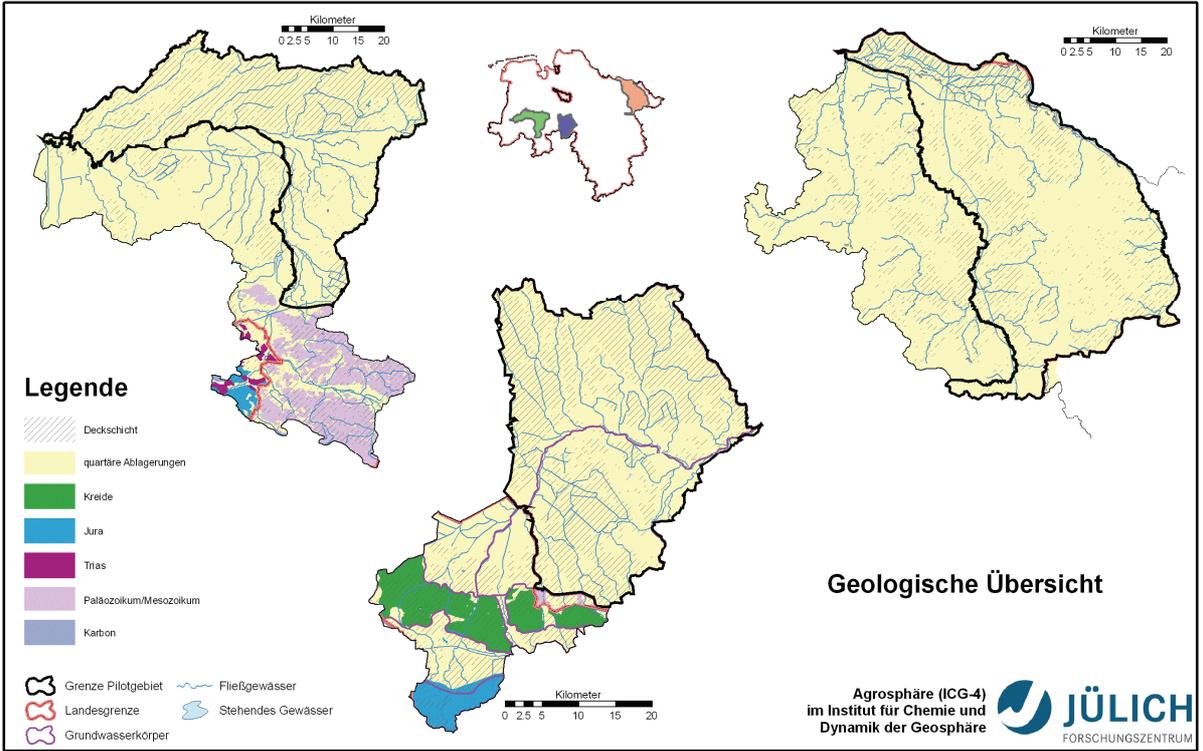
Karte 4: Nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum.

Tabelle 2: Denitrifikation in der Wurzelzone von Böden (Wienhaus *et al.*, 2008).

Denitrifikationsstufen		Rate kg N/ha/a	Grund-/ Stauwassereinfluss	Geologische Ausgangssubstrate	Bodentypen (Beispiele)
Nr.	Bezeichnung				
1	sehr gering	< 10 [10]	<b>[trocken]</b> ganzjährig keine Wassersättigung	<b>[gering humos]</b> flachgründig verwitterte Festgesteine, tiefgründig verwitterte sandige Festgesteine sandige Lockergesteine	Felshumusboden, Syrosem <sup>1)</sup> , Ranker, Regosol <sup>1)</sup> , Rendzina, Braunerde <sup>1)</sup> , Podsol <sup>1)</sup>
2	gering	10 – 30 [20]	<b>[trocken]</b> ganzjährig keine Wassersättigung	<b>[humos]</b> Alluvium, Kolluvium; schluffige und tonige Lockergesteine, erhöhte Humusgehalte, auch im Unterboden	Pararendzina <sup>1)</sup> , Parabraunerde <sup>1)</sup> , Pelosol, Tschernosem <sup>2)</sup> , Auenboden <sup>2)</sup> , Kolluvisol <sup>1)</sup> , Plaggenesch <sup>1)</sup>
			<b>[zeitweise nass]</b> Grund- oder Stauwassereinfluss	<b>[gering humos]</b> sandige Lockergesteine, geringe Humusgehalte	Podsol-Gley (Sand-Gley); Pseudogley
3	mittel	30 – 50 [40]	<b>[zeitweise nass]</b> Grund- oder Stauwassereinfluss	<b>[gering humos]</b> schluffig-lehmige Lockergesteine, geringe Humusgehalte	Gley-Pseudogley, Pseudogley-Gley, Haftnässepseudogley
4	hoch	50 – > 150 [60]	<b>[zeitweise nass]</b> Grund- oder Stauwassereinfluss	<b>[humos]</b> nicht sandige, fluviale, limnogene und marine Lockergesteine	Gley, Stagnogley, Gley- Auenboden <sup>3)</sup>
			Grundwasser nur zeitweise im Torfkörper	<b>[Torfe]</b> Hoch- und Niedermoortorfe	Niedermoor, Hochmoor
5	sehr hoch	>> 150 [100]	<b>[nass]</b> ganzjähriger Grundwassereinfluss (MHGW = 6 dm)	<b>[humos – reduzierter Schwefel]</b> Tschernosem, fluviale, limnogene und marine Lockergesteine, (Gesteine mit hohem Anteil an C und reduziertem S <sup>4)</sup> )	Gley-Tschernosem, Marschböden
				<b>[Torfe]</b> Torfe, torfhaltige Substrate, organische Mudden	Niedermoor, Hochmoor, Moorgley, Organomarsch



Karte 5: Denitrifikationsbedingungen im Boden.



Karte 6: Geologische Übersicht nach HÜK 200.

## 4.5 Hydrogeologische Datengrundlagen

Als hydrogeologische Datengrundlage für die hier ausgeführten Arbeiten stand die Hydrogeologische Übersichtskarte 1:200000 (HÜK 200) zur Verfügung, die seit 2001 von den Staatlichen Geologischen Diensten (SGD) Deutschlands im Maßstab 1: 200000 flächendeckend für das Bundesgebiet erstellt wird. Die Karte bezieht sich auf den oberen, großräumig zusammenhängenden und wasserwirtschaftlich bedeutsamen Grundwasserleiter und enthält Informationen u.a. zu Stratigrafie und Petrografie, Verfestigung, Gesteinsart, Art des Hohlraums, geochemischer Gesteinstyp, bindigen Deckschichten sowie der Durchlässigkeit.

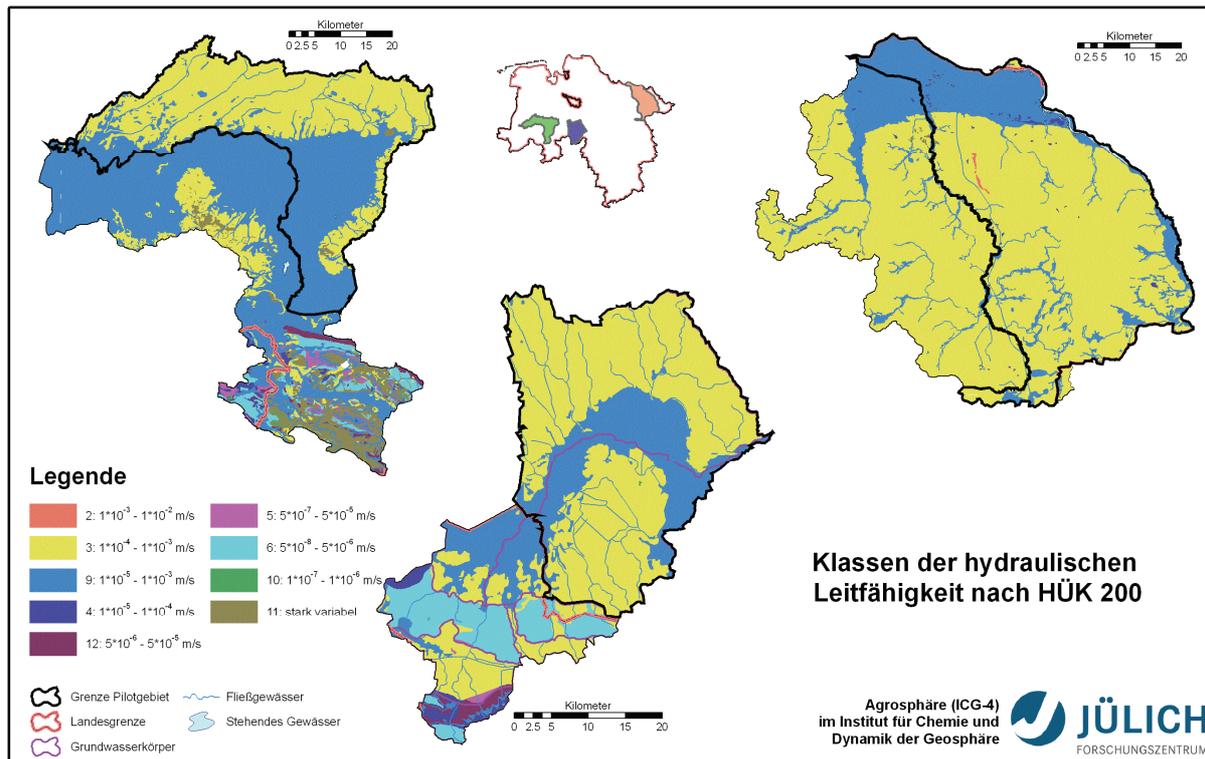
In Karte 6 ist eine geologische Übersicht der drei Modellgebiete dargestellt, wie sie sich aus der HÜK200 ergibt. In den drei Modellgebieten sind die Aquifere meist aus quartären Lockergesteinsablagerungen aufgebaut. In den Oberläufen von Hase und Große Aue im Übergangsbereich zum Teutoburger Wald bzw. zum Wiehengebirge treten auch mesozoische Festgesteine, überwiegend aus der Kreide und dem Jura, auf. Die Aquifere sind zum Teil durch bindige Deckschichten überdeckt.

### 4.5.1 Hydraulische Durchlässigkeiten

In Tabelle 3 sind die Durchlässigkeitsklassen und zugeordneten Bandbreiten dargestellt, wie sie in der HÜK 200 für den oberen Aquifer ausgewiesen wurden. Generell fallen die zum Teil großen Spannbreiten auf, die in einigen Fällen zwei Größenordnungen betragen können. Um diese Streubreiten bei der Berechnung der Abstandsgeschwindigkeiten und Grundwasser- verweilzeiten berücksichtigen zu können, wurden die Durchlässigkeitsbandbreiten in die Verteilungsparameter von Lognormalverteilungen umgerechnet (siehe Kapitel 3.3), aus denen sich die Mediane, Mittelwerte und Streureiten der Durchlässigkeitsbeiwerte berechnen lassen.

Tabelle 3: Durchlässigkeitsklassen und Durchlässigkeitsbandbreiten der HÜK 200 und die zugeordneten Mediane, Mittelwerte, und Streubreiten.

Klasse	Attribut	Bandbreite [m·s <sup>-1</sup> ]	Median [m·s <sup>-1</sup> ]	Mittelwert [m·s <sup>-1</sup> ]	Streubreite [log. Dek.]
1	sehr hoch	1·10 <sup>-2</sup> - 1·10 <sup>-1</sup>	3.2·10 <sup>-2</sup>	4.1·10 <sup>-2</sup>	0.31
2	hoch	1·10 <sup>-3</sup> - 1·10 <sup>-2</sup>	3.2·10 <sup>-3</sup>	4.1·10 <sup>-3</sup>	0.31
3	mittel	1·10 <sup>-4</sup> - 1·10 <sup>-3</sup>	3.2·10 <sup>-4</sup>	4.1·10 <sup>-4</sup>	0.31
4	mäßig	1·10 <sup>-5</sup> - 1·10 <sup>-4</sup>	3.2·10 <sup>-5</sup>	4.1·10 <sup>-5</sup>	0.31
5	gering	5·10 <sup>-7</sup> - 5·10 <sup>-5</sup>	5.0·10 <sup>-6</sup>	1.4·10 <sup>-5</sup>	0.62
6	sehr gering	5·10 <sup>-8</sup> - 5·10 <sup>-6</sup>	5.0·10 <sup>-7</sup>	1.4·10 <sup>-6</sup>	0.62
7	äußerst gering	5·10 <sup>-8</sup> - 5·10 <sup>-6</sup>	5.0·10 <sup>-7</sup>	1.4·10 <sup>-6</sup>	0.62
8	sehr hoch bis hoch	1·10 <sup>-3</sup> - 1·10 <sup>-2</sup>	3.2·10 <sup>-3</sup>	4.1·10 <sup>-3</sup>	0.31
9	mittel bis mäßig	1·10 <sup>-5</sup> - 1·10 <sup>-3</sup>	1.0·10 <sup>-4</sup>	2.8·10 <sup>-4</sup>	0.62
10	gering bis äußerst gering	1·10 <sup>-7</sup> - 1·10 <sup>-5</sup>	1.0·10 <sup>-6</sup>	2.8·10 <sup>-6</sup>	0.62
11	stark variabel	1·10 <sup>-6</sup> - 1·10 <sup>-3</sup>	3.2·10 <sup>-5</sup>	3.2·10 <sup>-4</sup>	0.93
12	mäßig bis gering	5·10 <sup>-6</sup> - 5·10 <sup>-5</sup>	1.6·10 <sup>-5</sup>	2.0·10 <sup>-5</sup>	0.31



Karte 7: Klassen der hydraulischen Leitfähigkeiten des oberen Aquifers nach HÜK 200.

Karte 7 zeigt die räumliche Verteilung der Durchlässigkeitsklassen in den Modellgebieten. Für die Lockergesteinsbereiche fallen die Werte meist in Klasse 3 oder Klasse 9. Sie weisen daher mediane Leitfähigkeiten im Bereich von  $1 \cdot 10^5$  bis  $5 \cdot 10^4$  m/s und Streubreiten zwischen 0.3 und 0.6 logarithmischen Dekaden auf. In den Festgesteinsgebieten sind die Durchlässigkeiten mit Werten zwischen  $10^{-6}$  m/s und  $10^{-4}$  m/s sowohl geringer als auch mit Streubreiten bis zu 0.9 logarithmischen Dekaden breiter gestreut als in den Lockergesteinen. Dies ist zum einen Ausdruck der natürlichen Heterogenitäten in den Aquiferen, zum anderen spielt aber auch die generalisierte Darstellung der HÜK 200 eine Rolle.

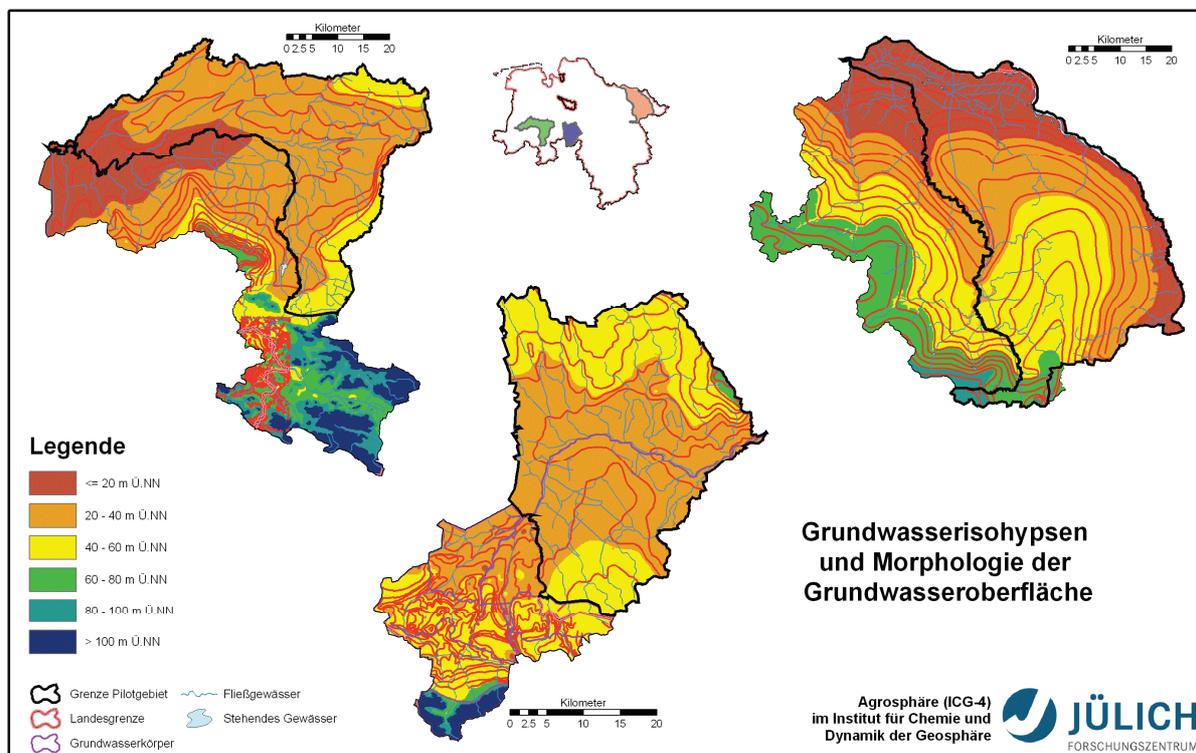
#### 4.5.2 Digitales Geländemodell der Grundwasseroberfläche

Ein digitales Höhenmodell der Grundwasseroberfläche ist eine Voraussetzung für die Berechnung der Grundwasserverweilzeiten mit dem WEKU-Modell. Hierbei dient sie bei der Modellierung der Abstandsgeschwindigkeiten des Grundwassers zur Ableitung der hydraulischen Gradienten und bei der Modellierung der Grundwasserverweilzeiten zur Ausweisung der wirksamen Vorfluter und Fließrichtungen des Grundwassers. Basis für die Erstellung eines digitalen Höhenmodells der Grundwasseroberfläche sind Grundwassergleichenpläne. In Lockergesteinsbereichen ist die Konstruktion von Grundwassergleichenplänen aufgrund der in ausreichender Dichte und räumlichen Verteilung vorhandenen Daten vergleichsweise unproblematisch. Für Festgesteinsbereiche liegen zumeist nur einzelne Grundwassersstandsdaten vor, die meist in Vorfluternähe konzentriert sind und zudem große zeitliche Schwankungen aufweisen (Heitfeld *et al.*, 1980). Da die Konstruktion der Grundwasserdruckfläche in Festgesteinsregionen im Allgemeinen mit großen Unsicherheiten verbunden ist,

wird meist darauf verzichtet, so dass praktisch keine flächenbezogenen Angaben für die Grundwasseroberfläche in Festgesteinsregionen vorhanden sind.

Für das hier betrachtete Modellgebiet lag kein einheitlicher Datensatz über die Grundwasseroberfläche vor, so dass die Ableitung mit unterschiedlichen Ansätzen für die Locker- und Festgesteinsbereiche erfolgen musste. Im Lockergesteinsbereich wurde die Grundwasseroberfläche anhand von Grundwassergleichenplänen interpoliert, die dem FZJ vorlagen. Für die Lockergesteinsregionen Niedersachsens standen hierzu Grundwassergleichen im Maßstab 1:200000 zur Verfügung. Für Nordrhein-Westfalen konnten im Lockergesteinsbereich zum Teil Grundwassergleichen im Maßstab 1:50000 verwendet werden. Die unterschiedlichen Maßstabsebenen der Datengrundlagen sind in der Dichte der Grundwasserisohypsen, die in Karte 8 dargestellt sind, deutlich erkennbar. Aufgrund des Maßstabes werden kleinräumige anthropogene Überprägungen, z.B. Absenkungsbereiche durch Brunnen, nicht abgebildet, so dass der Einfluss von Grundwasserentnahmen auf die Strömungsverhältnisse in den Aquiferen nicht berücksichtigt werden kann. Für einige Festgesteinsbereiche standen keine Grundwassergleichen zur Verfügung. Die Ableitung der Grundwasseroberfläche erfolgte dort anhand der Topografie der Geländeoberfläche unter Berücksichtigung von Grundwasserflurabstandsangaben aus der Bodenkarte.

Als Ergebnis ist in Karte 8 die interpolierte Grundwasseroberfläche für die drei Modellgebiete dargestellt. Es treten deutlich die Unterschiede zwischen Locker- und Festgestein hervor. Während in den Lockergesteinsregionen Grundwasserstände unter 60 m ü.N.N. vorherrschen, steigen sie in den Festgesteinsregionen auf Werte von 80 m ü.N.N. und mehr an.



Karte 8: Zur Verfügung stehende Grundwasserisohypsen und abgeleitetes digitales Geländemodell der Grundwasseroberfläche.



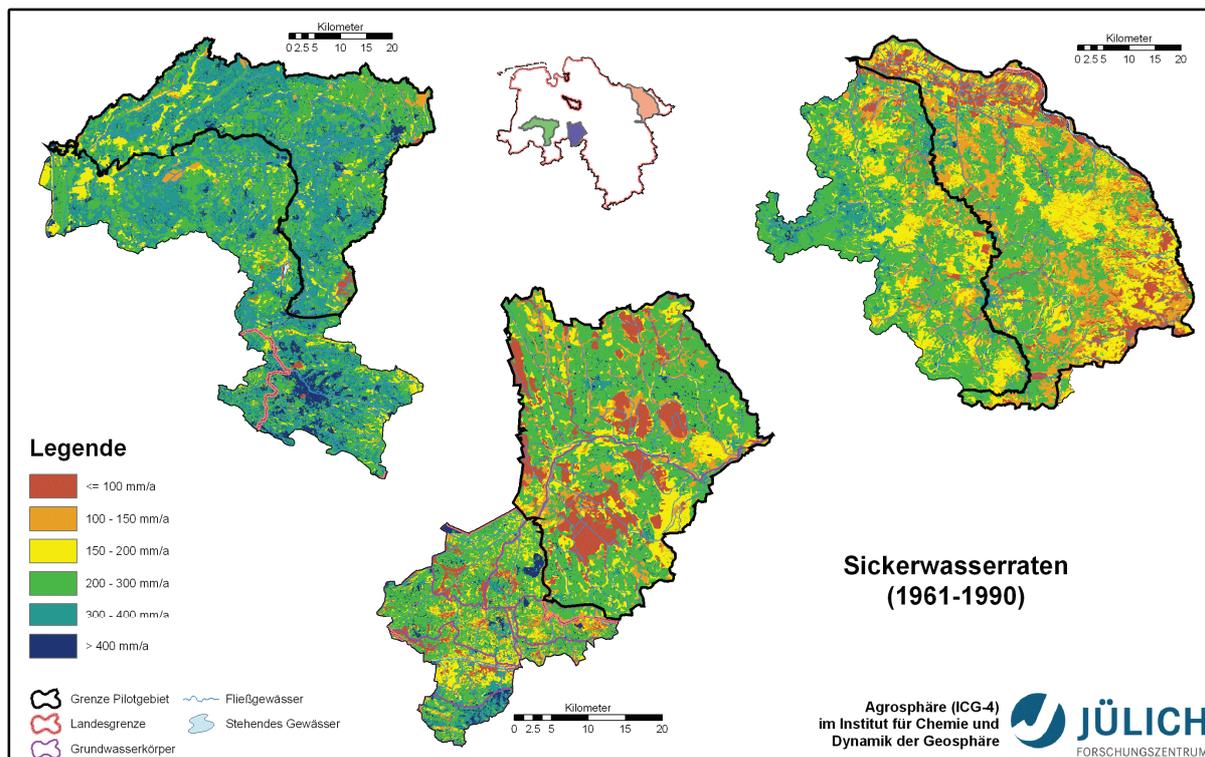
## 5. Modellierung der diffusen N-Austräge in die Oberflächengewässer für den Ist-Zustand

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse dargestellt und diskutiert, die auf der Basis der im Kapitel 3 beschriebenen Methodik und der in Kapitel 4 zugrunde liegenden Datengrundlagen zum Ist-Zustand, d.h. bezogen auf die N-Überschüsse des Zeitraums 1999-2003, erzielt wurden.

### 5.1 Sickerwasserraten und Abflusskomponenten

In Karte 9 sind die mit dem GROWA-Modell für den Bezugszeitraum 1961-1990 berechneten Sickerwasserraten dargestellt. Die Sickerwasserraten überdecken einen großen Wertebereich von weniger als 100 mm/a und mehr als 400 mm/a. Niedrige Sickerwasserraten sind meist in den Niederungsregionen anzutreffen, in denen erhöhte reale Verdunstungshöhen auftreten, während hohe Sickerwasserraten typisch für Höhenlagen sind. Es zeigt sich ein deutlicher Trend von hohen Sickerwasserraten im Pilotgebiet Lager Hase über die Große Aue bis hin zu geringeren Sickerwasserraten im Pilotgebiet Ilmenau/Jeetzel, der auf die Gradienten von Niederschlag und potenzieller Verdunstung zurückzuführen ist.

Der in den Boden infiltrierte Abfluss (Sickerwasser) wird im GROWA-Modell in die Abflusskomponenten Dränabfluss, natürlicher Zwischenabfluss und Grundwasserneubildung aufgeteilt. Zur Berechnung der Dränabflusshöhen ist in erster die Kenntnis über die Lage der künstlich dränierten Flächen erforderlich. Belastbare Datengrundlagen hierzu liegen jedoch

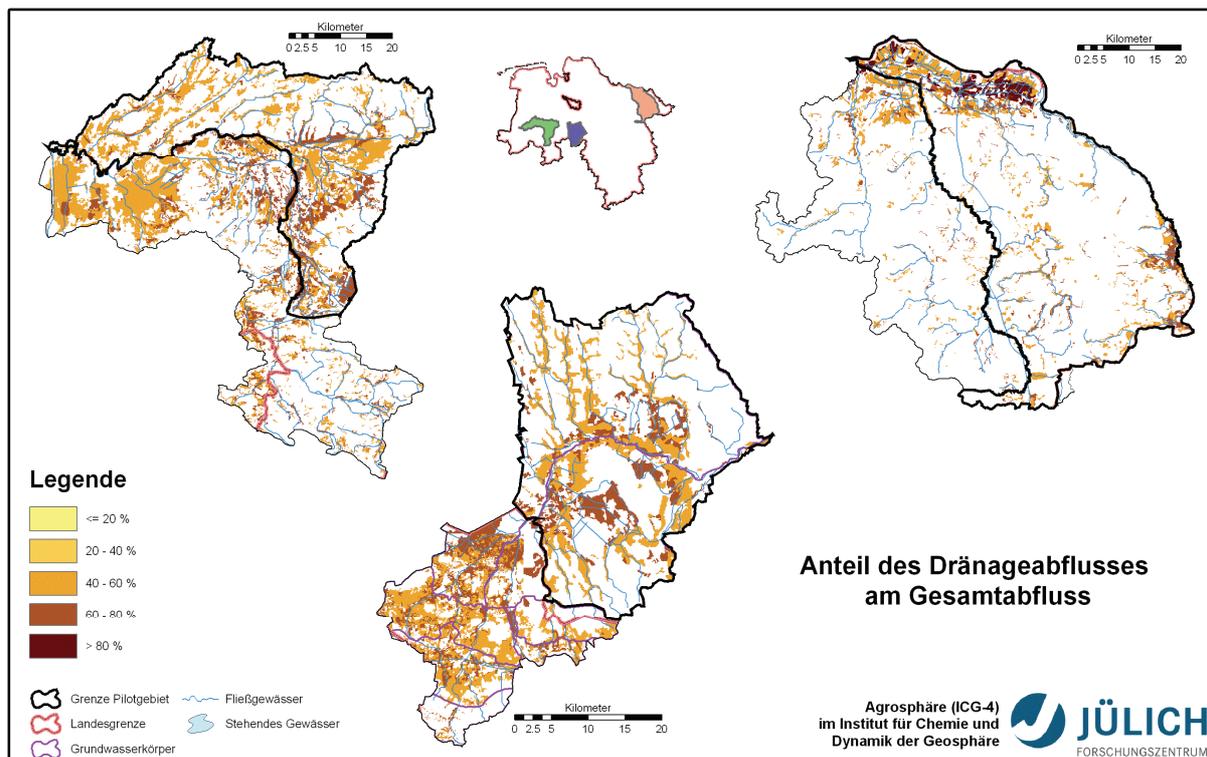


Karte 9: Berechnete Sickerwasserraten für den Zeitraum 1961-1990.

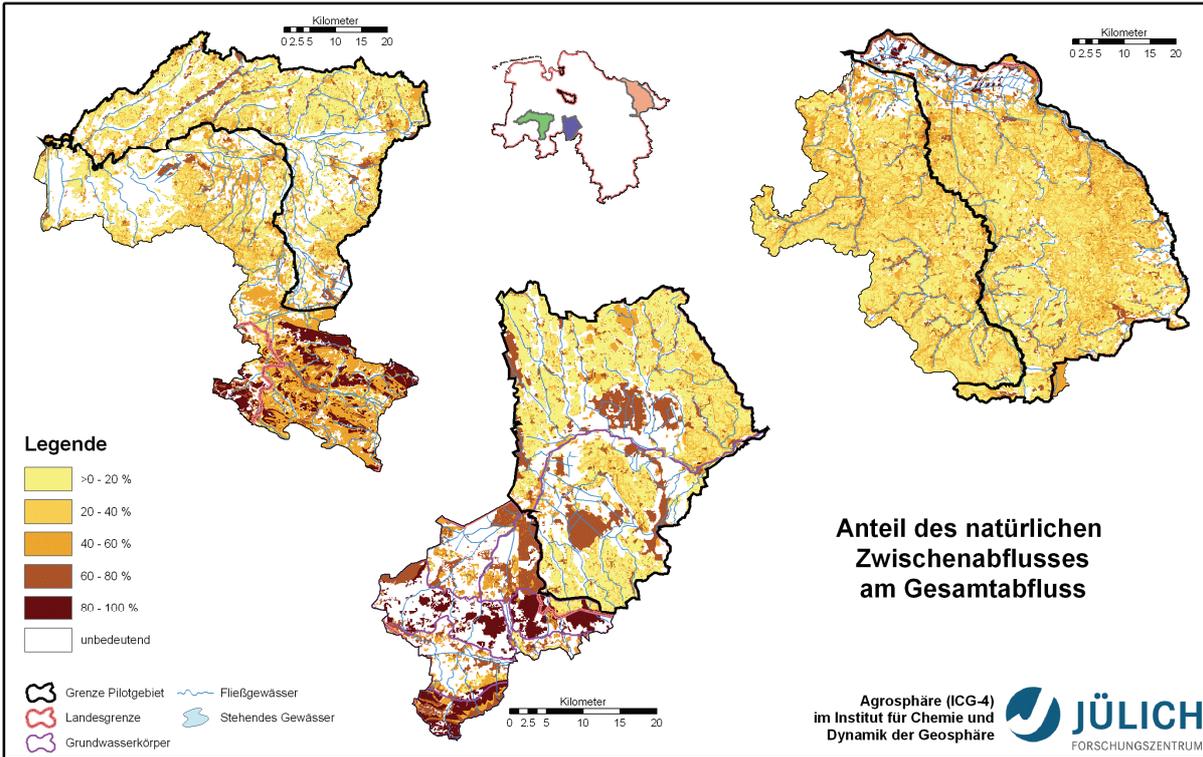
nicht oder nicht flächendeckend vor, so dass im FZJ ein Ansatz (Tetzlaff *et al.*, 2008) entwickelt wurde, bei dem gedränte Flächen zunächst aus Luftbildern identifiziert und im nächsten Schritt Kombinationen von Landnutzungs- und Bodenparametern abgeleitet wurden, die auf eine Dränung schließen lassen. Der Ansatz wurde auf Basis von 231 Luftbildern aus den unterschiedlichen niedersächsischen Teilräumen Hohe Geest, Niedere Geest, Flussauen sowie Berg- und Hügelland kalibriert und die dränierten Flächen anhand der BÜK 50 (Niedersachsen) bzw. BK 50 (Nordrhein-Westfalen) sowie der Landnutzung nach DLM 25 für ganz Niedersachsen ausgewiesen. In Karte 10 ist als Ergebnis der Anteil des Abflusses aus künstlichen Dränagen am Gesamtabfluss dargestellt.

Mit dem Anteil des natürlichen Zwischenabflusses am Gesamtabfluss zeigt Karte 11 die andere Direktabflusskomponente. Man erkennt, dass der natürliche Zwischenabfluss überwiegend in den Festgesteinsbereichen, d.h. in den Oberläufen von Hase und Großer Aue von Bedeutung ist. In den anderen Gebieten wird er von überwiegend von der Stau- und Grundnässe sowie von der Topografie beeinflusst und beträgt meist weniger als 20 % des Gesamtabflusses.

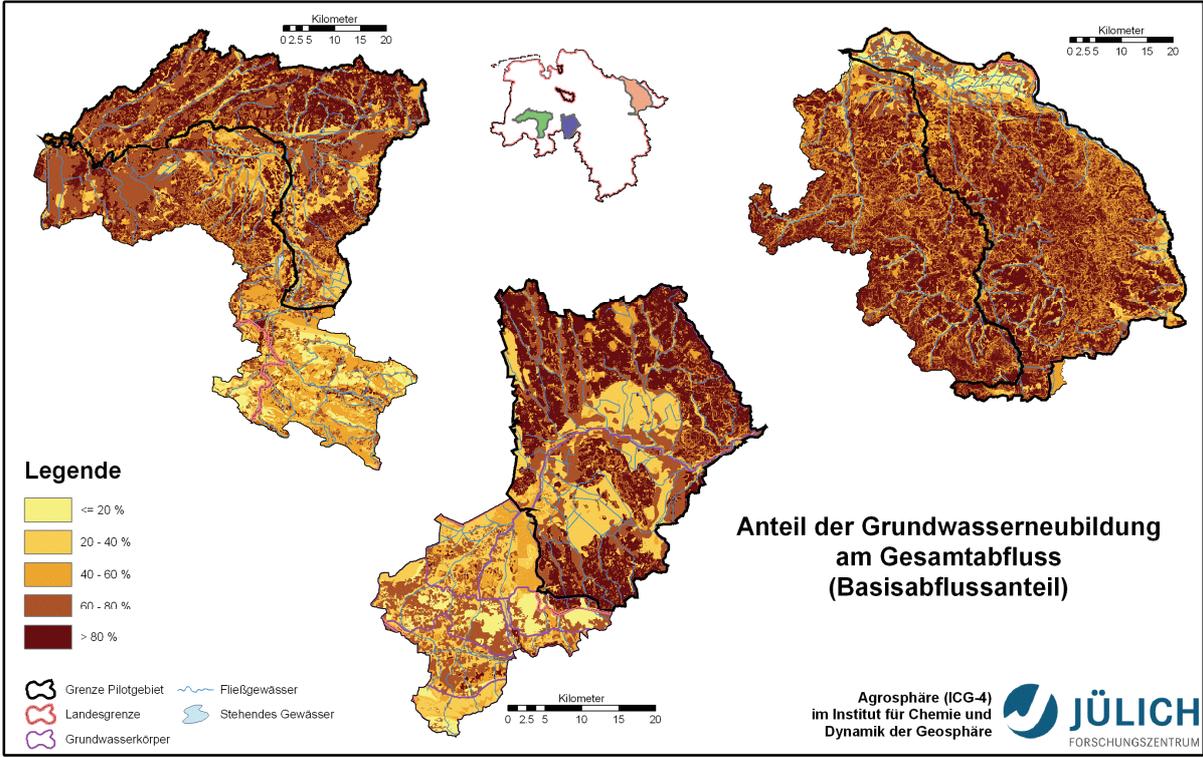
In Karte 12 ist schließlich der Anteil der Grundwasserneubildung am Gesamtabfluss dargestellt. In weiten Bereichen der Modellgebiete stellt die Grundwasserneubildung die dominierende Abflusskomponente dar. Dort gelangt auch der überwiegende Anteil der N-Austräge aus dem Boden in das Grundwasser. Lediglich in den künstlich dränierten Flächen und den Festgesteinsregionen überwiegt der Zwischenabfluss.



Karte 10: Anteil des Abflusses aus künstlichen Dränagen am Gesamtabfluss 1961-1990.



Karte 11: Anteil des natürlichen Zwischenabflusses (unten) am Gesamtabfluss 1961-1990.



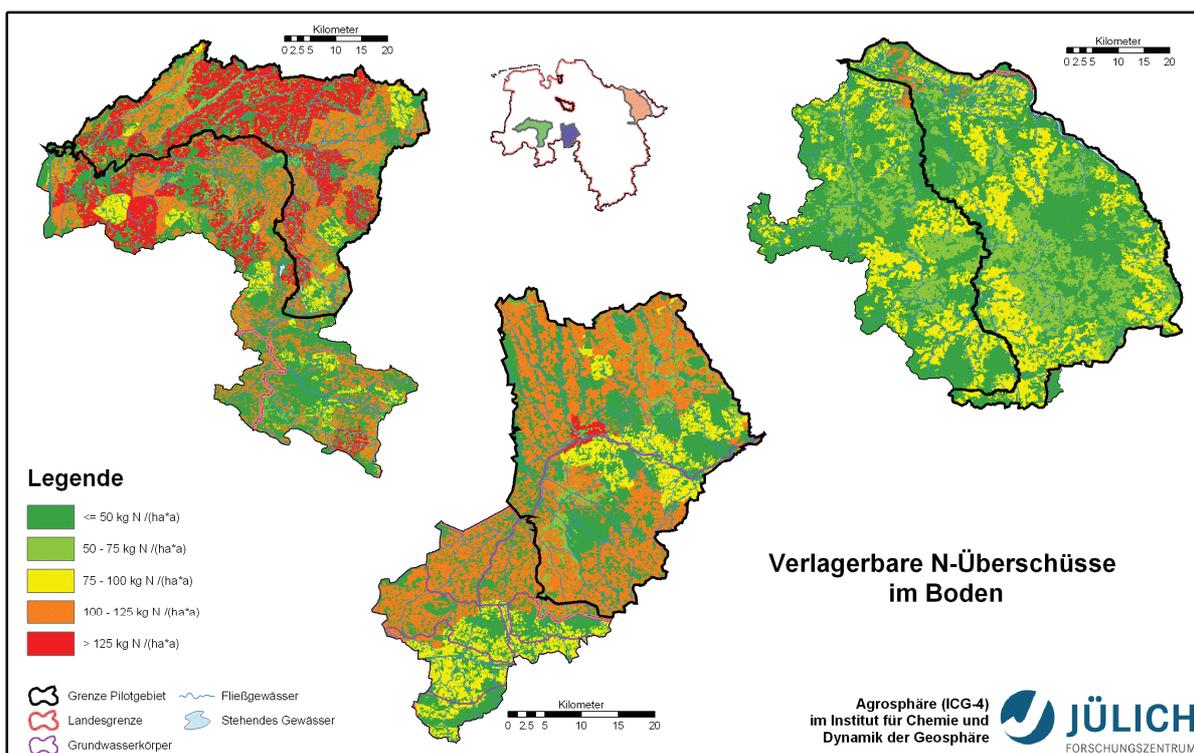
Karte 12: Anteil der Grundwasserneubildung am Gesamtabfluss 1961-1990.

## 5.2 Verlagerbare N-Überschüsse im Boden

Die verlagerbaren N-Überschüsse im Boden ergeben sich nach Gl. 1 aus den N-Überschüssen der landwirtschaftlich genutzten Fläche, der atmosphärischen Deposition und einem Faktor, der die potenzielle Festlegung von Stickstoff im Boden berücksichtigt. Die berechneten Stickstoffüberschüsse der landwirtschaftlich genutzten Fläche (Karte 3) wurden den Landnutzungskategorien Ackerland und Grünland zugeordnet. Für die Ackerflächen wird angenommen, dass sich der Stickstoffkreislauf im Boden in einem Gleichgewicht befindet und sich Mineralisierung und Immobilisierung von Stickstoff im langjährigen Mittel die Waage halten. Da die gasförmigen Verluste bereits in der Berechnung der Stickstoffüberschüsse berücksichtigt wurden, bleibt unter Acker als weitere Stickstoffsенke nur die Denitrifikation im Boden. Analog zum WAgriCo-Vorhaben (Eisele *et al.*, 2008) wird für die atmosphärische Deposition für alle Freilandflächen ein Wert von  $15 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$  und für Waldflächen ein Wert von  $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$  als mobilisierbarer Stickstoffüberschuss im Boden angesetzt.

Für Grünlandflächen ergibt sich rechnerisch häufig ein höherer Stickstoffüberschuss als für Ackerland. Andererseits werden unter Grünland eher geringere Nitratgehalte beobachtet als unter Ackerland (Ortseifen & Scheffer, 1996). Um für die Grünlandflächen zu realistischen Stickstoffemissionen zu kommen, wurde ein Korrekturfaktor von  $a_N = 0,43$  empirisch abgeleitet (Eisele *et al.*, 2008). Dies erfolgte mit Hilfe eines Vergleichs von Stickstoffüberschüssen mit mittleren Stickstofffrachten für die niedersächsischen Landkreise unter Berücksichtigung der Landnutzung und der Bodeneigenschaften (Ortseifen & Scheffer, 1996).

Als Ergebnis dieser Disaggregationsschritte sind in Karte 13 die verlagerbaren N-Überschüsse im Boden dargestellt. Es ist deutlich erkennbar, dass die Überschüsse in der



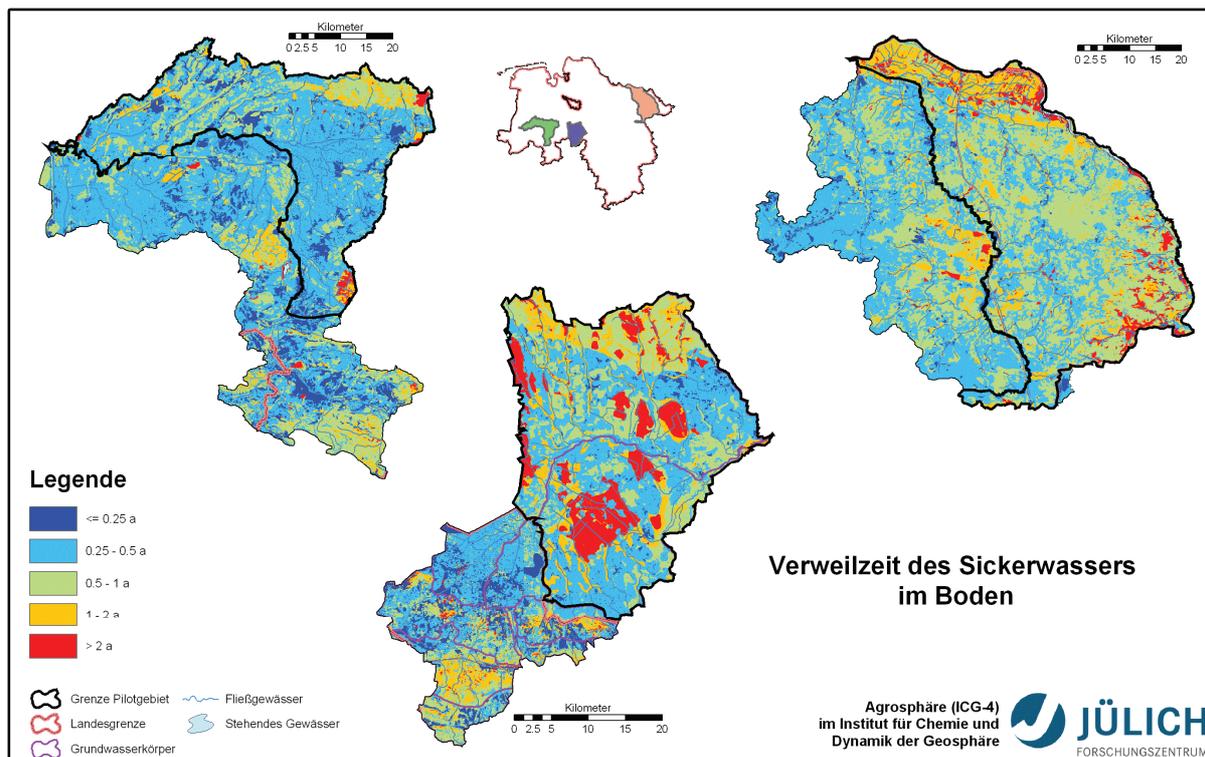
Karte 13: Verlagerbare N-Überschüsse im Boden.

Hase und der Großen Aue deutlich höher sind als in Ilmenau/Jeetzel. Während dort mittlere Überschüsse im Boden von  $49 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$  berechnet werden, ergibt sich für die Große Aue ein Flächenmittel von  $73 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$  und für die Hase sogar von  $81 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ . Auch wenn die verlagerbaren N-Überschüsse im Boden in einigen Gemeinden  $125 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$  übersteigen können, sind die Werte im Flächenmittel deutlich niedriger als die mittleren N-Überschüsse der landwirtschaftlich genutzten Fläche (siehe Karte 3).

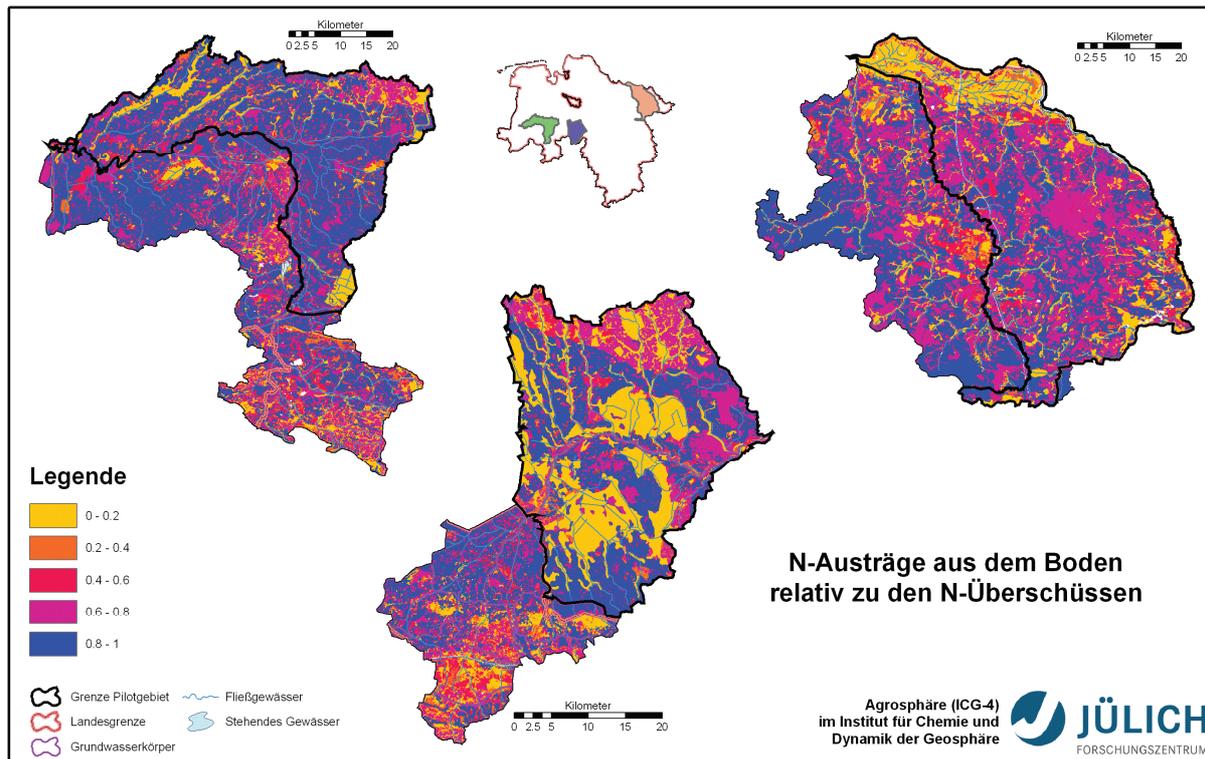
### 5.3 Denitrifikation im Boden

Die in den Boden eingetragenen Stickstoffüberschüsse gelangen im Allgemeinen nicht vollständig in das Grundwasser und die Oberflächengewässer. Durch mikrobielle Umsetzungsprozesse im Boden kann ein Teil des Stickstoffs in gasförmige Stickstoffverbindungen umgewandelt werden, die den Bodenraum in die Atmosphäre verlassen können. Mit dem DENUZ-Modell wurden diese Prozesse durch Kombination der Verweilzeiten des Sickerwassers im Boden mit den Stickstoffüberschüssen im Boden und den Denitrifikationsbedingungen im Boden quantifiziert.

Die Verweilzeit des Sickerwassers im Boden wurde nach Gl. 8 aus der Sickerwasserhöhe und der nutzbaren Feldkapazität des effektiven Wurzelraums berechnet und ist in Karte 14 dargestellt. In den Modellgebieten ist aufgrund der meist sandigen Böden mit Verweilzeiten zwischen etwa 3 Monaten und 1 Jahr zu rechnen. Besonders hohe Verweilzeiten ergeben sich für tiefgründige Böden mit hohem Wasserspeichervermögen, die beispielsweise in der Großen Aue vorliegen und für die auch Verweilzeiten von 2 Jahren und mehr erreicht werden können. Entsprechend hoch ist dort auch der zu erwartende Stickstoffabbau. Im Flächenmit-



Karte 14: Verweilzeit des Sickerwassers im Boden.



Karte 15: N-Austräge aus dem Boden relativ zu den verlagerbaren N-Überschüssen ( $d_{\text{Boden}}$  in Gl. 1).

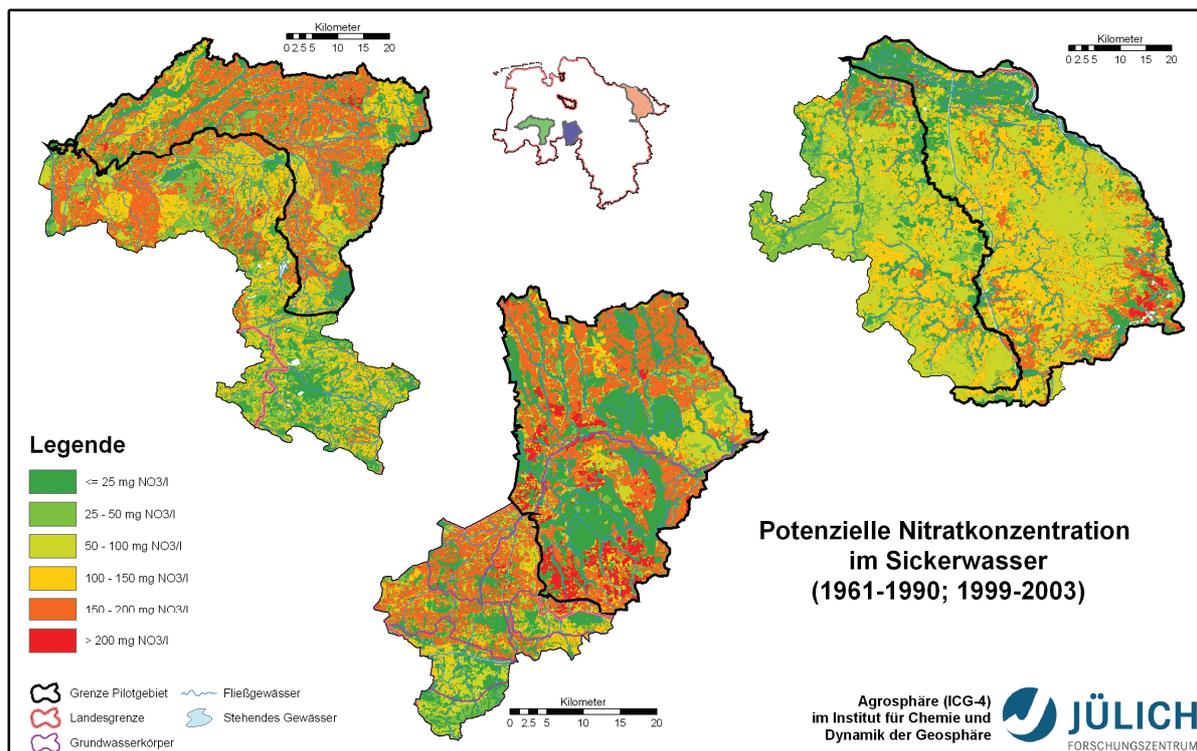
tel ergeben sich für die Hase mittlere Verweilzeiten im Boden von 0,5 Jahren, für die Große Aue von 0,9 Jahren und für Ilmenau/Jeetzel von 0,75 Jahren.

Als Ergebnis der DENUZ-Berechnung sind in Karte 15 die N-Austräge aus dem Boden relativ zu den verlagerbaren N-Überschüssen dargestellt. Die Reduzierung der N-Überschüsse durch Denitrifikation im Boden beträgt danach in den meisten Fällen weniger als 40 %. Gerade in Regionen mit hohen N-Überschüssen führen schlechte Abbaubedingungen, hohe N-Überschüsse und hohe Austauschraten des Sickerwassers im Boden dazu, dass hohe N-Mengen aus dem Boden ausgetragen werden können. Höhere Abbauleistungen von 60 % der Einträge und mehr treten in Niederungsregionen auf, in denen die Steuergrößen „gute Denitrifikationsbedingungen“ und „hohe Verweilzeit im Boden“ gleichzeitig zutreffen.

#### 5.4 Potenzielle Nitratkonzentration im Sickerwasser

Durch Kombination der berechneten N-Austräge aus dem Boden mit der Sickerwasserrate kann die potenzielle Nitratkonzentration im Sickerwasser berechnet werden. Diese gibt an, mit welcher mittleren Konzentration das aus dem Boden ausgetragene Nitrat in das Grundwasser bzw. über den Direktabfluss in die Oberflächengewässer eintragen wird. Im WAgrico-Vorhaben wurde eine Nitratkonzentration im Sickerwasser von 50 mg/L als Umweltziel zur Ableitung maximal zulässiger N-Überschüsse aus der Landwirtschaft und als Grundlage zur Ermittlung des N-Minderungsbedarfs verwendet (Eisele *et al.*, 2008; Kunkel *et al.*, 2008a; Kunkel *et al.*, 2008b; Kunkel *et al.*, 2008c).

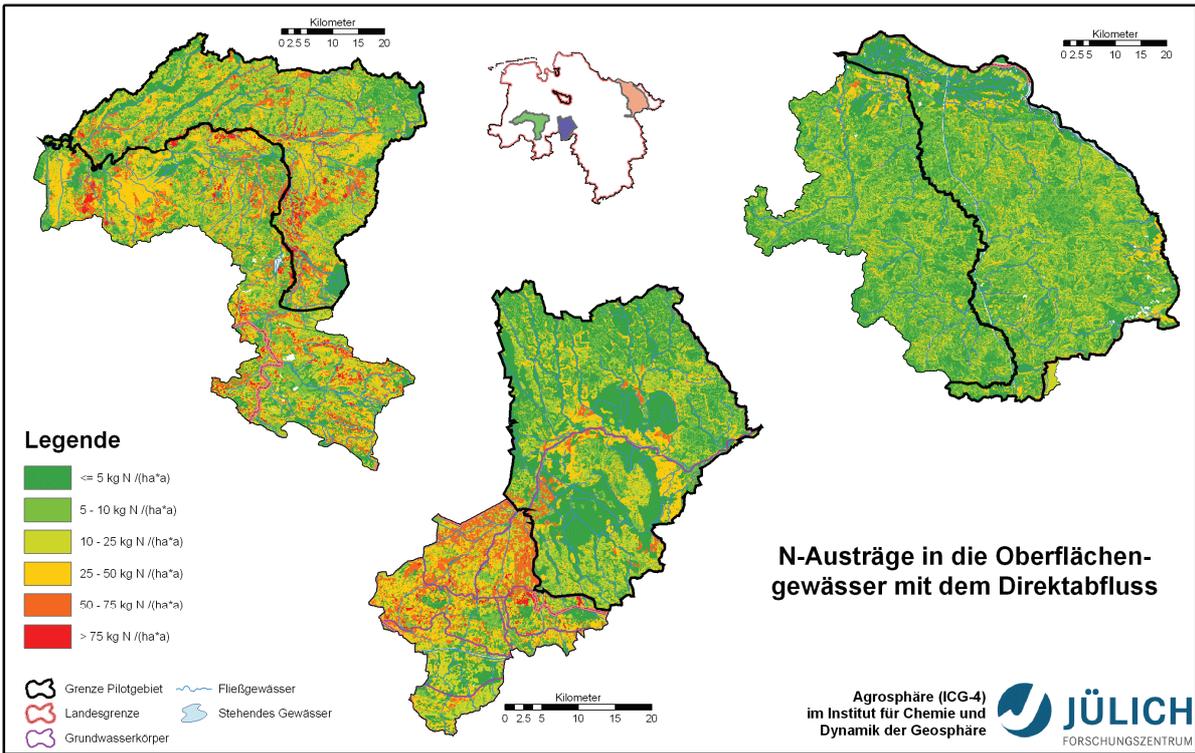
Aus Karte 16 wird deutlich, dass in der Großen Aue und der Hase großflächig mit Nitratkonzentrationen im Sickerwasser von mehr als  $450 \text{ mg NO}_3/\text{L}$ , im Mittel von etwa  $93 \text{ mg NO}_3/\text{L}$  zu rechnen ist. Besonders hohe Werte errechnen sich flächendeckend für die landwirtschaftlich intensiv genutzten Geestflächen. Geringe Nitratkonzentrationen im Sickerwasser ergeben sich für die landwirtschaftlich extensiver genutzten Flächen in den Oberläufen. In Ilmenau/Jeetzel sind die Sickerwasserkonzentrationen geringer als in den beiden anderen Modellgebieten, was auf die geringeren N-Überschüsse und den effektiveren Nitratabbau im Boden zurückzuführen ist. Dennoch liegt auch dort das Flächenmittel der potenziellen Nitratkonzentrationen bei  $75 \text{ mg NO}_3/\text{L}$ .



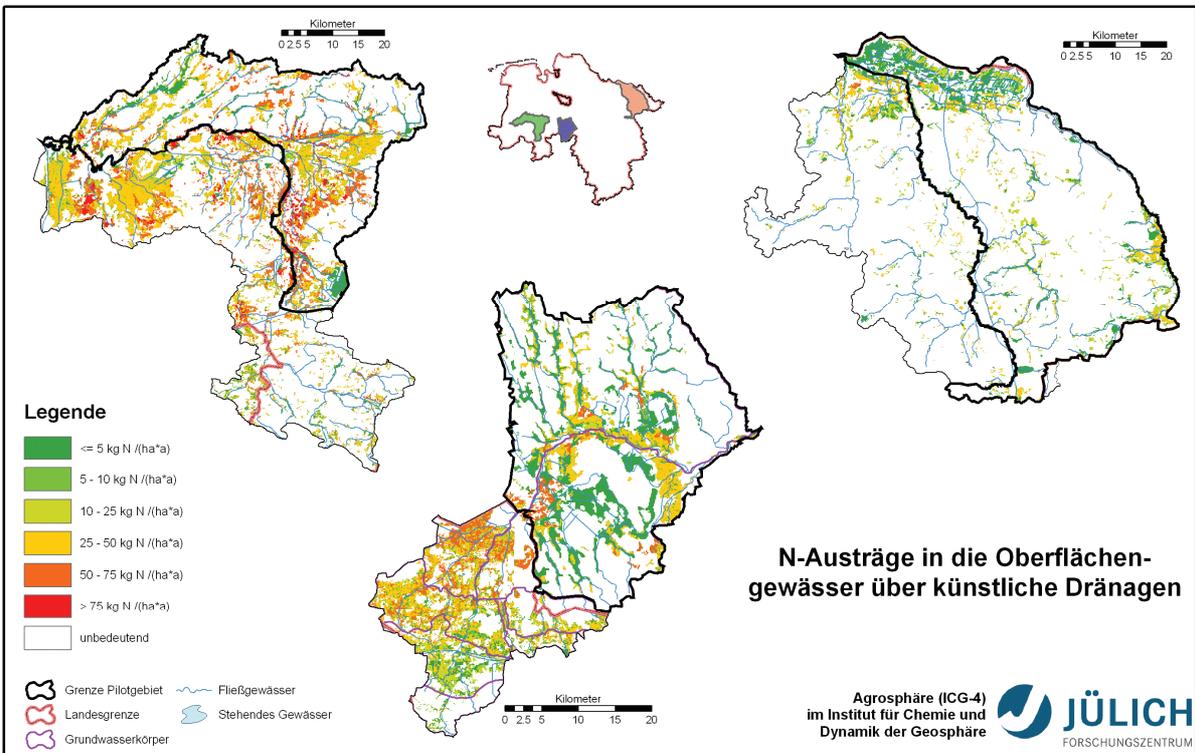
Karte 16: potenzielle Nitratkonzentration im Sickerwasser (1961-1990/1999-2003).

## 5.5 Stickstoffeinträge in die Oberflächengewässer über den Direktabfluss

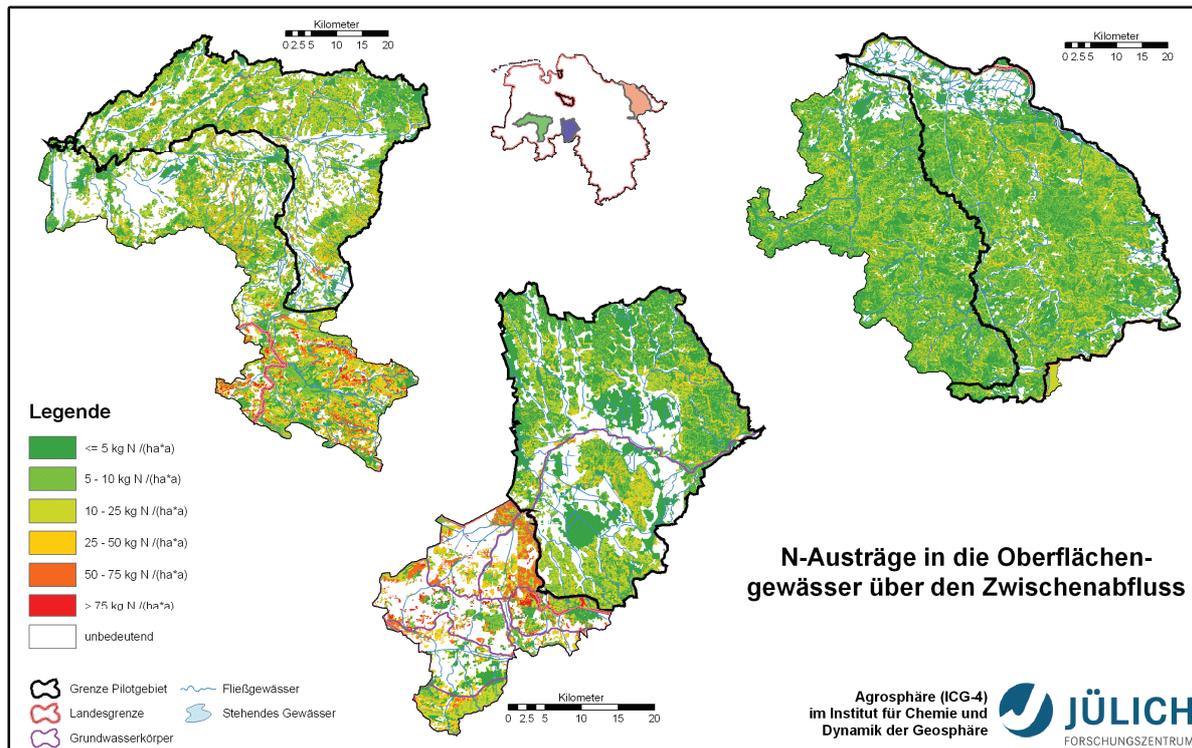
Einträge von Pflanzennährstoffen in die Oberflächengewässer sind an die aus einer Region abfließende Wassermenge gebunden. Hierbei spielen der Direktabfluss (vor allem natürlicher Zwischenabfluss und Drainageabfluss) und der Grundwasserabfluss die wichtigsten Rollen. Geht man davon aus, dass die Nitratkonzentration im Sickerwasser nach der Passage der Wurzelzone festgelegt ist, d. h. dass die Denitrifikation in tieferen Schichten der ungesättigten Zone vernachlässigt werden kann, teilen sich die N-Austräge in die Gewässer über den Direktabfluss und die N-Einträge in das Grundwasser nach dem gleichen Verhältnis auf wie die jeweiligen Abflussanteile.



Karte 17: N-Austräge in die Oberflächengewässer mit dem Direktabfluss.



Karte 18: N-Austräge in die Oberflächengewässer über künstliche Dränagen.



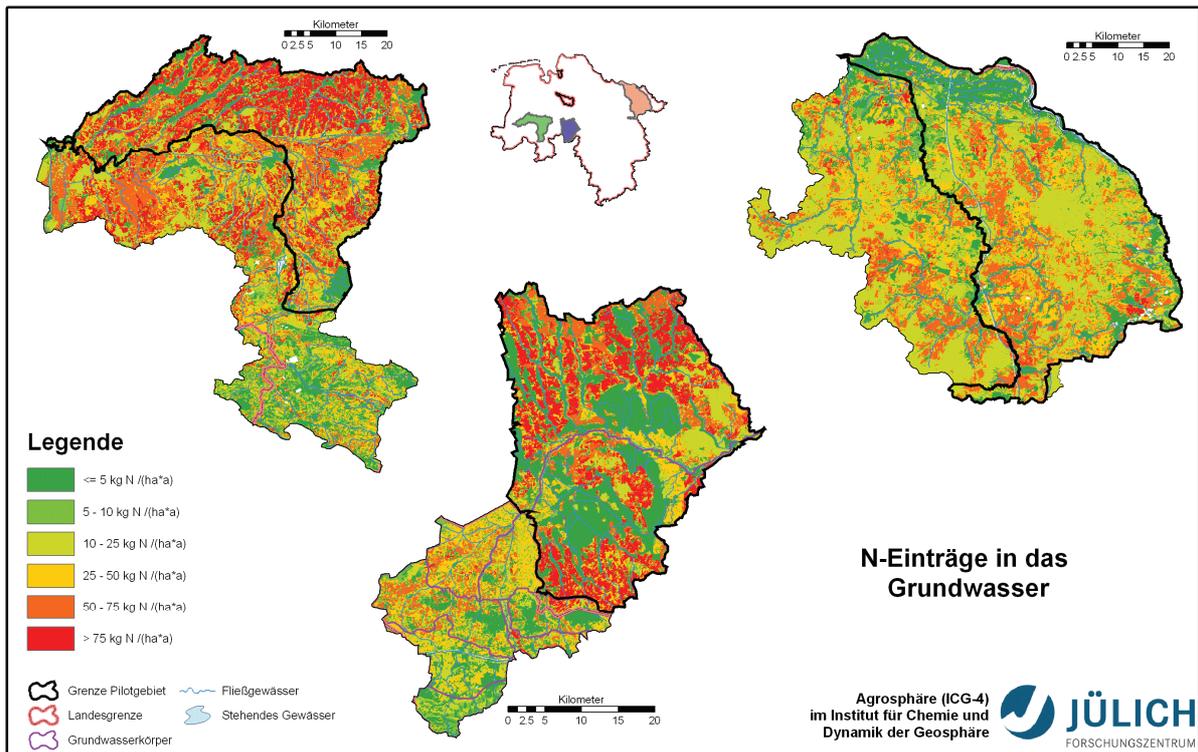
Karte 19: N-Austräge in die Oberflächengewässer über den (natürlichen) Zwischenabfluss.

In Karte 17 sind die N-Austräge in die Oberflächengewässer aus dem Direktabfluss dargestellt. Deutlich heben sich hier die Regionen ab, die hohe Direktabflussanteile aufweisen. N-Einträge mit dem Direktabfluss von über  $50 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$  ergeben sich insbesondere für die Oberläufe von Hase und Großer Aue aufgrund des Zusammenwirkens hoher N-Überschüsse und relativ geringer Verweilzeiten des Sickerwassers im Boden. Künstliche Dränagen haben insbesondere im Mittel- und Unterlauf der Hase sowie im Oberlauf der Großen Aue einen großen Einfluss auf die N-Belastung der Gewässer (Karte 18).

In den anderen Regionen betragen die N-Austräge mit dem Direktabfluss meist weniger als  $25 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ . Diese geringen Werte sind zum einen darauf zurückzuführen, dass der überwiegende Anteil der verlagerten N-Überschüsse in das Grundwasser eingetragen wird, zum anderen kann es auch in den drainierten Flächen in der Elbmarsch und im Zentralteil der Großen Aue trotz hoher Abflussanteile aufgrund der hohen Abbauraten im Boden zu nur geringen Einträgen in die Gewässer kommen. Die Einträge über den natürlichen Zwischenabfluss (Karte 19) liegen im Allgemeinen unter 20 % der Gesamteinträge und nehmen nur in den Übergangsbereichen zu den Mittelgebirgsregionen höhere Werte an.

## 5.6 Stickstoffeinträge in das Grundwasser

Die aus dem Boden ausgetragenen Stickstoffmengen, die nicht über den Direktabfluss in die Oberflächengewässer gelangen, werden in das Grundwasser eingetragen. In Karte 20 sind die sich nach der Denitrifikation im Boden und der Abtrennung der Direktabflussanteile ergebenden N-Einträge in das Grundwasser dargestellt.

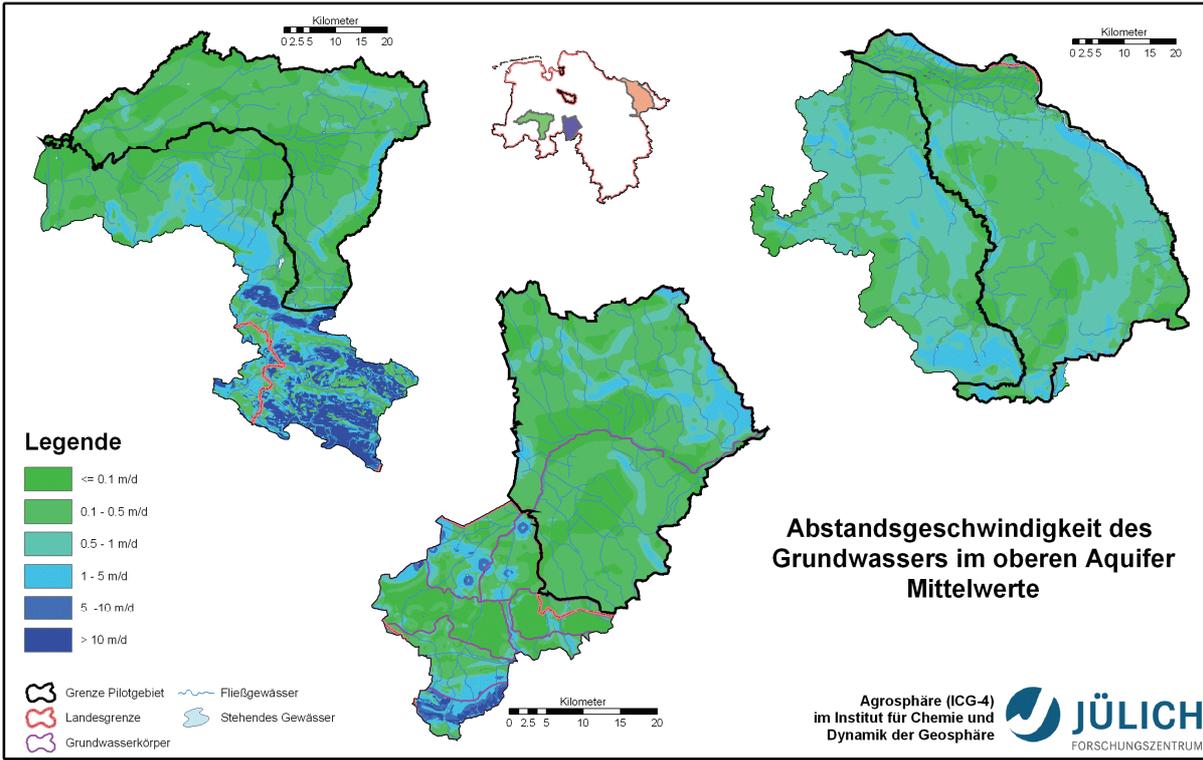


Karte 20: Diffuse N-Einträge in das Grundwasser.

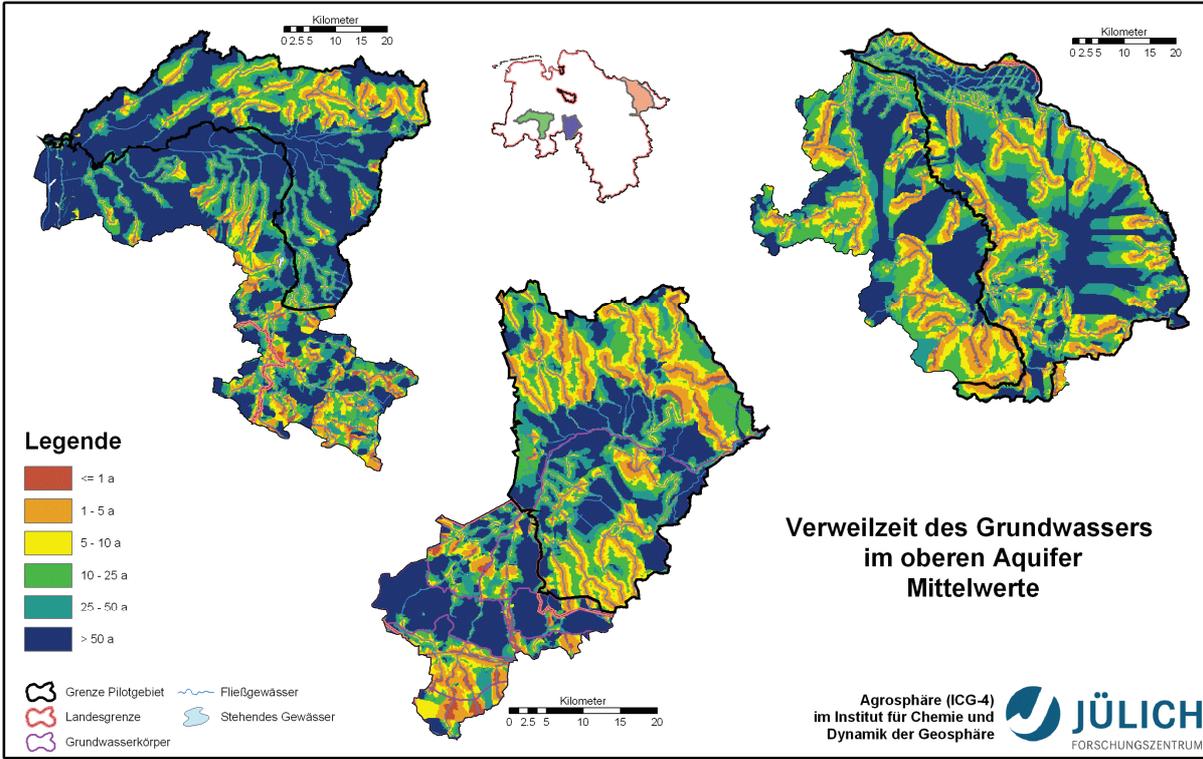
Insbesondere die Grundwasserneubildungsgebiete in der Hase und der Großen Aue zeichnen sich durch hohe N-Einträge ins Grundwasser aus. Für diese Gebiete ergeben sich N-Einträge in das Grundwasser von meist mehr als  $50 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ . Geringe Werte ergeben sich in Regionen, Gebiete, in denen N-Überschuss gering ist und der Haupteintrag über den Direktabfluss erfolgt, zeigen meist auch geringe N-Einträge in das Grundwasser.

## 5.7 Grundwasserbürtige N-Einträge in die Oberflächengewässer

Die Quantifizierung der N-Einträge in die Oberflächengewässer über den Grundwasserpfad erfordert eine Analyse des Weg-/Zeitverhaltens des Grundwassers im oberen Aquifer. Hierbei wird die gesamte Fließstrecke betrachtet, die das Grundwasser vom Eintritt in den oberen Aquifer bis zum Austritt in den jeweiligen grundwasserwirksamen Vorfluter zurücklegt. Die Verweilzeiten im Aquifer werden durch die Abstandsgeschwindigkeit des Grundwassers und die Fließstrecken bestimmt (siehe Kapitel 3.3). Karte 21 zeigt die berechneten mittleren Abstandsgeschwindigkeiten in den oberen Aquiferen der drei Modellgebiete. Die Werte umfassen eine Spannbreite zwischen weniger als  $0,1 \text{ m/d}$  und mehr als  $10 \text{ m/d}$ . Geringe Abstandsgeschwindigkeiten von weniger als  $0,5 \text{ m/d}$  ergeben sich für die Niederungsregionen, was auf die dort überwiegend geringen hydraulischen Gradienten zurückzuführen ist. In den Festgesteinsregionen treten aufgrund der hohen hydraulischen Gradienten meist Werte über  $5 \text{ m/d}$  auf. Aufgrund der großen Unsicherheiten in den Durchlässigkeitsbeiwerten ist auch bei den berechneten Abstandsgeschwindigkeiten mit Unsicherheiten im Bereich von einer Größenordnung oder mehr zu rechnen. In den Festgesteinsregionen mit sehr variablen hydraulischen Bedingungen sind die resultierenden Unsicherheiten größer.



Karte 21: Mittelwerte der Abstandsgeschwindigkeiten des Grundwassers im oberen Aquifer.



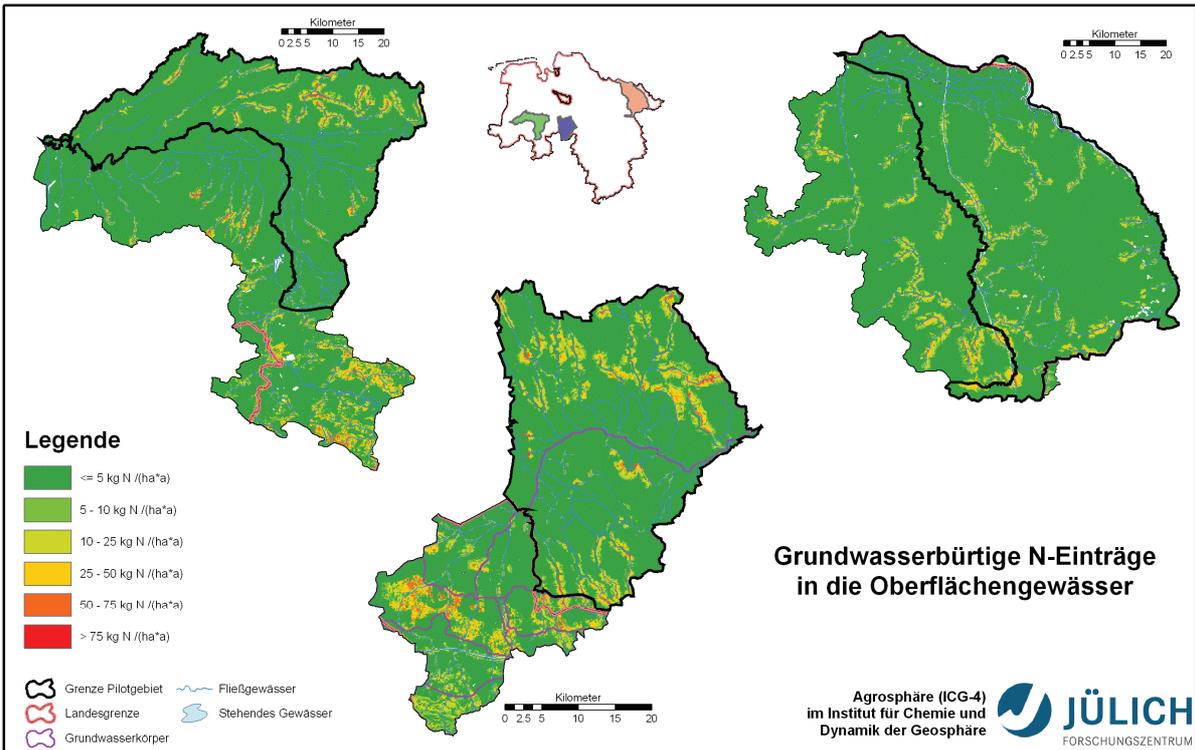
Karte 22: Mittlere Verweilzeiten des Grundwassers in oberen Aquifer.

Die mit dem WEKU-Modell berechneten und in Karte 22 dargestellten Grundwasserverweilzeiten im oberen Aquifer bezeichnen die Zeiträume, innerhalb der das Grundwasser vom Ort des Einsickerns in den Aquifer zum grundwasserwirksamen Vorfluter gelangt. Dabei ergeben sich oftmals hohe Grundwasserverweilzeiten im Bereich von 15 - 40 Jahren. Geringere Verweilzeiten ergeben sich generell für Gebiete in Vorfluternähe, Regionen mit hoher Vorfluterdichte und/oder Regionen mit steilen hydraulischen Gradienten. Großflächig geringe Verweilzeiten von weniger als fünf Jahren sind typisch für die Festgesteinsregionen in den Oberläufen von Hase und Großer Aue. Es sei an dieser Stelle betont, dass sich die dargestellten Verweilzeiten immer auf den grundwasserbürtigen Abflussanteil beziehen, der nicht in allen Regionen die dominierende Abflusskomponente darstellt.

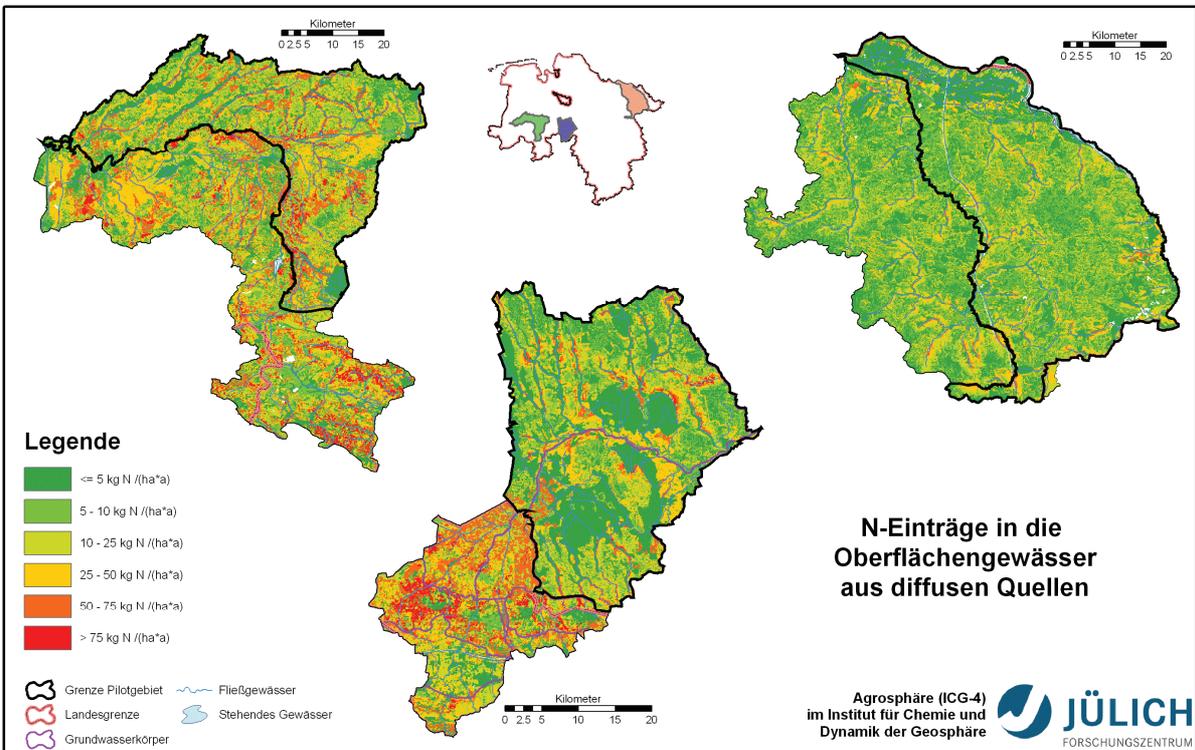
Zur Modellierung des Nitratabbaus im oberen Aquifer ist es erforderlich, das Nitratabbauvermögen zu charakterisieren. Dies erfolgte auf der Basis der Erkenntnisse früherer hydrogeochemischer Untersuchungen im Grundwasser des Emseinzugsgebietes (Kunkel & Wendland, 2006), des Wesereinzugsgebietes (Kreins *et al.*, 2009), des Elbeeinzugsgebietes (Kunkel *et al.*, 1999) und der Bundesrepublik (Kunkel *et al.*, 2004b). Als Ergebnis dieser Untersuchungen ergeben sich für die in den Modellgebieten auftretenden Festgesteinseinheiten im Allgemeinen oxidierte Grundwasserverhältnisse. Die Nitrat- und Sauerstoffkonzentrationen weisen überwiegend hohe Werte auf, während die Eisen(II)- und Mangan(II)-Konzentrationen meist sehr gering sind. Im Gegensatz dazu zeigen die glazialen Lockergesteinsedimente, die den überwiegenden Flächenanteil der in den drei Modellgebieten auftretenden Aquifere ausmachen, das umgekehrte Verhalten, so dass man dort auf reduzierte Grundwasserverhältnisse schließen kann. Damit ist davon auszugehen, dass in den Festgesteinsgebieten kaum mit einem Nitratabbau zu rechnen ist, während in den Lockergesteinsaquifere Denitrifikation im Grundwasser stattfinden kann (Wendland *et al.*, 2005).

In Karte 23 sind die berechneten grundwasserbürtigen N-Einträge in die Oberflächengewässer dargestellt. Die Werte beziehen sich jeweils auf die Ausgangszelle, in die der Eintrag in den Boden erfolgt. Die Austräge sind generell relativ gering, meist unter  $5 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$  und nur sehr selten größer als  $10 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ . Dort, wo gut nitratabbauende Lockergesteinsaquifere und lange Grundwasserverweilzeiten auftreten, wird der größte Teil des in den Aquifer eingetragenen Nitrats abgebaut, so meist nur geringe grundwasserbürtige N-Einträge in die Vorfluter vorherrschen. Höhere grundwasserbürtige N-Einträge treten nur in Vorfluternähe auf.

Diese Tatsache sollte allerdings nicht zu dem Schluss verleiten, dass dadurch höhere N-Einträge in das Grundwasser als in nicht denitrifizierenden Aquifere erlaubt werden könnten. Zum einen beziehen sich die Modellergebnisse nur auf die Austräge in die Gewässer, nicht jedoch auf die Nitratgehalte im Aquifer selbst. Während der Passage durch den Aquifer kann das Nitrat durchaus in hohen Konzentrationen im Grundwasser vorliegen, auch wenn nur geringe Austräge in die Gewässer erfolgen. Darüber hinaus ist der Nitratabbau im Grundwasser mit einem irreversiblen Verbrauch des reduzierenden Inventars des Aquifers (org. C, Pyrit) verbunden. Sind diese Stoffe verbraucht, ist ein Nitratabbau nicht mehr möglich, so dass die Nitratkonzentrationen im Grundwasser stark ansteigen können (Rohmann & Sontheimer, 1985).



Karte 23: N-Austräge in die Oberflächengewässer über den Grundwasserabfluss.



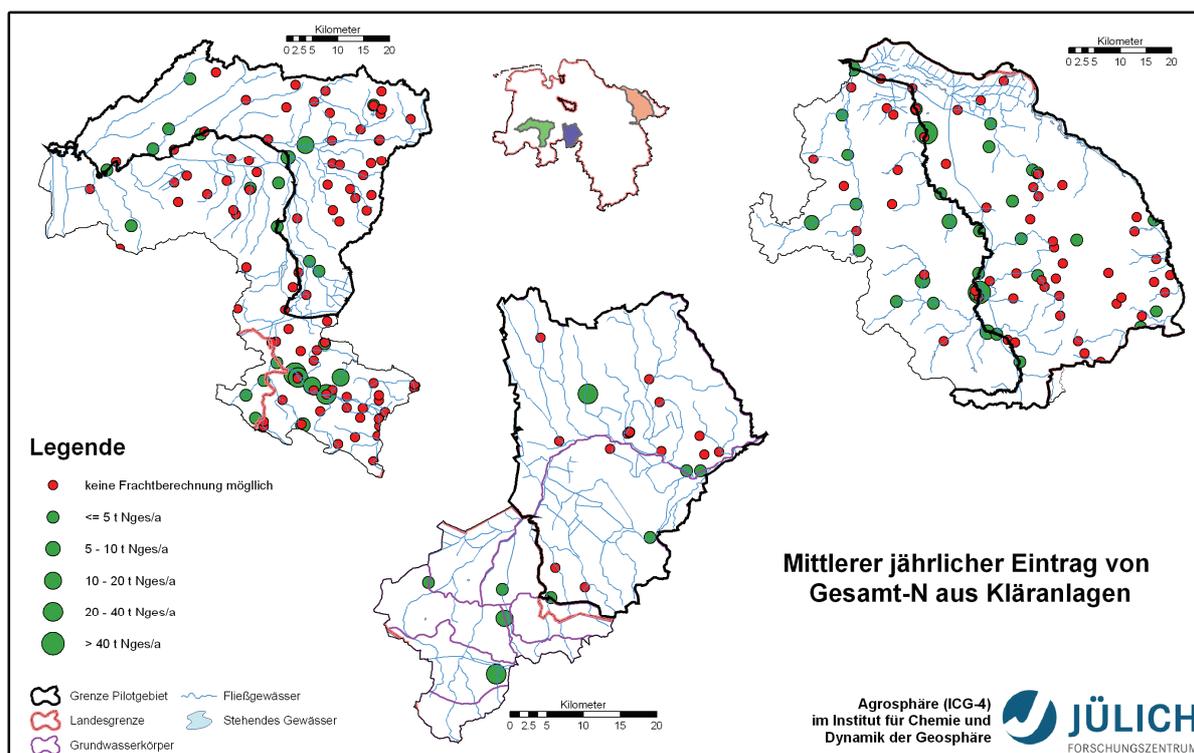
Karte 24: diffuse N-Austräge in die Oberflächengewässer.

## 5.8 Diffuse Nährstoffausträge in die Oberflächengewässer über den Direktabfluss und den Grundwasserabfluss

In Karte 24 sind die sich aus der Summe von Direkt- und Grundwasserabfluss ergebenden N-Austräge in die Oberflächengewässer dargestellt. In fast allen intensiv landwirtschaftlich genutzten Regionen sind erhöhte N-Austräge in die Gewässer zu erwarten, die in einigen Regionen  $50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$  übersteigen können. Bestimmend hierfür sind meist die Austräge über die Direktabflusskomponenten, da die Denitrifikation im Aquifer oftmals zu einer signifikanten Reduzierung der in das Grundwasser eingetragenen N-Frachten führt.

## 5.9 N-Einträge in die Oberflächengewässer aus Punktquellen

Als Hauptquellen für punktförmige Einträge in die Oberflächengewässer kommen Kläranlagen und die Direkteinleitung aus Misch- und Trennkanalisationen in Frage. Diese können in einigen Regionen auch durchaus die Hauptquelle der Nährstoffbelastung im Gewässer darstellen (Tetzlaff, 2006). In diesem Vorhaben wurden ausschließlich kommunale Kläranlagen betrachtet, da weiterführende Daten zu N-Einträgen aus Misch- und Trennkanalisation nicht zur Verfügung standen. Die zur Berechnung der mittleren eingeleiteten Jahresfrachten aus kommunalen Kläranlagen erforderlichen Daten wurden dem FZJ vom NLWKN als anlagenbezogene Punktdaten zu 222 Kläranlagenstandorten zur Verfügung gestellt. Zu den einzelnen Anlagen lagen für meist mehrere Probennahmezeitpunkte aus dem Zeitraum 1990-2002 Abwassermengen, Temperaturen sowie Konzentrationen von  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$  und  $\text{NO}_3\text{-N}$  vor. Für die im nordrhein-westfälischen Teil von Hase und Große Aue gelegenen Gebiete wurden vorliegende Daten des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen („Datendrehscheibe Einlei-



Karte 25: Mittlerer jährlicher N-Eintrag aus Kläranlagen.

terüberwachung Abwasser D-E-A“) hinzugezogen (Wendland *et al.*, 2010).

Die Datensätze wurden in einer Datenbank abgelegt und pegelbezogenen Teileinzugsgebieten zugeordnet. Nach der Harmonisierung der Daten war für insgesamt 67 Anlagen die Berechnung mittlerer N-Jahresfrachten möglich. Die Höhe der Einträge ist anlagenspezifisch aus Karte 25 zu ersehen. Die Summe des N-Eintrags aus Kläranlagen beträgt für die Hase 238 t/a, für die Große Aue 90 t/a und für Ilmenau/Jeetzel 246 t/a. Für die Pilotgebiete betragen die Frachten aus Punktquellen 24 t/a (Lager Hase), 33 t/a (Große Aue) und 149 t/a (Ilmenau/Jeetzel). Karte 25 zeigt, dass der Eintrag in hohem Maße aus Kläranlagen mit mittleren Emissionen von 1 bis 5 t/a stammt.

Für insgesamt 164 Kläranlagen lagen zwar Angaben zu Konzentrationen im Ablauf, nicht aber zu Abwassermengen vor, so dass keine Frachten ermittelt werden konnten. Aus diesem Grunde ist zu erwarten, dass die tatsächlich vorliegenden N-Frachten aus Kläranlagen deutlich höher sind als die Menge, die in dieser Studie berücksichtigt werden konnte.

## 5.10 Mittlere $N_{ges}$ -Einträge aus punktuellen und diffusen Quellen

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse zur Modellierung der N-Einträge in die Gewässer über die betrachteten Eintragspfade zusammengefasst, wobei sowohl die Gesamtbelastung als auch die relative Bedeutung der verschiedenen Pfade für den Gesamteintrag von Stickstoff in die Oberflächengewässer von Hase, Große Aue und Ilmenau/Jeetzel sowie in die eigentlichen Pilotgebiete aufgezeigt werden soll.

Abbildung 6 gibt eine Zusammenfassung über die berechneten N-Gesamteinträge in die Oberflächengewässer aus den einzelnen Eintragspfaden. Die Werte sind jeweils sowohl für das gesamte (hydrologische) Modellgebiet (rechter Teil der Abbildung) als auch für das Pilotgebiet (linker Teil der Abbildung) aufgeführt. Für die Pilotgebiete ergeben sich Gesamtausträge in die Oberflächengewässer zwischen etwa 1500 t/a (Große Aue) und 3300 t/a (Hase).

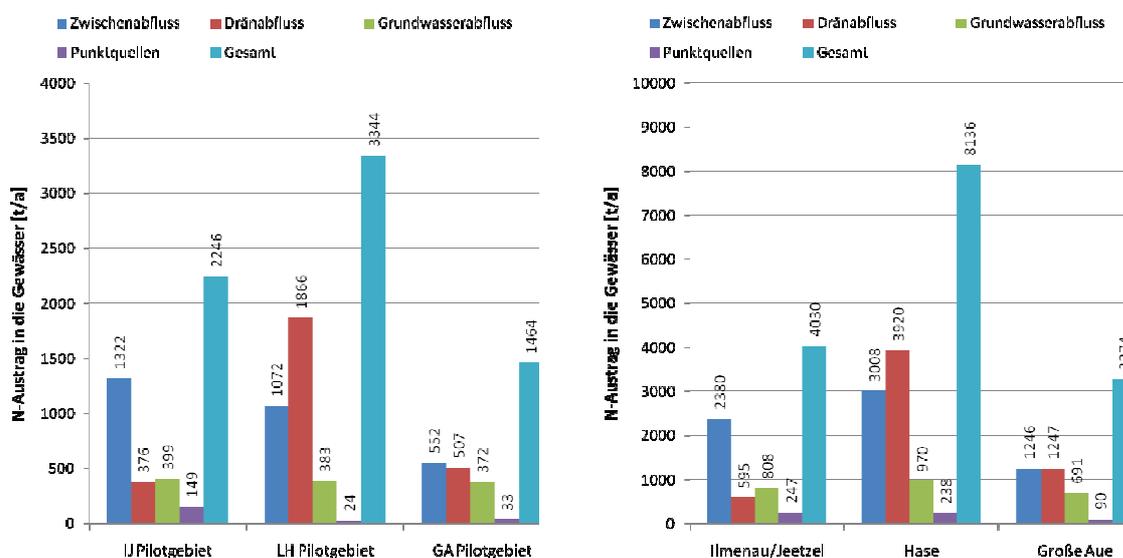


Abbildung 6: N-Einträge in die Oberflächengewässer, aufgeschlüsselt nach Eintragspfaden aus den Pilotgebieten (linke Abbildung) bzw. den gesamten Modellgebieten (rechte Abbildung).

In allen Gebieten ist der Hauptaustragspfad der Direktabfluss, grundwasserbürtige Austräge mit einem relativ konstanten Wert um 380 t/a bei.

In den drei Pilotgebieten haben die beiden Direktabflussanteile Dränabfluss und Zwischenabfluss unterschiedliche Bedeutung. In Ilmenau/Jeetzel gelangt mit 2246 t/a bzw. 4030 t/a für das Modellgebiet der überwiegende Anteil des Direktabflusses über den natürlichen Zwischenabfluss in die Gewässer. Dies entspricht dort einem flächenbezogenen Eintrag über den Zwischenabfluss von ca.  $6.6 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$  gegenüber ca.  $9 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ , der über alle Direktabflussanteile eingetragen wird. In der Großen Aue sind die über die über künstliche Dränagen und natürlichen Zwischenabfluss ausgetragenen N-Frachten etwa gleichgewichtet (ca.  $6 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ ), in der Hase und im Pilotgebiet Lager Hase überwiegen deutlich die N-Austräge über Dränagen (ca.  $13 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ ). Punktquellen tragen nur zu einem geringen Teil zu den Gesamtausträgen bei, wobei die punktförmigen N-Einträge im Pilotgebiet Ilmenau/Jeetzel aufgrund der Kläranlage Lüneburg etwas größer sind.

Die (hydrologischen) Modellgebiete Hase, Große Aue und Ilmenau/Jeetzel sind jeweils etwa doppelt so groß wie die Pilotgebiete, so dass auch die Gesamtfrachten deutlich größer sind. Die N-Einträge über die einzelnen Pfade skalieren recht gut mit dem Unterschied in den Gebietsflächen und geben ein ähnliches Bild wie für die Pilotgebiete.

## 6. Validierung der Modellergebnisse

Zur Beurteilung der Relevanz der mit dem Emissionsmodell berechneten Werte und der Aussagekraft von Szenarioanalysen ist eine Validierung der Modellergebnisse unbedingt erforderlich. Diese Validierung sollte unabhängig für möglichst viele berechnete Größen durchgeführt werden, um die Konsistenz der einzelnen Modellierungsschritte überprüfen zu können. In diesem Vorhaben wurden die Gesamtabflusshöhen, die  $N_{ges}$ -Frachten und die  $N_{ges}$ -Konzentrationen integral für Einzugsgebiete mit gemessenen Werten in den Gewässern verglichen. Darüber hinaus erfolgte ein Vergleich der berechneten Nitratkonzentrationen im Sickerwasser mit den Ergebnissen von Dränwasserbeprobungen des LBEG.

### 6.1 Vergleich der Modellergebnisse mit den Dränbeprobungen des LBEG

Ein wichtiger Arbeitsschritt bei der Bearbeitung dieses Vorhabens war der Vergleich der Modellergebnisse mit den durch das LBEG durchgeführten Untersuchungen zu Nitratkonzentrationen im Dränwasser. Hierbei wurden vom LBEG im Zeitraum 2008-2009 in den drei Pilotgebieten an insgesamt 15 Entnahmestellen Wasserproben in Dränausläufen entnommen und hinsichtlich ihres Stoffgehalts ausgewertet. Für Details sei auf den Projektbericht des LBEG verwiesen. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass die gemessenen Dränkonzentrationen durch eine Reihe von Standortparametern, u.a. durch die Landwirtschaft, die aktuelle Fruchtfolge, den Aufbau des Bodens, den Temperatur- und Niederschlagsverlauf und insbesondere die Sickerwassermenge bestimmt werden. Viele dieser Größen sind sehr variabel und in hohem Maße standort- und ereignisbezogen. So zeigen beispielsweise die in Abbildung 7 dargestellten Sickerwassermengen am Lysimeter Thülsfelde aus den Winterhalbjahren 2000-2009 eine Variabilität der Werte um mehr als einen Faktor 2. Für die Drän-

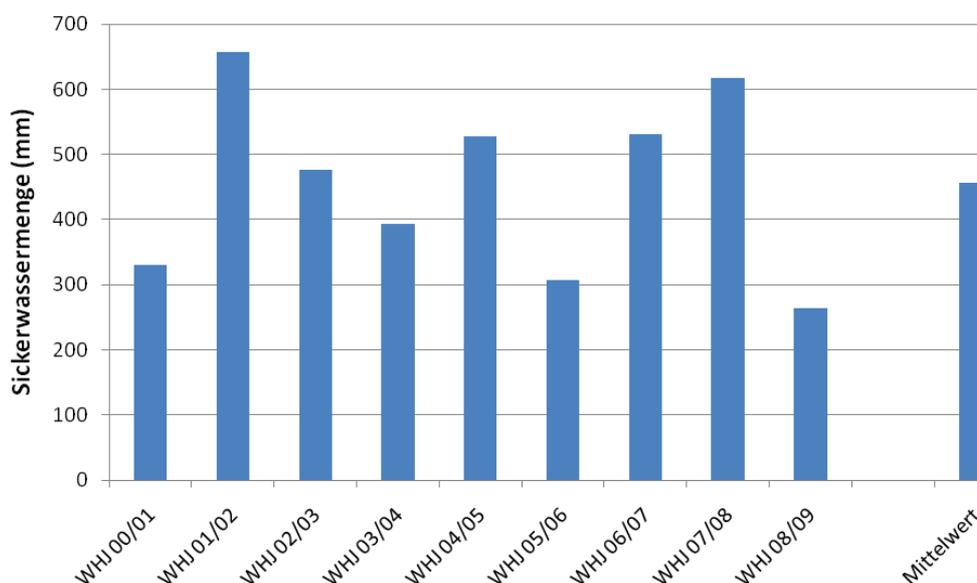


Abbildung 7: Beobachtete Sickerwassermengen in den Winterhalbjahren 2000–2009 am Lysimeter Thülsfelde (Quelle: LBEG).

konzentrationen kann ein ähnlicher Effekt erwartet werden, da diese durch die Sickerwassermenge stark beeinflusst werden.

Neben diesen flächenbezogenen Größen spielt aber auch die Tiefenlage der Dränrohre in Relation zum aktuellen Grundwasserstand bzw. zu den Bodeneigenschaften eine große Rolle. Dies zeigt exemplarisch das in Abbildung 8 dargestellte Tiefenprofil eines dränierten Gleystandortes im Pilotgebiet Lager Hase, der vom LBEG im WAgriCo2-Vorhaben untersucht wurde. Dargestellt ist dort die beobachtete Nitratkonzentration im Sickerwasser als Funktion der Tiefe unter GOK und die Tiefenlage der Dränrohre an diesem Standort. Man erkennt deutlich, dass in dem Tiefenbereich, in dem die Dränrohre installiert sind, Denitrifikationsprozesse stattfinden, die zu einer starken Abnahme der Nitratkonzentration mit der Tiefe führen. Da sich die Nitratkonzentration in einem Tiefenbereich von etwa 50 cm um einen Faktor von 2 ändern kann, ist die Tiefenlage der installierten Dränrohre ein entscheidender Parameter für die auftretenden Nitratkonzentrationen im Dränwasser.

Auch der mögliche Eintritt von Sauerstoff in die Dränrohre spielt eine wichtige Rolle für die Dränkonzentrationen. So zeigten beispielsweise die Dränausläufe von zwei benachbarten und vom gleichen Betrieb bewirtschafteten Schlägen vergleichbaren Bodentyps vollkommen unterschiedliche Nitratkonzentrationen (0,4 bzw. 89 mg NO<sub>3</sub>/L, siehe Endbericht LBEG). Die Ursachen hierfür wurden der Tatsache zugeordnet, dass der Dränauslass im einen Fall unter Wasser lag, so dass sich in den Dränrohren reduzierte Bedingungen einstellten und ein Nitratabbau stattfinden konnte, während im anderen Fall ein Sauerstoffeintritt in die Dränrohre zu oxidierten Bedingungen, einem stark verminderten Nitratabbau und entsprechend hohen Nitratkonzentrationen führte.

Aufgrund der hohen zeitlichen Variabilität der Konzentrationen ist es nur bei Vorliegen von langjährigen Zeitreihen mit genügend Einzelbeprobungen möglich, verlässliche Wertbereiche für mittlere Nitratkonzentrationen in den Dränagen zu erhalten. Bei den hier vorliegenden Dränuntersuchungen handelt es sich hingegen um einjährige Ergebnisse aus dem Jahr 2009. Die Nitratkonzentrationen können schon fruchtartenabhängig und witterungsbedingt um bis zu 100 mg NO<sub>3</sub>/L schwanken. Alle nachfolgenden Interpretationen sind daher nur als vorläufig zu betrachten.

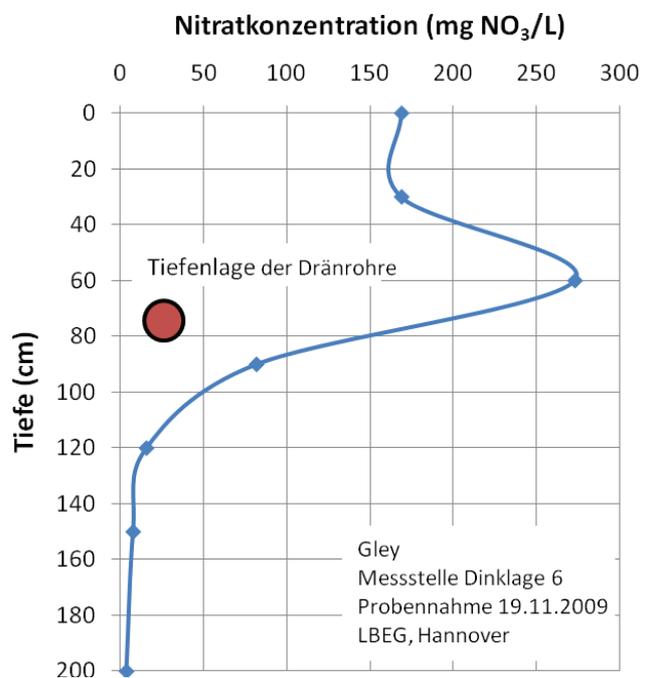


Abbildung 8: Tiefenprofil der Nitratkonzentration in einem gedrännten Gleystandort im Pilotgebiet Lager Hase (Quelle: LBEG).

Im DENUZ-Modell wird davon ausgegangen, dass die Denitrifikation im Boden ausschließlich in der durchwurzelten Bodenzone abläuft und Nitratabbau im Unterboden vernachlässigt werden kann. Nach dieser Vorstellung sollte die berechnete Nitratkonzentration im Sickerwasser der Dränkonzentration entsprechen, wenn der Reduktionsgrad im Boden nicht durch die Dränrohre verändert wird (s.o.). Für nicht dränierte Flächen wurden die berechneten Sickerwasserkonzentrationen bereits im WAgriCo-Vorhaben mit den in den BDF-Flächen in Niedersachsen gemessenen Werten verglichen. Hierbei ergab sich eine gute Übereinstimmung von berechneten und gemessenen Konzentrationen (Eisele *et al.*, 2008).

Die mit dem GROWA-DENUZ-Modell erzielten Ergebnisse beruhen auf langjährigen Mittelwerten sowohl des Wasserhaushaltes (hier: 1961-1990) als auch der N-Einträge in den Boden (hier: 1999-2003). Aufgrund der auf Gemeinden bezogenen räumlichen Auflösung des N-Bilanzmodells gehen keine standortbezogenen N-Überschüsse in die Modellierung ein, so dass die Modellergebnisse weder standort- noch ereignisbezogen sind. Die zeitliche und räumliche Variabilität der Dränkonzentrationen können daher nur eingeschränkt durch das Modell beschrieben werden kann.

Dies zeigt sich auch in dem direkten Vergleich der beobachteten Dränkonzentrationen mit den mittleren, innerhalb eines Radius von 50m um die Messstelle berechneten Nitratkonzentrationen im Sickerwasser. Dieser ist in Abbildung 9 dargestellt und wurde mit dem LBEG diskutiert und abgestimmt. Es ist eine mit einem Korrelationskoeffizienten von  $R^2=0.48$  recht gute Korrelation von berechneten und gemessenen Konzentrationen zu verzeichnen, bei der erwartungsgemäß eine große Streuung der Werte auftritt. Man kann einen linearen Zusammenhang erkennen, wobei die berechneten Werte um etwa 25 mg  $\text{NO}_3/\text{L}$  höher liegen als die gemessenen. Bei den Messwerten in der Nähe der Regressionsgeraden handelt es sich überwiegend um Pseudogleye und Gleye, was vermuten lässt, dass hier ggf. die Denitrifikation im Boden leicht unterschätzt wird. Bei den drei Standorten mit hohen gemessenen Konzentrationen rechts der Winkelhalbierenden werden zu geringe Konzentrationen berechnet.

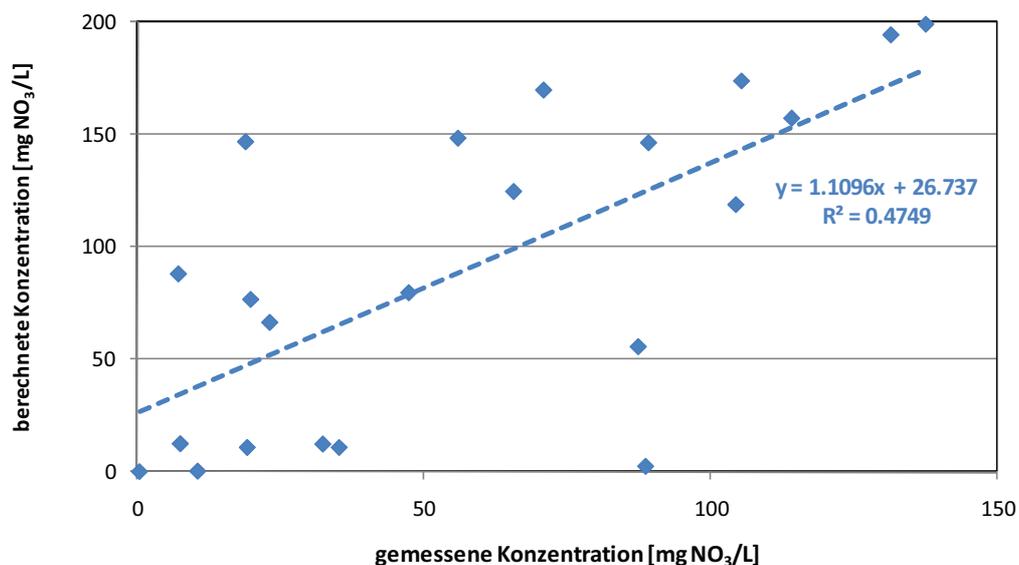


Abbildung 9: Vergleich der beobachteten Nitratkonzentration in Dränagen mit den für den jeweiligen Ort (50 m Radius) berechneten mittleren Sickerwasserkonzentrationen.

Dies ist im Wesentlichen darauf zurückzuführen, dass der Bodentyp am Standort nicht mit dem Bodentyp der der Berechnung zugrunde liegenden BÜK 50 übereinstimmt. Die Böden sind aufgrund der realen Standortbedingungen im Bereich der Dränrohre stärker belüftet (aerob) als nach BÜK 50 abgeleitet. Bei den Standorten links der Winkelhalbierenden, bei denen deutlich zu hohe Nitratkonzentrationen berechnet werden, werden die Denitrifikationsbedingungen unterschätzt. Dies betrifft überwiegend die Standorte mit anaeroben Bedingungen im Dränrohr. Aus der BÜK 50 und den anderen zur Verfügung stehenden Datengrundlagen lassen sich diese Standorte flächendeckend für Niedersachsen nicht identifizieren.

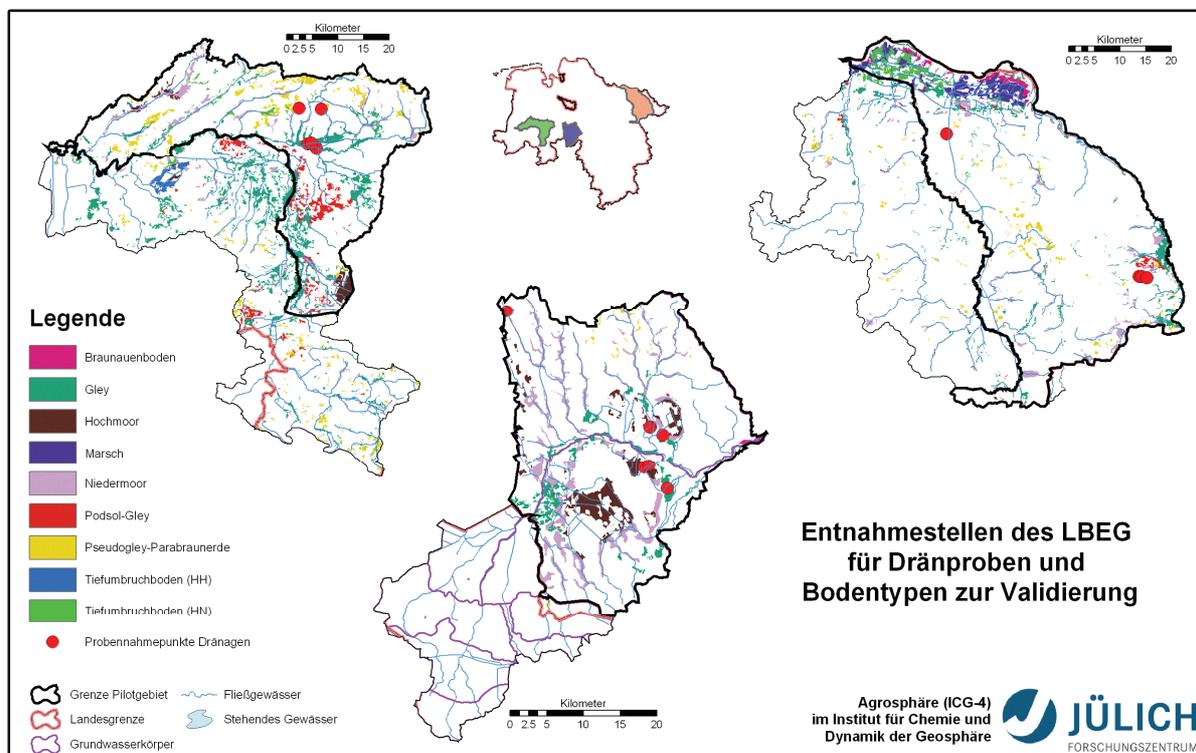
Ein Vergleich der Ergebnisse von ereignis- und standortbezogenen Dränbeprobungen mit prinzipiell flächenbezogenen und zeitlich gemittelten Modellergebnissen ist also problematisch. Es kann nicht damit gerechnet werden, durch einen solchen Vergleich grundlegende Erkenntnisse über eventuelle Modellunsicherheiten und zu erhalten. Daher wurde zusätzlich überprüft, in welchem Maße die für bestimmte Bodennutzungen und Bodentypen typischen Dränkonzentrationen durch die für diese Bedingungen berechneten mittleren Sickerwasserkonzentrationen wiedergespiegelt werden. Hierzu wurden in einem ersten Schritt die Nitratkonzentrationen in den 15 vom LBEG untersuchten Dränausläufen im Hinblick auf Bodentyp und Landnutzung zusammengefasst, weitere Untersuchungsergebnisse des LBEG einbezogen (Schäfer, 2009) und mit Erkenntnissen zu Nitratkonzentrationen in Dränagen aus anderen Quellen (DWA, 2008) kombiniert. Als Ergebnis zeigt Tabelle 4 typische beobachtete Nitratkonzentrationen in Dränausläufen für neun Bodentypen und Bodennutzungen. Es ist deutlich erkennbar, dass die beobachteten Dränkonzentrationen in einem weiten Bereich schwanken können, wobei die sehr geringen Konzentrationen im allgemeinen auf reduzierte Bedingungen in den Dränrohren, die hohen Werte hingegen auf oxidierte Bedingungen zurückzuführen sind (Gley, Sandmischkultur, Moor, Braunaueboden).

Tabelle 4: Mittlere Nitratkonzentrationen im Dränwasser in Abhängigkeit von der Bodennutzung und des Bodentyps als Ergebnis der Dränwasseruntersuchungen des LBEG. Die mit \* gekennzeichneten Werten sind ergänzende Werte aus der Literatur (DWA, 2008).

<b>Boden</b>	<b>Bodennutzung</b>	<b>Mittlere gemessene Dränkonzentration (mg NO<sub>3</sub>/L)</b>	<b>Mittlere berechnete Sickerwasserkonzentration (mg NO<sub>3</sub>/L)</b>
Gley	Acker	19-114	121
Sandmischkultur	Acker (Mais)	0,4-89	69
Pseudogley-Parabraunerde	Acker	105-130	120
Hochmoor*	Grünland	4-66	1
Niedermoor*	Grünland	22-66	2
Niedermoor	Acker	3	12
Marsch*	Grünland	4-32	6
Podsol-Gley*	Acker	89-222	141
Braunaueboden*	Acker	29-128	92

Diesen Werten wurden die mit dem Emissionsmodell berechneten Nitratkonzentrationen im Sickerwasser (siehe Karte 16) gegenübergestellt, die sich im Mittel für die drainierten Flächen Niedersachsens für die jeweilige Bodennutzung und den jeweiligen Bodentyp ergeben. In Karte 26 ist die räumliche Lage der Probennahmestellen sowie die als drainiert ausgewiesenen Flächen differenziert nach Bodentypen dargestellt. Die sich aus der Mittelung errechneten Sickerwasserkonzentrationen sind in Tabelle 4 dargestellt. Für die meisten betrachteten Bodentypen, d.h. für Podsol-Gleye, Pseudogleye, Gleye, Sandmischkulturen und Braunaueböden zeigen sich gute Übereinstimmungen zwischen den berechneten und gemessenen Werten. Die oben bereits vermutete leichte Unterschätzung des Denitrifikationsvermögens von Gley- und Pseudogleyböden deutet sich auch hier an, ist aber nicht signifikant. Wie bereits erwähnt, hat der mögliche Eintritt von Sauerstoff in die Dränrohre einen großen Einfluss auf die Nitratkonzentration, so dass sich kleinräumig sehr große Unterschiede in den beobachteten Konzentrationen ergeben können. Im Modell kann dies nicht nachgebildet werden; die berechneten mittleren Nitratkonzentrationen im Sickerwasser stimmen für diese Böden jedoch sehr gut mit den für oxidierte Bedingungen in den Dränrohren beobachteten Werten überein.

Bei den Moorböden ergibt sich ein indifferentes Bild; oftmals werden die beobachteten Dränkonzentrationen durch das Modell unterschätzt. Die Ursachen hierfür liegen darin begründet, dass die Denitrifikationskapazität in Moorböden (Tabelle 2) für den Fall abgeleitet wurde, dass das Grundwasser in den Bodenbereich hineinragt. Hierfür kann eine hohe Denitrifikationsleistung, reduzierte Bedingungen in den Dränrohren und entsprechend geringe Nitratkonzentrationen erwartet werden. Ist dies nicht der Fall, so ist auch die Denitrifikation deut-



Karte 26: Probennahmestellen des LBEG zur Ermittlung von N-Konzentrationen in künstlichen Dränagen und räumliche Verteilung der drainierten Flächen differenziert nach Bodentypen (Quelle BÜK50).

lich geringer, es können auch oxidierte Bedingungen in den Dränrohren vorliegen und die beobachteten Konzentrationen sind höher. Im Modell konnte dies nicht adäquat abgebildet werden, da Grundwasserstandsdaten nicht in dem Detaillierungsgrad zur Verfügung standen, wie sie hierfür erforderlich wären.

Eine weitere Quelle für mögliche Abweichungen zu den beobachteten Konzentrationen ist, dass der im DENUZ-Modell berücksichtigte Tiefenbereich der Denitrifikation nicht mit dem in diesen Böden tatsächlich vorliegenden Bereich übereinstimmt. Wie in den Kapiteln 3.2 und 5.3 bereits ausgeführt wurde, wird bei der Modellierung der Denitrifikation im Boden die Verweilzeit des Sickerwassers im denitrifizierenden Bodenbereich explizit berücksichtigt. Zur Parametrisierung des Modells wurde das in Tabelle 2 aufgeführte Denitrifikationspotenzial des Bodens (Spalte „Rate“) verwendet. Da sich diese Werte auf das gesamte Bodenprofil beziehen, erfolgte eine Normierung auf die mittleren, in der jeweiligen Denitrifikationsklasse für Niedersachsen berechneten Sickerwasserverweilzeiten (siehe Gl. 8). Hierbei wurde davon ausgegangen, dass unterhalb des durchwurzelten Bodenbereichs keine signifikante Denitrifikation mehr stattfindet, so dass die Verweilzeiten in der effektiven Wurzelzone verwendet wurden, was für die meisten Böden sicherlich auch der Realität entspricht. Diese Annahme geht lediglich in eine Normierung der Parameter ein, so dass sie keine Auswirkungen auf die ausgetragenen Frachten und die Sickerwasserkonzentrationen hat, so lange sichergestellt ist, dass die gesamte denitrifizierende Bodenzone durchlaufen wurde.

Bei grundwasser- und stauwasserbeeinflussten Böden kann es auch unterhalb des durchwurzelten Bodenbereichs zu einem signifikanten Nitratabbau kommen. Werden diese Böden landwirtschaftlich genutzt, so werden oftmals künstliche Dränagen an der Grenze des GOR-Horizontes eingebaut. Auf diese Weise wird das Dränwasser bereits abgeführt, bevor das Sickerwasser den Boden über die gesamte Bodentiefe durchströmt und das vollständige Denitrifikationspotenzial ausgeschöpft wurde. In diesem Fall treten im Dränwasser höhere Nitratkonzentrationen auf, als in dem Abflussanteil, der sich in Richtung Grundwasseroberfläche bewegt und im Modell als Nitratkonzentration im Sickerwasser berechnet wurde. Dies ist auch in dem Tiefenprofil in Abbildung 8 der Fall. Da die in der BÜK50 ausgewiesene Durchwurzelungstiefe (bei Gleyböden zwischen 36 und 132 cm) von dem tatsächlich vorliegenden Bereich, in dem Nitratabbau stattfinden kann, abweichen kann, muss daher bei allen grundwasserbeeinflussten Böden damit gerechnet werden, dass die Dränkonzentrationen durch das Modell unterschätzt werden.

Die bessere Berücksichtigung dieser Situation erfordert eine Erweiterung des Emissionsmodells. In erster Linie muss hierzu eine Renormierung der Denitrifikationsparameter ( $D_{\max}$ , siehe Gl. 6) erfolgen, bei der die im Unterboden grundwasser- und stauwasserbeeinflusste Böden mögliche weitere Denitrifikation berücksichtigt wird. Dies erfordert die Einbeziehung von Erkenntnissen aus Nitrat-Tiefenprofilen, aus denen für die betreffenden Bodentypen verlässliche Angaben zur Tiefe der denitrifizierenden Zone abgeleitet werden können. Darüber hinaus muss die Tiefenlage der Dränrohre bekannt sein, da diese die Transportzeiten im Boden bis zum Erreichen der Dränagen definiert. Da es bei kleineren Unterschieden in der Tiefenlage der Dränagen im Bereich weniger Dezimeter schon zu großen Änderungen in der Dränkonzentrationen kommen kann, ist eine flächendifferenzierte Datengrundlage zum Flurabstand, d.h. eine Flurabstandskarte Niedersachsens mit hinreichender lateraler und vertikaler

ler Genauigkeit, von entscheidender Bedeutung. Da während der Laufzeit des Projektes weder eine solche Flurabstandskarte vorlag, noch genügend Daten für eine flächendifferenzier- te Ausweisung des Nitratabbauvermögens im Unterboden zur Verfügung standen, konnte das Modell im WAgriCo2-Vorhaben nicht angepasst werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass im Rahmen der Modellunsicherheiten, der zur Verfügung stehenden Datengrundlagen und der zeitlichen und räumlichen Variabilitäten der Beobachtungen eine sehr befriedigende Übereinstimmung zwischen den berechneten mittleren Nitratkonzentrationen im Sickerwasser dräniertes Flächen und den beobachteten Nitratkonzentrationen in künstlichen Dränagen zu verzeichnen ist. Die auftretenden Abwei- chungen konnten plausibel erklärt werden, flossen aber in der Projektlaufzeit nicht in das Modell ein, da die hierzu erforderlichen Datengrundlagen aktuell nicht zur Verfügung stan- den. In zukünftigen Anwendungen des GROWA-DENUZ Emissionsmodells werden sie je- doch berücksichtigt, so dass nach Vorliegen der erforderlichen Datengrundlagen der Einfluss künstlicher Dränagen auf die Nitratausträge in die Gewässer besser abgebildet werden kann.

Es sei an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen, dass dies nur die dränierten Flä- chen betrifft. Für nicht dränierte Böden, bei denen die denitrifizierende Zone vollständig durchlaufen wird, erfolgte eine unabhängige Validierung der berechneten Sickerwasserkon- zentrationen für die Bodendauerbeobachtungsfächen Niedersachsens, mit einer guten Über- stimmung von berechneten und gemessenen Werten.

## 6.2 Validierung der berechneten N-Austräge in die Gewässer

Die Überprüfung der berechneten N-Austräge in die Gewässer erfolgte durch den Vergleich mit in Oberflächengewässern beobachteten Stofffrachten. Die bei der Frachtermittlung auf- tretenden Probleme sind in der Fachliteratur hinreichend diskutiert (BfG, 1997; Hellmann, 1986; Klopp, 1986; LAWA, 2003; Schreiber & Krauss-Kalweit, 1999; Symader, 1988; Walling & Webb, 1985). Als gebräuchliche Methode zur Abschätzung der  $N_{ges}$ -Frachten im Gewässer wird oftmals die OSPAR-Methode (OSPAR Commission, 1998) herangezogen, die auch hier verwendet wird:

$$L_{Fluss} = \frac{Q_t}{Q_{Mess}} \cdot \left( \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (c_i \cdot Q_i) \right) \quad \text{Gl. 12}$$

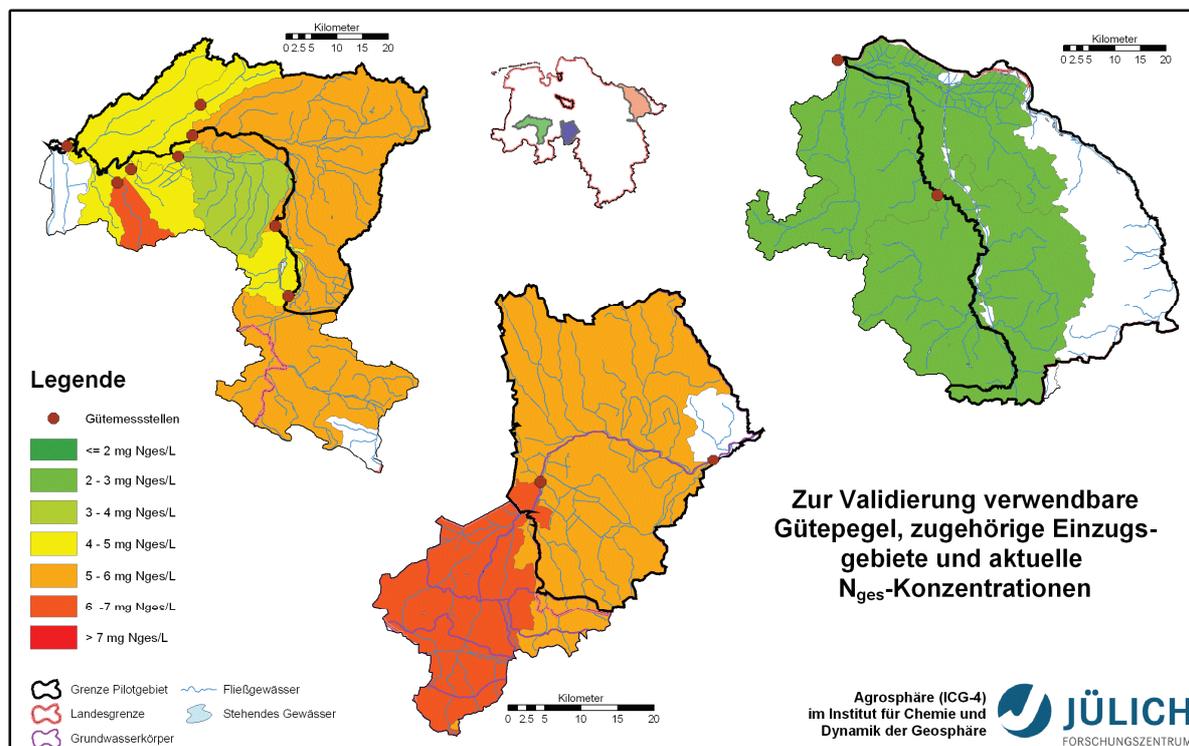
mit:	$L_{Fluss}$	gewichtete Fracht im Gewässer	[g/s]
	$Q_t$ :	mittlere tägliche Abflussmenge im Beobachtungszeitraum	[m <sup>3</sup> /s]
	$Q_i$ :	mittlere Abflussmenge zu den Beobachtungszeitpunkten	[m <sup>3</sup> /s]
	$Q_i$ :	Abflussmenge zum Beobachtungszeitpunkt	[m <sup>3</sup> /s]
	$c_i$ :	gemessene Fracht zum Beobachtungszeitpunkt	[mg/L]
	N:	Anzahl der Beobachtungen	[-]

Als Datenquelle standen 35 Gewässergütedaten des NLWKN zu  $N_{ges}$ -Konzentrationen und Abflussmengen in täglicher Auflösung zur Verfügung. Bei 23 dieser Messstellen handelt es sich um reine Gütemessstellen, bei denen keine Abflussmengen erhoben wurden. Für diese

Messstellen konnten keine N-Frachten ermittelt und mit den Ergebnissen des Emissionsmodells verglichen werden.

Die Repräsentanz der geschätzten Frachten als Mittelwert über einen mehrjährigen Zeitraum hängt vom Beobachtungszeitraum und der Probennahmefrequenz ab. Für die Validierung wurden daher nur Gütepegel verwendet, für die jeweils mindestens 40  $N_{ges}$ - und Abflussbeobachtungen ab dem 1.11.1995 vorlagen und die eine mindestens monatliche Probennahmefrequenz aufweisen. 12 Messstellen (siehe Karte 27) erfüllten diese Bedingungen. Acht Messstellen entfielen dabei auf das Modellgebiet der Hase (Verteiler-Bauwerk Rhb, Bersenbrück, Werwe, Aselage, Augustenfeld, Andrup-Lage, Lotten und Bokeloh), zwei Messstellen auf das der Großen Aue (Ströhen, Steyerberg) und zwei Messstellen (Bienenbüttel, Ströhen) auf das der Ilmenau. Für die Messstelle Ströhen lagen keine Abflusswerte vor. Aufgrund der Lage an der Ilmenau-Mündung und der Einzugsgebietsgröße wurden stattdessen die mit dem GROWA-Modell berechneten Gesamtabflusshöhen verwendet.

In Karte 27 sind die verwendeten Messstellen, die zugehörigen Einzugsgebiete und die mittleren an den Messstellen beobachteten  $N_{ges}$ -Konzentrationen im jeweiligen Einzugsgebiet dargestellt. Zur Validierung wurden die berechneten N-Einträge aus diffusen und punktuellen Eintragspfade summiert. Der Nährstoffabbau im Gewässer wurde nach den von Behrendt (Behrendt *et al.*, 1999) verwendeten Ansätze, in denen der Nährstoffabbau im Fluss als eine Funktion der Einzugsgebietsgröße und der Abflusshöhen beschrieben wird, berechnet und von der Summe der Einträge subtrahiert. Abbildung 10, in der die berechneten und gemessenen N-Frachten im Gewässer gegenübergestellt sind, zeigt, dass die Übereinstimmung von gemessenen und berechneten N-Frachten sehr zufriedenstellend ist.



Karte 27: Verwendete Messstellen zur Validierung der berechneten N-Frachten, der N-Konzentrationen im Gewässer sowie der Gesamtabflusshöhen.

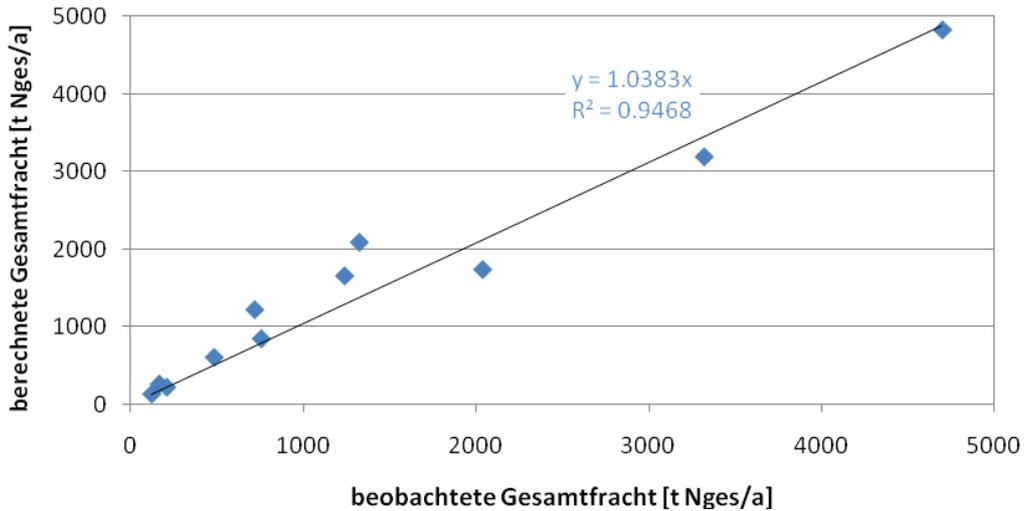


Abbildung 10: Vergleich der modellierten N-Einträge in die Vorfluter aus dem Direktabfluss und dem Grundwasserabfluss unter Berücksichtigung der Punkteinträge und der gewässerinternen Retention mit den gemessenen N-Frachten in Oberflächengewässern.

### 6.3 Validierung der berechneten Gesamtabflusshöhen

Für die Modellrechnungen wurden absprachegemäß die im LBEG mit dem GROWA-Modell berechneten Gesamtabflusshöhen verwendet. Diese berechneten Gesamtabflusshöhen wurden mit Abflusswerten verglichen, die an den 12 für die Frachtvalidierung verwendeten Gütemessstellen beobachtet wurden. Hierzu wurden die beobachteten täglichen Abflüsse zeitlich gemittelt und den räumlichen Mittelwerten der berechneten Abflusshöhen über die jeweiligen pegelbezogenen Einzugsgebiete gegenübergestellt. In Abbildung 11 ist das Ergebnis dieses Vergleichs dargestellt. Es wird deutlich, dass die beobachteten mittleren Abflüsse sehr gut durch die modellierten Werte reproduziert werden.

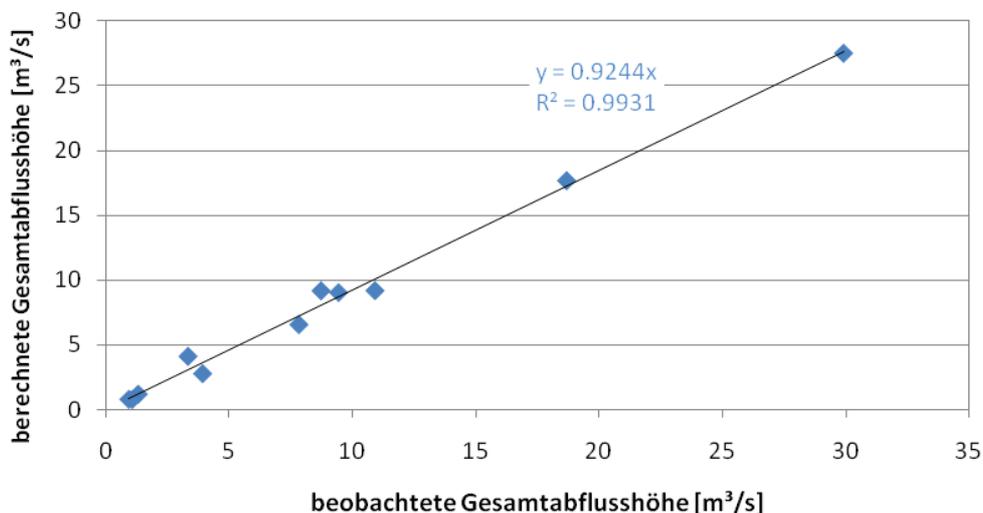


Abbildung 11: Vergleich der im LBEG berechneten GROWA-Gesamtabflusshöhen mit den gemessenen Gesamtabflusshöhen in Oberflächengewässern.

## 6.4 Validierung der berechneten Gewässerkonzentrationen

Dividiert man die berechneten N-Gesamtfrachten im Gewässer mit den für das Einzugsgebiet einer Messstelle summierten mittleren Gesamtabflüssen, so ergibt sich ein Konzentrationswert, der ebenfalls mit den gemessenen Konzentrationen an einer Messstelle verglichen werden kann. In Abbildung 12 sind die auf diese Weise berechneten Konzentrationen den an den Gütemessstellen beobachteten Werten gegenübergestellt. Auch wenn Streuungen auftreten, ist doch die Korrelation der Werte sehr gut. In Abbildung 12 sind auch die Konzentrationsbereiche der Gewässergüteklassen nach LAWA (LAWA, 1998) dargestellt. Man sieht, dass die Modellierung die richtigen Gewässergüteklassen sehr gut wiedergibt. Die gemessenen Werte werden also im Mittel gut durch die berechneten Konzentrationen abgebildet. Dies ist ein im Hinblick auf die vorliegenden Datenunsicherheiten und -inkonsistenzen sehr befriedigendes Ergebnis.

Als Ergebnis der Validierung der Modellierung zur Analyse der N-Einträge in die Oberflächengewässer aus den verschiedenen Austragspfaden in den drei Modellierungsgebieten für den Ist-Zustand (1999-2003) bleibt festzuhalten, dass die Ergebnisse im Rahmen der Datenunsicherheiten sehr gut mit den tatsächlich beobachteten Werten übereinstimmen. Damit kann erwartet werden, dass der Modellansatz auch realistische Ergebnisse bei der Analyse der Auswirkungen von Szenarien zu N-Minderungsmaßnahmen liefert.

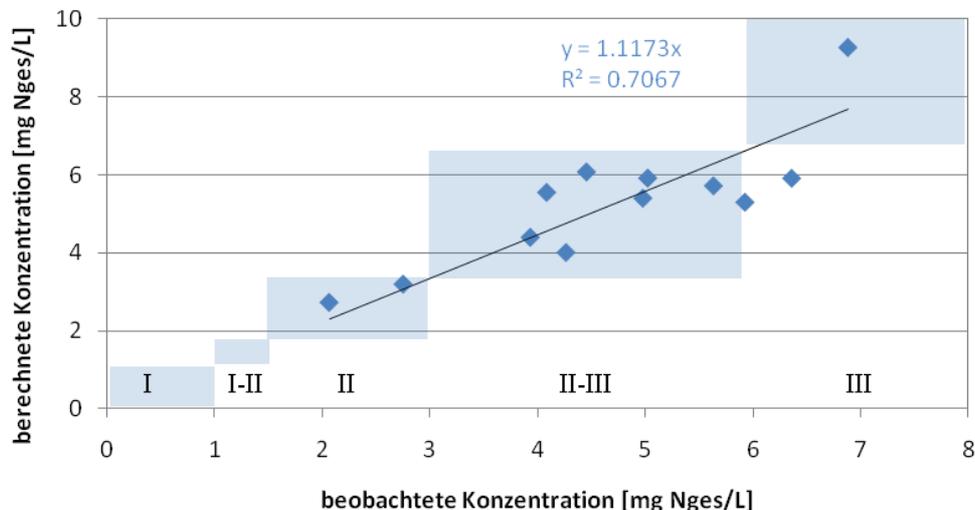


Abbildung 12: Vergleich der an den Messstellen beobachteten  $N_{ges}$ -Konzentrationen mit den berechneten  $N_{ges}$ -Konzentrationen in Oberflächengewässern und zugehörige Konzentrationsbereiche der Güteklassen nach (LAWA, 1998).

## 7. Analyse der Auswirkungen von Agrarumweltmaßnahmen auf die N-Einträge in die Gewässer

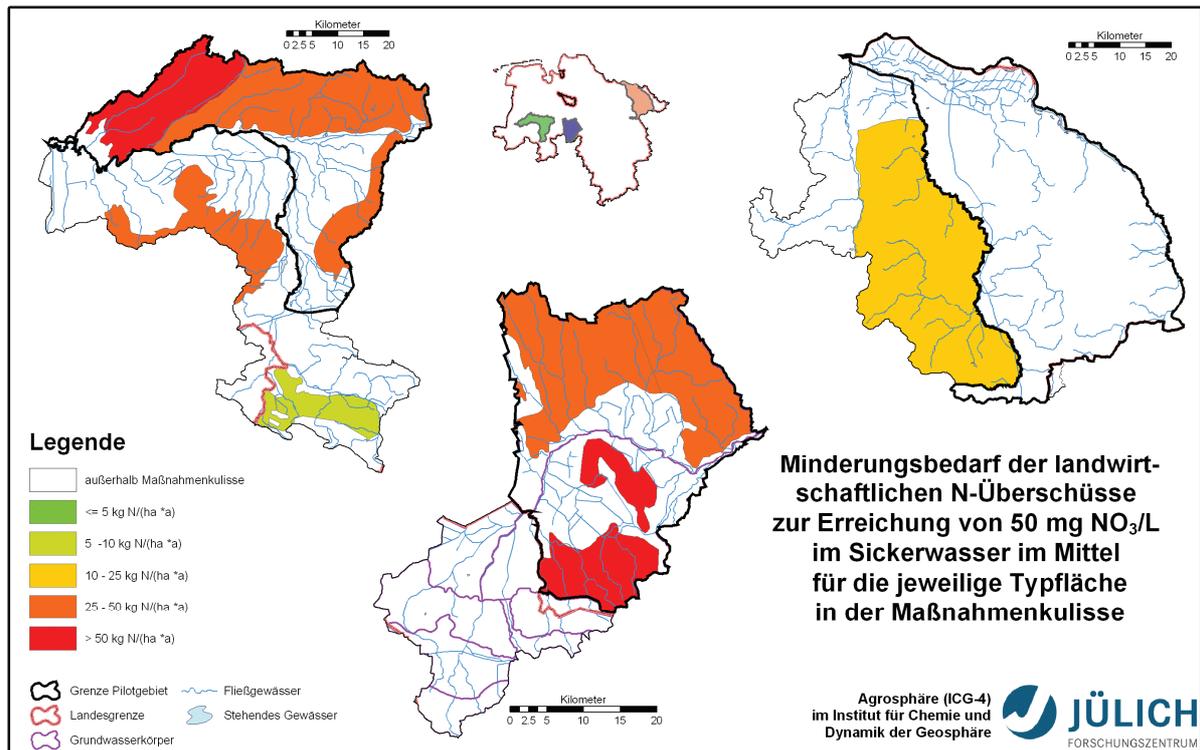
Die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie werden voraussichtlich nicht in allen Grund- und Oberflächengewässern Niedersachsens erreicht. Dort muss u.a. das Niveau der landwirtschaftlichen Nährstoffüberschüsse gesenkt werden. Dabei können die erforderlichen Minderungen im Hinblick auf die Maßnahmenkulissen und den Minderungsumfang für die Grund- bzw. Oberflächengewässer unterschiedlich ausfallen. Auch der räumliche Bezug ist unterschiedlich: bei Grundwässern sind die Standortbedingungen im Anströmbereich der Messstelle von Bedeutung, während bei Oberflächengewässern zusätzlich überregionale Einflüsse berücksichtigt werden müssen.

Die Definition von Umweltzielen ist eine unabdingbare Voraussetzung zur Bewertung der Effizienz von Maßnahmen zum Gewässerschutz. Betrachtet man zur Festlegung dieser Umweltziele das Grundwasser/Oberflächengewässer als Schutzgut, so sollten die anthropogenen Stoffeinträge so gering sein, dass der „gute Zustand“ des Gewässers erreicht und langfristig sichergestellt wird. Für das Schutzziel „Grundwasser“ wurde im WAgriCo-Projekt die Nitratkonzentration im Sickerwasser als Grundlage für die Definition von Umweltzielen herangezogen. Hierbei wurden zwei Varianten unterschieden:

- In der Variante A wurde als Umweltziel eine maximale Nitratkonzentration im Sickerwasser von höchstens 50 mg NO<sub>3</sub>/L festgelegt. Dieses Umweltziel stellt unabhängig von eventuell ablaufenden Denitrifikationsprozessen im Aquifer sicher, dass langfristig der Schwellenwert für Nitrat im Grundwasser (50 mg NO<sub>3</sub>/L) nicht überschritten wird.
- In der Variante B wurde die mögliche Denitrifikation im Grundwasser bei der Definition des Umweltziels berücksichtigt. Anhand des Verhältnisses der berechneten Nitratkonzentrationen im Sickerwasser für den Ist-Zustand und der beobachteten Nitratkonzentrationen im oberflächennahen Grundwasser wurde ein höherer Wert für die maximale Nitratkonzentration im Sickerwasser dann erlaubt, wenn die beobachteten Konzentrationen im Grundwasser auf Denitrifikationsprozesse schließen lassen.

Zur Analyse der Auswirkungen von Minderungsmaßnahmen auf die Gewässergüte wurde nur die Variante A untersucht, da diese einen höheren Minderungsumfang beinhaltet als Variante B. Ist das Umweltziel der Variante A erfüllt, so wird auch ein maximaler Effekt im Hinblick auf die Oberflächengewässergüte erreicht.

Um den Einfluss verminderter N-Einträge in Verdünnungsflächen auf das Minderungsziel zu berücksichtigen, wurden die Umweltziele auf den Mittelwert von Bezugsflächen bezogen, die durch hydrogeologische Teilflächen innerhalb eines Grundwasserkörpers bestimmt sind. Diese Bezugsflächen wurden vom LBEG landesweit für die Grundwasserkörper Niedersachsens definiert, für die die Zielerreichung nach Wasserrahmenrichtlinie unwahrscheinlich ist. Unter der Prämisse einer konstanten mittleren Sickerwasserrate und konstantem Denitrifikationspotenzial im Boden wurde im WAgriCo-Vorhaben durch eine „Rückwärtsrechnung“ mit dem Emissionsmodell der maximale N-Überschuss aus der Landwirtschaft berechnet, der unter Berücksichtigung der atmosphärischen N-Deposition, der N-Einträge in nicht landwirt-



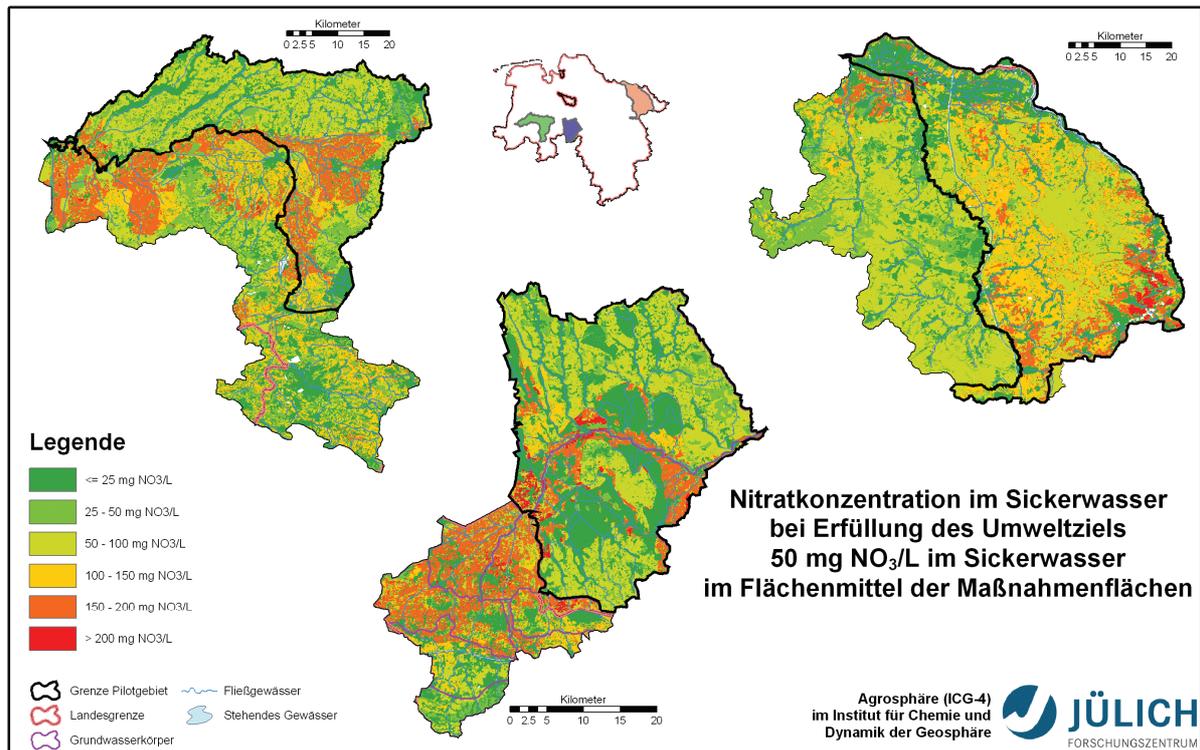
Karte 28: Minderungsbedarf der landwirtschaftlichen N-Überschüsse zur Erreichung von 50 mg NO<sub>3</sub>/L im Sickerwasser als Mittelwert für die Maßnahmenflächen „Grundwasserschutz“.

schaftlich genutzten Flächen und der Denitrifikation im Boden zu einer mittleren Nitratkonzentration im Sickerwasser von höchstens 50 mg NO<sub>3</sub>/L führen würde. Durch einen Vergleich mit dem Ist-Zustand kann daraus der Minderungsbedarf für N-Überschüsse aus der landwirtschaftlichen Flächennutzung bestimmt werden.

Der auf diese Weise im WAgriCo-Projekt ermittelte Minderungsbedarf zur Sicherstellung von 50 mg/ NO<sub>3</sub>/L im Sickerwasser als Mittelwert für die Maßnahmenflächen „Grundwasserschutz“ ist in Karte 28 dargestellt. Für die Hase und Große Aue, die beide durch eine hohe Viehbesatzdichte charakterisiert sind, beträgt der Minderungsbedarf etwa 50 kg N·ha<sup>-1</sup>·a<sup>-1</sup>. Für das Gebiet links der Ilmenau ist, wie auch im gesamten Nordostteil Niedersachsens, der Minderungsbedarf deutlich geringer als in der Hase und der Großen Aue, was seine Ursachen in einer überwiegend marktfreudorientierten Landwirtschaft hat. Das Pilotgebiet Ilmenau/Jeetzel selbst und die nordrhein-westfälischen Gebiete im Oberlauf der Großen Aue sind keine Maßnahmenflächen, so dass hierfür auch kein Minderungsbedarf berechnet wurde.

## 7.1 Auswirkungen der N- Minderungen auf die diffusen N-Austräge

Karte 29 zeigt die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser, die sich bei Erfüllung des Umweltziels von 50 mg NO<sub>3</sub>/L im Sickerwasser im Flächenmittel für die Maßnahmenflächen „Grundwasserschutz“ ergeben würden. Vergleicht man die Werte mit dem Ist-Zustand (Karte 16), so stellt man fest, dass insbesondere in der Großen Aue und der Hase, bei denen im Ist-Zustand mit Nitratkonzentrationen im Sickerwasser von großflächig mehr als 50 mg NO<sub>3</sub>/L zu rechnen ist, nunmehr deutlich geringere Sickerwasserkonzentrationen erwartet werden kön-

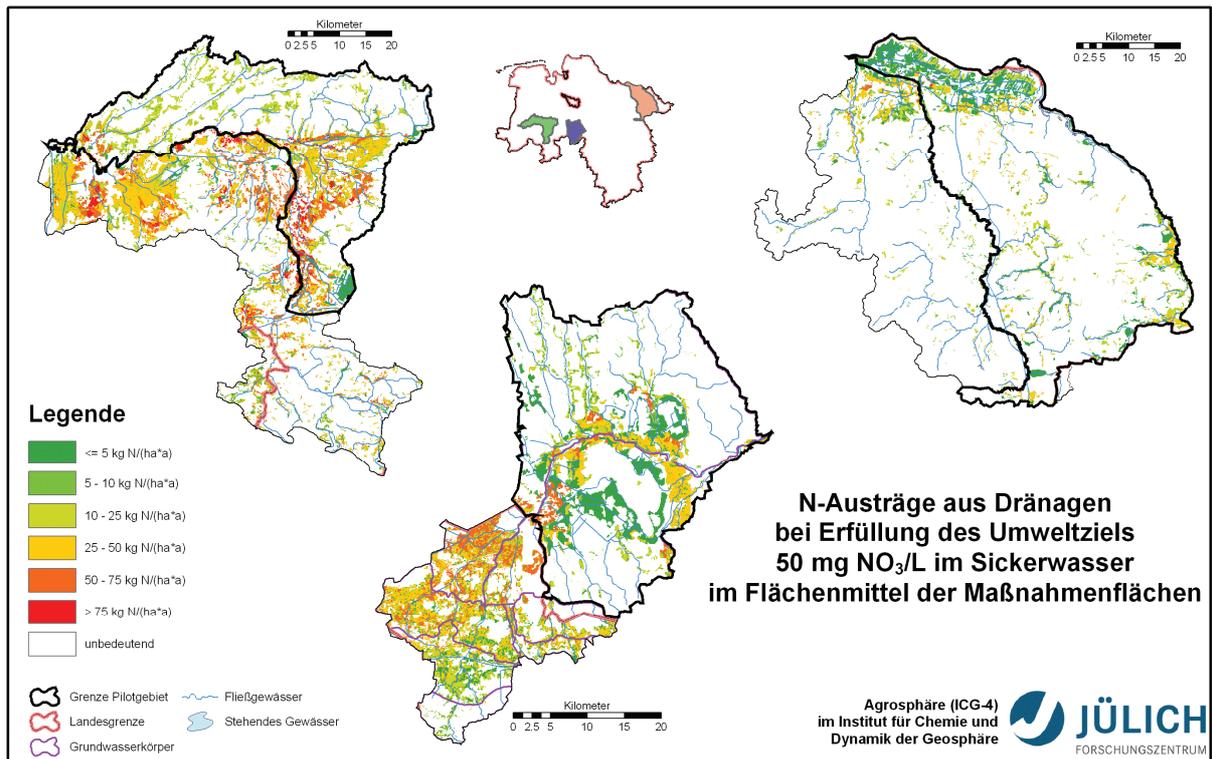


Karte 29: Nitratkonzentration im Sickerwasser, die sich bei Erfüllung des Umweltziels von 50 mg NO<sub>3</sub>/L im Sickerwasser im Flächenmittel für die Flächen der Maßnahmenkulisse „Grundwasserschutz“ ergeben würde.

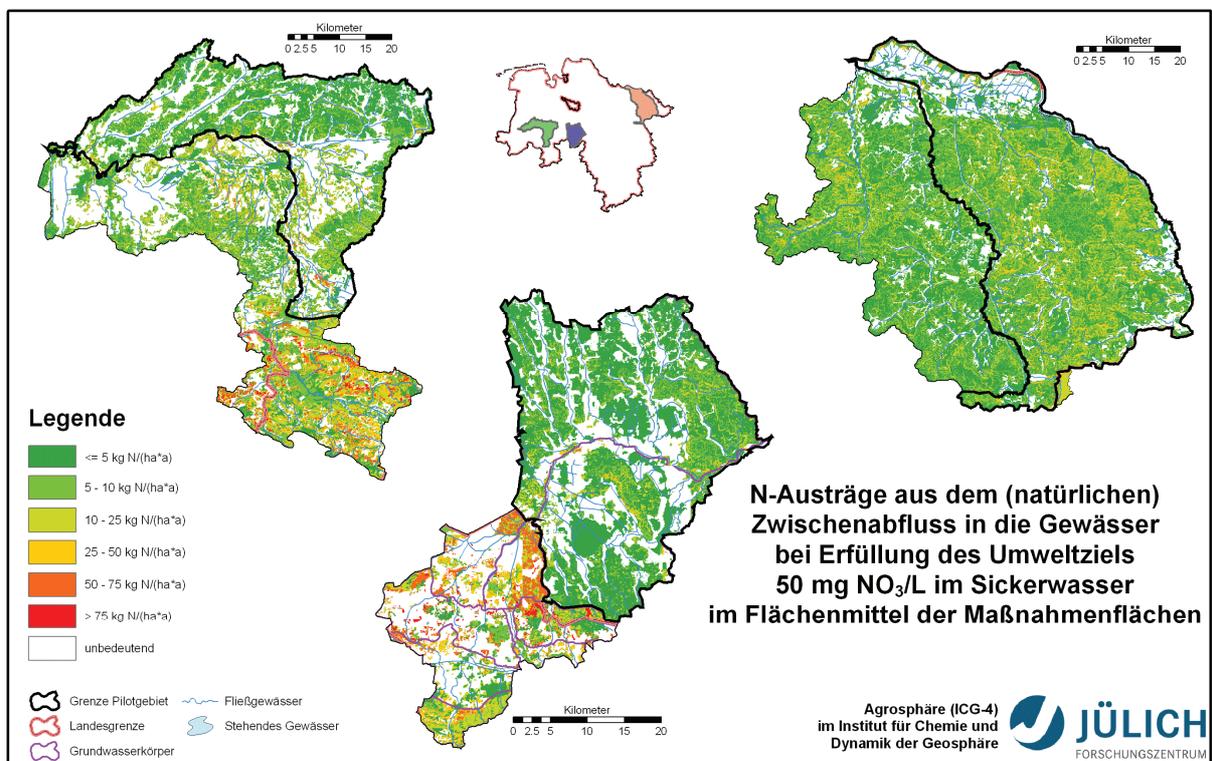
nen. Für die Gebiete, die außerhalb der Maßnahmenflächen liegen, ergeben sich dort unverändert hohe Sickerwasserkonzentrationen von 150 mg NO<sub>3</sub>/L und mehr.

Unter Zugrundelegung der Erfüllung des Umweltziels von 50 mg NO<sub>3</sub>/L im Sickerwasser im Flächenmittel für die Maßnahmenflächen „Grundwasserschutz“ werden in Karte 30 bis Karte 34 die berechneten N-Austräge in die Oberflächengewässer über den (natürlichen) Zwischenabfluss und über künstliche Dränagen, die N-Einträge in das Grundwasser und die grundwasserbürtigen N-Einträge in die Gewässer sowie die Gesamteinträge in die Gewässer auf diffusen Quellen in Kartenform dargestellt. Aus den Kartendarstellungen ist, auch durch den Vergleich mit den entsprechenden Karten zum Ist-Zustand klar erkennbar, dass die Minderungsmaßnahmen insbesondere bei den Direktabflusskomponenten zu einer signifikanten Reduktion der N-Einträge in die Gewässer führen. Die Gebiete, für die keine Maßnahmen berücksichtigt wurden, treten sehr deutlich hervor.

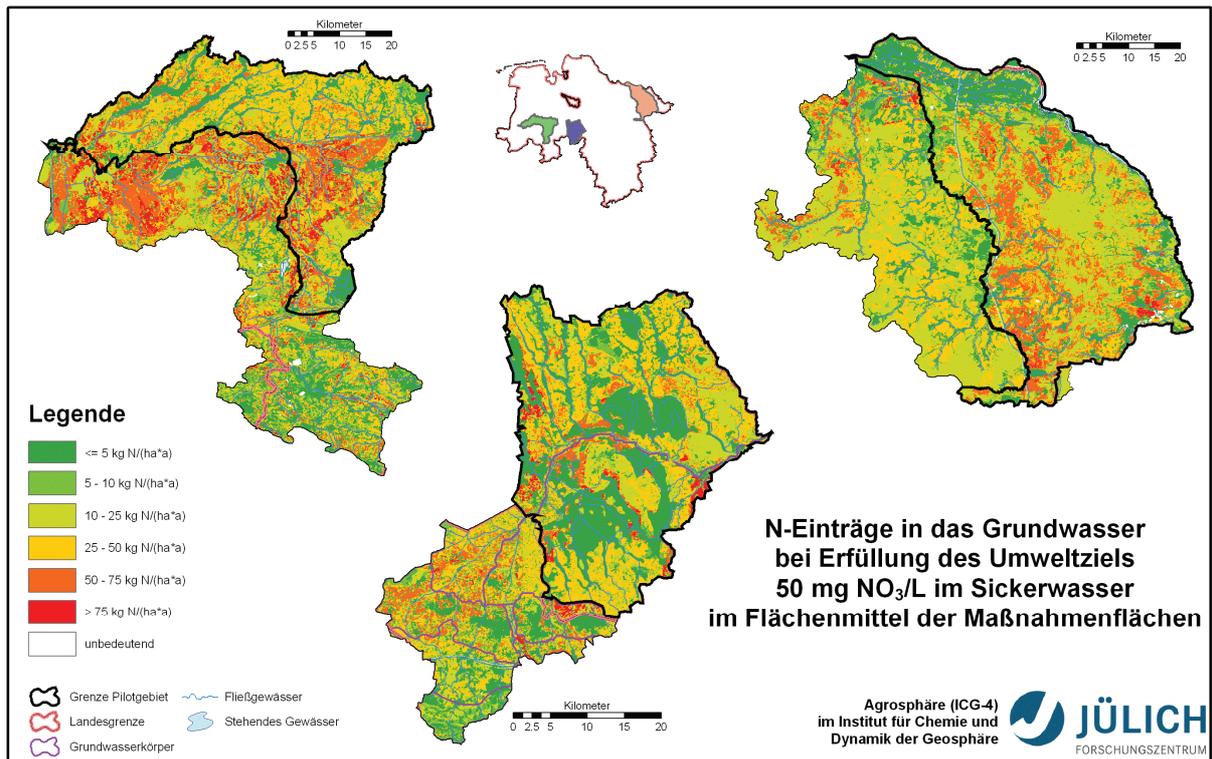
Abbildung 13 fasst diese Ergebnisse quantitativ zusammen. Aufgeführt sind die berechneten N-Einträge in die Oberflächengewässer aus den einzelnen Eintragspfaden, die sich ergeben würden, wenn das Umweltziel von 50 mg NO<sub>3</sub>/L im Sickerwasser im Flächenmittel für die Maßnahmenflächen „Grundwasserschutz“ erfüllt wären. Die Werte sind jeweils für das gesamte (hydrologische) Modellgebiet (linker Teil der Abbildung) als auch für das Pilotgebiet (rechter Teil der Abbildung) angegeben.



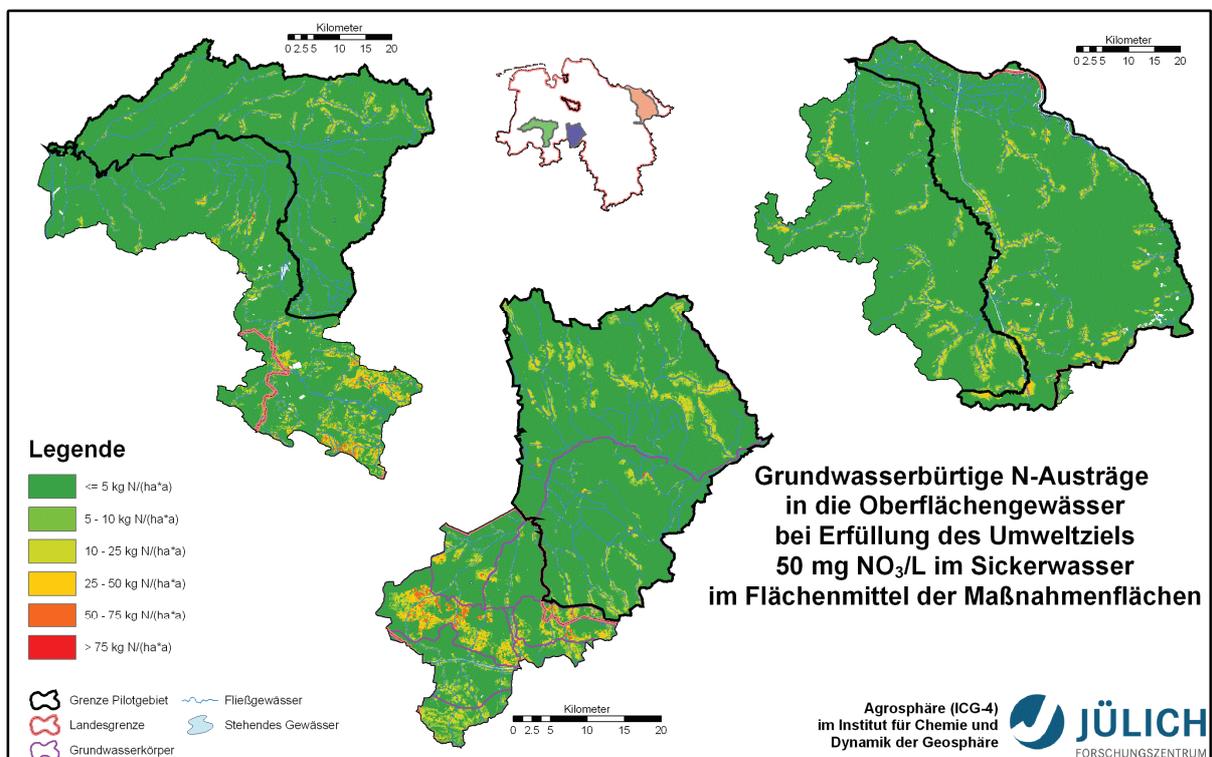
Karte 30: N-Austräge in die Oberflächengewässer aus künstlichen Dränagen bei Erfüllung des Umweltziels von 50 mg NO<sub>3</sub>/L im Sickerwasser im Flächenmittel für die Maßnahmenflächen „Grundwasserschutz“.



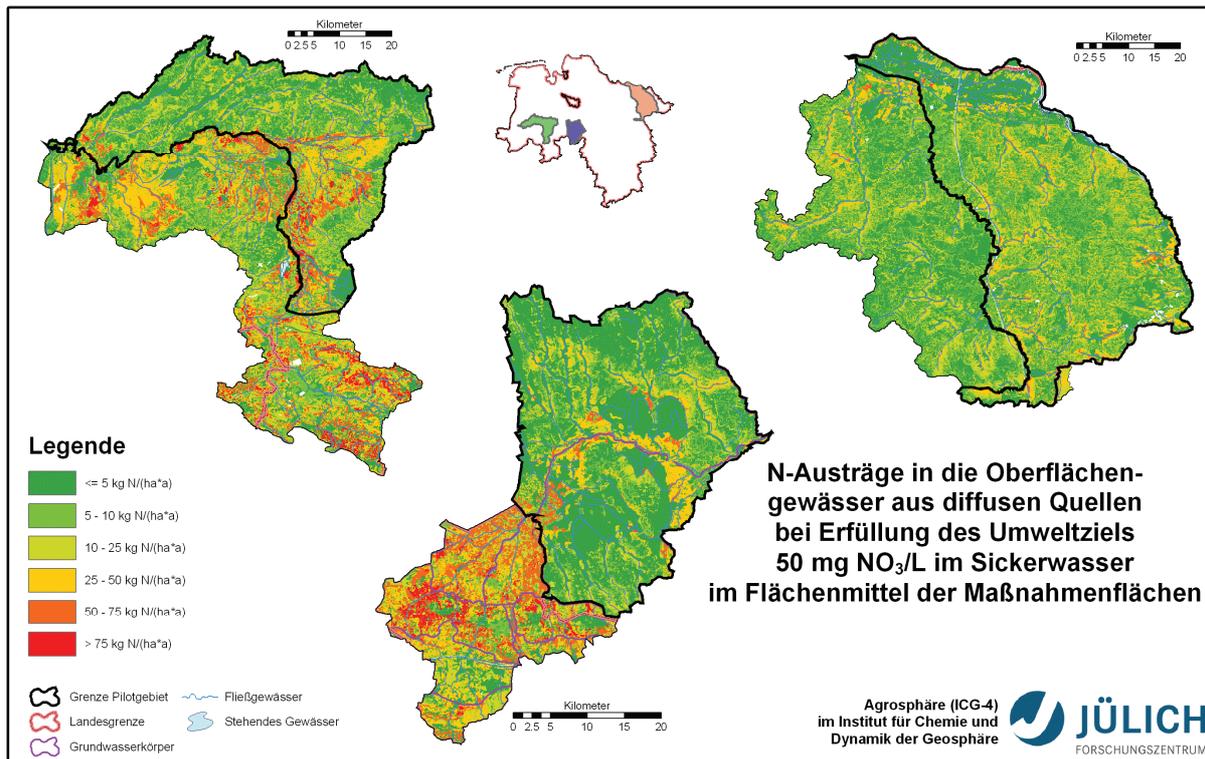
Karte 31: N-Austräge in die Oberflächengewässer aus dem (natürlichen) Zwischenabfluss bei Erfüllung des Umweltziels von 50 mg NO<sub>3</sub>/L im Sickerwasser im Flächenmittel für die Maßnahmenflächen „Grundwasserschutz“.



Karte 32: N-Einträge in das Grundwasser bei Erfüllung des Umweltziels von 50 mg NO<sub>3</sub>/L im Sickerwasser im Flächenmittel für die Maßnahmenflächen „Grundwasserschutz“.



Karte 33: Grundwasserbürtige N-Einträge in die Oberflächengewässer bei Erfüllung des Umweltziels von 50 mg NO<sub>3</sub>/L im Sickerwasser im Flächenmittel für die Maßnahmenflächen „Grundwasserschutz“.



Karte 34: Diffuse N-Einträge in die Oberflächengewässer bei Erfüllung des Umweltziels von 50 mg NO<sub>3</sub>/L im Sickerwasser im Flächenmittel für die Maßnahmenflächen „Grundwasserschutz“.

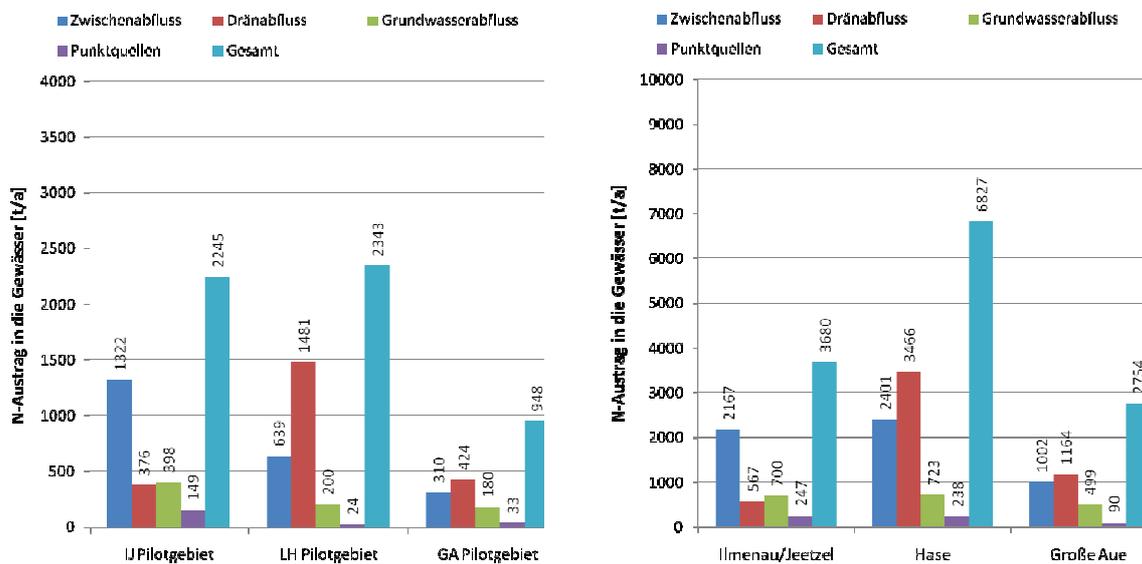


Abbildung 13: N-Einträge in die Oberflächengewässer bei Erfüllung des Umweltziels von 50 mg NO<sub>3</sub>/L im Sickerwasser im Flächenmittel der Maßnahmenflächen „Grundwasserschutz“, aufgeschlüsselt nach Eintragspfaden für die gesamten Modellgebiete (linke Abbildung) bzw. die Pilotgebiete (rechte Abbildung).

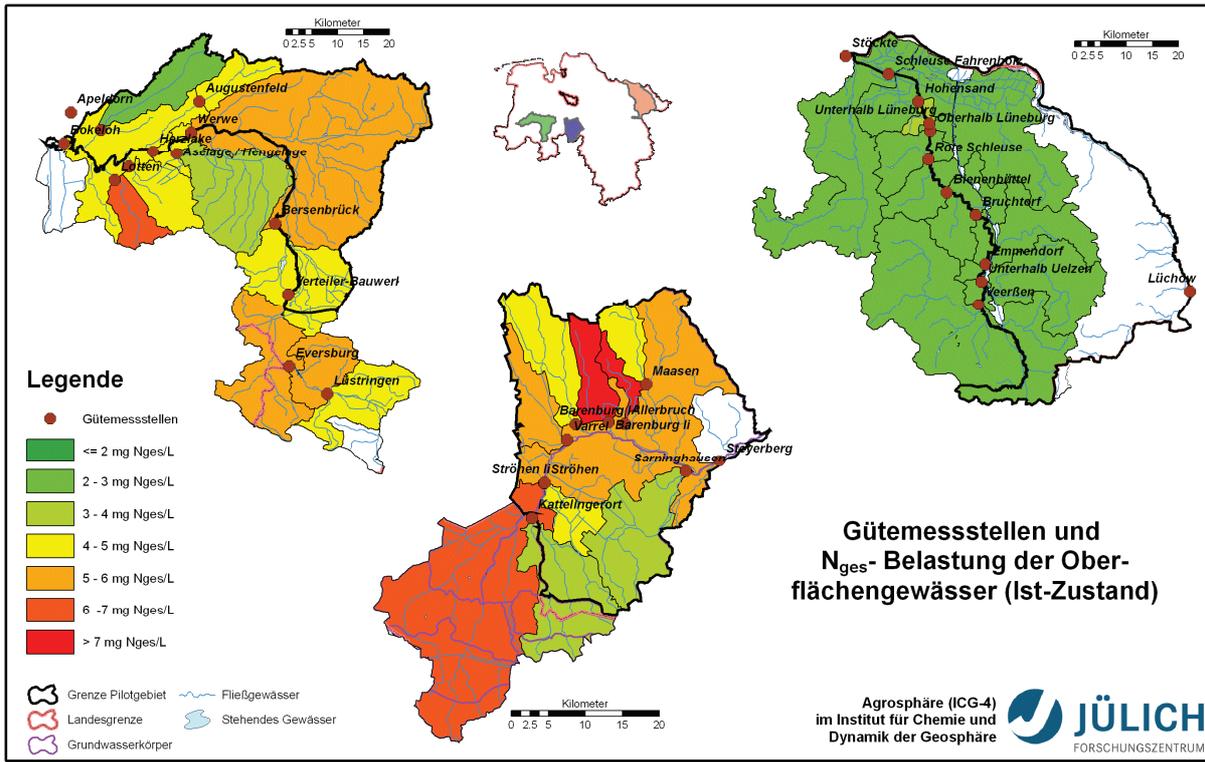
Aus Abbildung 13 wird deutlich, dass die Realisierung des Umweltziels neben der damit angestrebten Verringerung der N-Einträge in das Grundwasser auch zu einer Reduzierung der Gesamtfrachten in die Gewässer führen würde. Für die Pilotgebiete betrifft dies allerdings nur die Große Aue und Lager Hase mit einem Minderungspotenzial von 30 bzw. 35 %, entsprechend einer Frachtreduzierung um etwa 520 t/a (Große Aue) und 1000 t/a (Hase). Da im Pilotgebiet Ilmenau/Jeetzel keine Maßnahmenflächen liegen, werden dort auch keine Minderungen erzielt. Für die Modellgebiete ergeben sich zwar geringere relative Minderungspotenziale zwischen 8 % (Ilmenau) und 15 % (Hase), der absolute Umfang ist mit Werten zwischen 350 t/a (Ilmenau/Jeetzel) und 1310 t/a (Hase) deutlich höher als für die Pilotgebiete. Prozentual gesehen würde die größte Reduktion der N-Frachten (40-50 % in den Pilotgebieten bzw. 25-28 % in den Modellgebieten) für den Grundwasserabfluss auftreten. Dies ist allerdings auch zu erwarten, da sich die Minderungsmaßnahmen auf die Regionen konzentrieren, die hohe Sensitivität für Einträge in das Grundwasser haben. Die absolute Frachtminderung der grundwasserbürtigen N-Einträge in die Gewässer ist allerdings aufgrund des effektiven Nitratabbaus im Aquifer mit etwa 200 t/a in den Pilotgebieten relativ gering.

Mit einem Minderungsumfang von 820 t/a (Lager Hase) bzw. 330 t/a (Große Aue) wirkt sich das untersuchte Minderungsszenario von den absoluten Mengen her überwiegend auf die N-Einträge in die Oberflächengewässer aus dem Direktabflusskomponenten aus, die gegenüber dem Ist-Zustand jeweils um etwa 30 % verringert werden würden. Sowohl N-Einträge aus dem Drän- als auch aus dem natürlichen Zwischenabfluss würden deutlich reduziert.

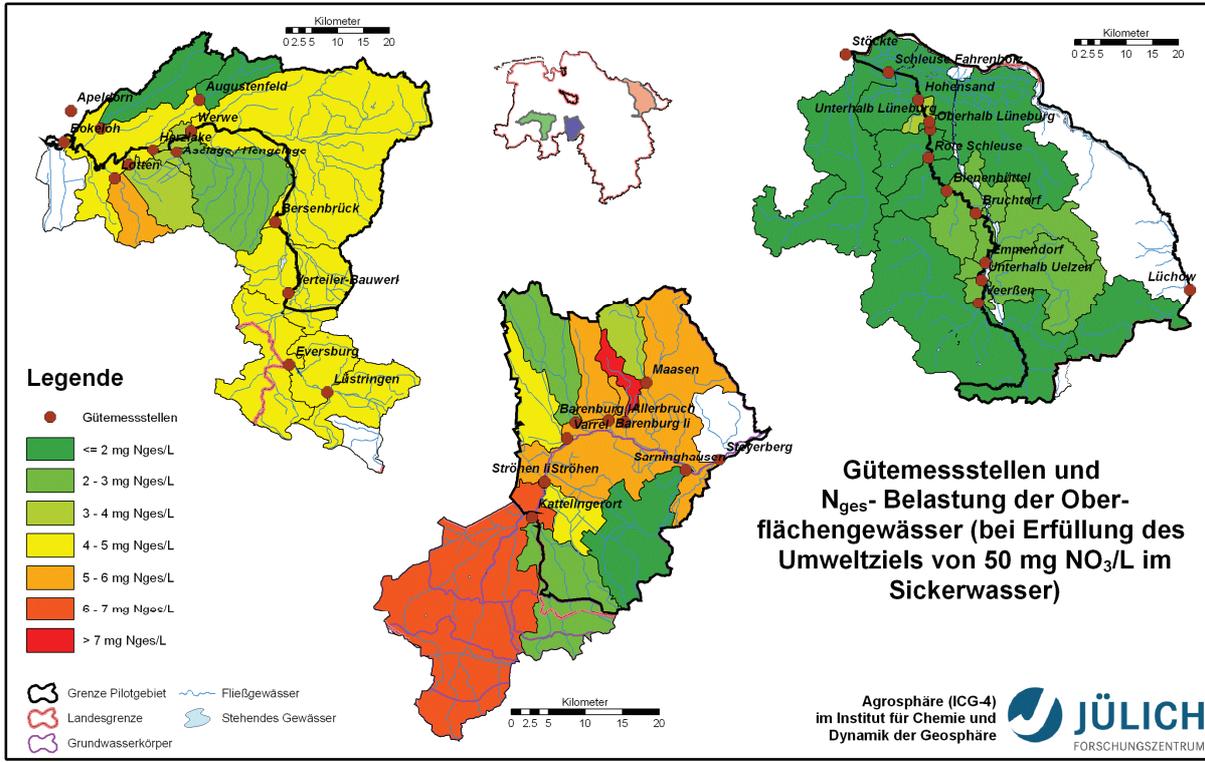
## **7.2 Potenzielle Auswirkungen von N-Minderungsmaßnahmen auf die Gewässerqualität**

Neben der Modellierung der N-Frachten über die einzelnen Austragspfade wurde auch eine Analyse der  $N_{ges}$ -Konzentrationen im Gewässer durchgeführt. Während die pfadbezogenen Frachten aus diffusen Quellen flächendifferenziert, d.h. in diesem Fall für diskrete 50x50 m<sup>2</sup> Rasterzellen berechnet werden konnten, ist die Betrachtung von Stoffkonzentrationen im Gewässer immer auf die Summe bzw. den Mittelwert über das gesamte zugehörige (Teil-) Einzugsgebiet bezogen. Die Untersuchungsgebiete des WAgriCo und WAgriCo2-Vorhabens sind jedoch nicht auf Einzugsgebiete, sondern auf Grundwasserkörper bezogen. So ist das Pilotgebiet Große Aue der Unterlauf der Großen Aue, während die Pilotgebiete Lager Hase und Ilmenau/Jeetzel durch die Teilflächen der hydrologischen Einzugsgebiete gebildet werden, die „rechts“, d.h. nordöstlich vom Hauptvorfluter liegen, so dass der Gewässerlauf eine Pilotgebietsgrenze bildet.

Um Stoffkonzentrationen im Gewässer ableiten zu können, müssen die gesamten hydrologischen Einzugsgebiete betrachtet werden, was auch der Grund für die in diesem Vorhaben vorgenommene Erweiterung des Modellgebietes war. Als Konsequenz dieser Tatsache sind die Auswirkungen von Agrarumweltmaßnahmen in einem Pilotgebiet immer an die aktuelle Situation im Rest des Einzugsgebietes gekoppelt, in dem gegebenenfalls aber keine Maßnahmen erfolgen, so z.B. in der Großen Aue.



Karte 35: Gütemessstellen und aktuelle Stickstoff-Belastung der Oberflächengewässer. Die Konzentration an einer Messstelle ist jeweils im gesamten Teilgebiet dargestellt



Karte 36: Gütemessstellen und projizierte  $N_{ges}$ -Konzentrationen an den betrachteten Messstellen bei Erfüllung des Umweltziels von 50 mg  $NO_3/L$  im Sickerwasser im Flächenmittel für die Maßnahmenflächen „Grundwasserschutz“ (unten). Die Konzentration an einer Messstelle ist jeweils im gesamten Teilgebiet dargestellt.

Zur Beurteilung des Ist-Zustands der Oberflächengewässerqualität in den Modellierungsgebieten müssen in einem ersten Schritt die zu betrachtenden Teilgebiete festgelegt werden. Hierbei kommen zunächst die gesamten Modellgebiete in Frage, deren Zustand üblicherweise auch durch nahe an der Flussmündung befindliche Messstellen überwacht wird. Aufgrund der Größe der hier betrachteten Modellgebiete würde der ausschließliche Bezug auf ein Gesamtgebiet zu sehr stark generalisierten Ergebnissen führen, da jeweils nur ein einziger Mittelwert das Gebiet repräsentieren würde. Die Auswirkungen von Minderungsmaßnahmen auf Belastungsschwerpunkte könnten auf diese Weise nicht abgebildet werden.

Auf der anderen Seite fließen die bekannten Belastungsschwerpunkte in die bestehenden Monitoringprogramme von Oberflächengewässern ein. So steht in den Modellgebieten eine Reihe von Gütemessstellen zur Verfügung, für die aus unterschiedlichen Gründen Stoffkonzentrationen über einen längeren Zeitraum und mit signifikanter Messfrequenz erfasst werden. Auch wenn die meisten dieser Messstellen aufgrund fehlender Abflusswerte nicht für die Validierung der Modellergebnisse verwendet werden konnten, können sie für das Wirkungsmonitoring von Agrarumweltmaßnahmen eingesetzt werden und bieten sich zur Diskretisierung der betrachtenden Teilgebiete an.

Für die drei Modellgebiete lagen Daten von insgesamt 35 Gütemessstellen mit jeweils mindestens 40  $N_{\text{ges}}$ -Beobachtungen ab dem 1.11.1995 und einer mindestens monatlichen Probenahmefrequenz vor. Hierzu zählen auch die 12 zur Validierung verwendeten Messstellen (siehe Kapitel 6.2). In Karte 35 sind die Gütemessstellen und die mittleren  $N_{\text{ges}}$ -Konzentrationen für den Ist-Zustand in den zugehörigen Teileinzugsgebieten dargestellt. Für die Ilmenau werden generell relativ geringe mittlere Konzentrationen zwischen 2 und 3 mg N/L beobachtet. Für die Große Aue und die Hase sind die Konzentrationen deutlich höher und umfassen auch einen größeren Wertebereich. Hier liegen meist Konzentrationen oberhalb von 4 mg N/L, zum Teil von 7 mg N/L und mehr vor.

Die modellierten N-Konzentrationen im Gewässer errechnen sich nach Gl. 1 aus den  $N_{\text{ges}}$ -Einträgen aus diffusen Quellen nach Erfüllung des Minderungsbedarfs, den (konstant gehaltenen) Punktquellen, der Berücksichtigung der Retention im Gewässer (Behrendt *et al.*, 1999) und den berechneten mittleren Gesamtabflüssen an der Messstelle, jeweils integriert über das der Messstelle zugehörige Teileinzugsgebiet. Die Auswirkungen des Minderungsszenarios „Erfüllung des Umweltziels von 50 mg  $\text{NO}_3/\text{L}$  im Sickerwasser im Flächenmittel für die Maßnahmenflächen Grundwasserschutz“ auf die projizierten Gewässerkonzentrationen an den 35 betrachteten Gütemessstellen sind in Karte 36 dargestellt, wobei die Konzentrationen an den Messstellen im jeweiligen Teilgebiet dargestellt sind.

Als Ergebnis erhält man projizierte N-Konzentrationen an den Messstellen, die zwischen 0 und 2,6 mg N/L unter den aktuellen Werten liegen. Die räumliche Verteilung ist in Karte 36 dargestellt. Die Reduzierung der Werte hängt in hohem Maße vom Anteil der Maßnahmenflächen „Grundwasserschutz“ und dem Minderungsumfang im jeweiligen Teilgebiet ab. Für die Gebietsauslässe von Hase (Bokeloh) und Großer Aue (Steyerberg) errechnen sich potenzielle Reduzierungen der  $N_{\text{ges}}$ -Konzentrationen im Gewässer von 0,9 mg N/L; für die Ilmenau (Stöckte) ergibt sich eine Reduzierung um 0,3 mg N/L. Damit würde die Umsetzung dieses Minderungsszenarios zu einer deutlichen Reduzierung der N-Belastung und der N-

Konzentration der Oberflächengewässer führen, auch ohne direkt oberflächengewässerorientierte Minderungsmaßnahmen durchzuführen.

Um die aktuellen und projizierten Gewässerkonzentrationen bewerten zu können, muss ein Referenzwert bzw. ein Umweltziel vorhanden sein. Für das Grundwasser existiert ein Schwellenwert für Nitrat, der als Referenzwert verwendet werden kann. Die Bewertung des Zustandes von Oberflächengewässern erfolgt jedoch überwiegend auf der Basis biotischer Parameter. Legislativ definierte Schwellenwerte für Stickstoffverbindungen sind nicht verfügbar. Daher ist es schwierig, ein allgemein akzeptiertes Umweltziel für N-Gehalte im Oberflächengewässer zu definieren. Aufgrund des Fehlens akzeptierter Referenzwerte wurden im WAgriCo- und WAgriCo2-Vorhaben keine verbindlichen Umweltziele hinsichtlich der Nitratbelastung der Oberflächengewässer festgelegt. Es wurde vielmehr vereinbart, bei der Bewertung der Stickstoffbelastung der Oberflächengewässer Bezug zur Gewässergüteklassifizierung der LAWA (LAWA, 1998) zu nehmen und als Orientierungswert die Güteklasse II, d.h.  $N_{ges}$ -Konzentrationen im Gewässer von weniger als 3 mg /L festzulegen (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: Konzentrationsbereiche für Stickstoff und Gewässergüteklassifizierung nach LAWA (LAWA, 1998).

Güteklasse	$NH_4-N$ [mg/L]	$NO_2-N$ [mg/L]	$NO_3-N$ [mg/L]	$N_{ges}$ [mg/L]
I	$\leq 0.04$	$\leq 0.01$	$\leq 1$	$\leq 1$
I-II	0.04 – 0.1	0.01 – 0.05	1 – 1.5	1 – 1.5
II	0.1 – 0.3	0.05 – 0.1	1.5 – 2.5	1.5 – 3
II-III	0.3 – 0.6	0.1 – 0.2	2.5 – 5	3 – 6
III	0.6 – 1.2	0.2 – 0.4	5 – 10	6 – 12
III-IV	1.2 – 2.4	0.4 – 0.8	10 – 20	12 – 24
IV	$>2.4$	$>0.8$	$>20$	$>24$

Betrachtet man die aktuellen  $N_{ges}$ -Konzentrationen in den Gewässern (Karte 35), so muss man auf Basis der zur Verfügung stehenden Daten feststellen, dass ein Orientierungswert von höchstens 3 mg N/L nur für die Ilmenau und zwei Messstellen in der Hase (Apeldorn und Westerlohnmühlen), insgesamt 13 Messstellen, erfüllt wäre. Alle anderen Messstellen zeigen höhere, z.T. deutlich höhere Konzentrationen. Die Realisierung des Minderungsszenarios (Karte 36) würde zwar, wie bereits beschrieben, zu einer Reduzierung der N-Konzentrationen in den Gewässern führen, doch nur für 18 Messstellen könnte die Güteklasse II erreicht werden. Es ist also trotz dieses sehr umfassenden Minderungsumfangs nicht möglich, flächendeckend die Gewässergüteklasse II ( $N_{ges} < 3$  mg/L) zu erreichen.

## 8. Zusammenfassung und Diskussion

Aufbauend auf den Ergebnissen des WAgriCo-Projektes wurde in diesem Vorhaben eine räumlich und nach Austragspfaden differenzierte Quantifizierung der N-Einträge in die Oberflächengewässer der drei Modellgebiete Hase, Große Aue und Ilmenau/Jeetzel durchgeführt. Durch besondere Berücksichtigung der diffusen landwirtschaftlichen Quellen und durch eine Analyse der räumlichen Relevanz der betrachteten Eintragspfade wurden die N-Belastungsschwerpunkte identifiziert und wichtige Ansatzpunkte für die Entwicklung und Effizienzbewertung von Agrarumweltmaßnahmen gegeben. Das für die Abschätzung der Nährstoffbelastung eingesetzte integrative Modellinstrumentarium (GROWA-WEKU-DENUZ) war in der Lage, durch eine Kombination von Ansätzen zur Quantifizierung der Einträge aus punktförmigen und diffusen Quellen die komplexen hydrologischen und hydrogeologischen Wechselwirkungen und Zusammenhänge simultan zu berücksichtigen. Auf diese Weise konnten vorrangig räumliche Belastungsschwerpunkte und damit prioritäre Bereiche für die Maßnahmendurchführung identifiziert werden.

Neben der Modellierung der N-Einträge in die Gewässer über die einzelnen Austragspfade wurde auch eine Analyse der  $N_{\text{ges}}$ -Konzentrationen im Gewässerlauf durchgeführt. Während die pfadbezogenen Frachten aus diffusen Quellen flächendifferenziert berechnet werden können, ist die Betrachtung von Stoffkonzentrationen im Gewässer immer auf die Summe bzw. den Mittelwert über das gesamte zugehörige (Teil-) Einzugsgebiet bezogen. Die Untersuchungsgebiete des WAgriCo und WAgriCo2-Vorhabens sind jedoch nicht auf Einzugsgebiete, sondern jeweils auf Grundwasserkörper bezogen. Es mussten daher zusätzliche Datengrundlagen aus Nordrhein-Westfalen (Wendland *et al.*, 2010) erfasst und in die vorhandenen Datengrundlagen aus Niedersachsen integriert werden.

- (1) *Mit der Wasserhaushaltsmodellierung wurden die räumliche Variabilität der hydrologischen Verhältnisse und die damit verbundene regional unterschiedliche Relevanz der einzelnen Abflusskomponenten für den Nitrateintrag abgebildet.*

Für eine nach den Abflusskomponenten natürlicher Zwischenabfluss, Dränabfluss und Grundwasserabfluss differenzierte Quantifizierung der diffusen Nährstoffeinträge in die Oberflächengewässer wurde das Wasserhaushaltsmodell GROWA für die klimatische Zeitperiode 1961-1990 eingesetzt. Das Ergebnis der Wasserhaushaltsmodellierung dokumentiert die räumliche Variabilität der hydrologischen Verhältnisse und die damit verbundene regional unterschiedliche Relevanz der einzelnen Abflusskomponenten für den Nährstoffeintrag in die Gewässer. In den grundwasserfernen Geestflächen entspricht die Grundwasserneubildungshöhe weitestgehend der Gesamtabflusshöhe, weil das in den Boden einsickernde Niederschlagswasser ungehindert dem Aquifer zufließen kann. In den grundwasser- und stau-nässebeeinflussten Bereichen der Pilotgebiete hingegen wird mehr als 60% des Sickerwassers über künstliche Entwässerungssysteme (Dränagen) abgeführt. Für die Festgesteinsgebiete in den Oberläufen von Hase und Großer Aue ergeben sich noch höhere Direktabflussanteile, hier jedoch bedingt durch den natürlichen Zwischenabfluss. Da dieser eine Funktion der natürlichen Standortbedingungen ist, sind die Eingriffsmöglichkeiten des Menschen, z.B. zur Erhöhung der Verweilzeiten und damit der Nitratabbauraten im Boden, gering.

- (2) *Die für den Stickstoffeintrag relevanten Nitratabbauraten im Boden weisen regional bedeutende Unterschiede auf.*

Das Ausmaß des Nitratabbaus im Boden wurde mit dem DENUZ-Modell über die Verweilzeit des Sickerwassers und das Nitratabbauvermögen im Boden bestimmt. Die Modellrechnungen zeigen, dass in Flussniederungen mehr als 60% der N-Einträge denitrifiziert werden können, weil dort hohe C-Gehalte im Boden mit einer Staunässe- bzw. Grundwasserbeeinflussung sowie einer langen Verweilzeit im Boden einhergehen. Bedingt durch geringe Aufenthaltszeiten des Sickerwassers im Boden und ungünstige Denitrifikationsbedingungen werden in den Gebieten mit sandig geprägten Böden in der Regel nicht mehr als 20% der N-Überschüsse im Boden denitrifiziert, so dass dort große Stickstoffmengen aus dem Boden ausgetragen werden können.

- (3) *In der Großen Aue und in Lager Hase ergeben sich großflächig oftmals hohe Nitratkonzentrationen im Sickerwasser von mehr als 80 mg NO<sub>3</sub>/L.*

Durch Kombination der berechneten N-Austräge aus dem Boden mit der Sickerwasserrate wurde die potenzielle Nitratkonzentration im Sickerwasser berechnet. Für die Hase und die Große Aue werden oft Nitratkonzentrationen von 100 mg NO<sub>3</sub>/L und mehr berechnet, was auf das Zusammenspiel hoher N-Überschüsse aufgrund der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung in diesen Gebieten und ungünstigen Denitrifikationsbedingungen zurückzuführen ist. Diese Gebiete stellen auch die Hauptquelle für die Grundwasserbelastung mit Nitrat dar. Für das Modellgebiet Ilmenau/Jeetzel sind die berechneten Nitratkonzentrationen im Sickerwasser generell niedriger, betragen aber auch dort im Mittel etwa 60 mg NO<sub>3</sub>/L. Im WAgriCo-Vorhaben wurde bereits nachgewiesen, dass die Nitratkonzentration im Sickerwasser einen geeigneten Referenzrahmen für die Quantifizierung der erforderlichen Reduktion der landwirtschaftlichen N-Überschüsse zur Gewährleistung einer Nitratkonzentration im Grundwasser (z.B. unterhalb des EG-Grenzwertes von 50 mg/L) darstellt.

- (4) *Haupteintragspfad für N in die Oberflächengewässer ist der natürliche Zwischenabfluss und die Dränagen*

Aus den Pilotgebieten werden zwischen etwa 1500 t N<sub>ges</sub>/a (Große Aue) und 3300 t N<sub>ges</sub>/a (Hase) in die Oberflächengewässer eingetragen. Der Hauptaustragspfad ist jeweils der Direktabfluss, grundwasserbürtige Austräge tragen lediglich mit einem relativ konstanten Wert um 380 t/a bei. Hier treten insbesondere die Festgesteinsregionen hervor, bei denen aufgrund der hohen Anteile des natürlichen Zwischenabflusses am Gesamtabfluss trotz moderater N-Überschüsse hohe N-Austräge in die Gewässer, die zum Teil 70 kg N·ha<sup>-1</sup>·a<sup>-1</sup> und mehr betragen können, vorliegen.

Die beiden Direktabflussanteile Dränabfluss und Zwischenabfluss haben in den drei Pilotgebieten unterschiedliche Bedeutung. In Ilmenau/Jeetzel gelangt mit 2246 t/a bzw. 4030 t/a für das Modellgebiet der überwiegende Anteil des Direktabflusses über den natürlichen Zwischenabfluss in die Gewässer. Dies entspricht einem flächenbezogenen Eintrag über den Zwischenabfluss von ca. 6,6 kg N·ha<sup>-1</sup>·a<sup>-1</sup> gegenüber ca. 9 kg N·ha<sup>-1</sup>·a<sup>-1</sup>, der über alle Direktabflussanteile eingetragen wird. In der Großen Aue sind die über die über künstliche Dränagen

und natürlichen Zwischenabfluss ausgetragenen N-Frachten etwa gleichgewichtet (ca.  $6 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ ), während in der Hase und im Pilotgebiet Lager Hase die N-Austräge über Dränagen (ca.  $13 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ ) deutlich überwiegen. Die Summe der N-Einträge aus kommunalen und industriellen Kläranlagen ist mit Werten von 24 t/a (Lager Hase), 33 t/a (Große Aue) und 149 t/a (Ilmenau/Jeetzel) vergleichsweise gering.

(5) *Aufgrund des hohen Denitrifikationsvermögens und der geringen Fließgeschwindigkeiten des Grundwassers in den Lockergesteinsaquifereen wird der größte Teil des in das Grundwasser eingetragenen Nitrat auf dem Weg zum Vorfluter abgebaut.*

Die N-Austräge aus dem Boden, die nicht über den Direktabfluss in die Oberflächengewässer gelangen, werden über die Grundwasserneubildung in das Grundwasser eingetragen und innerhalb des Aquifers zu einem Oberflächengewässer transportiert. Dabei kann es in Abhängigkeiten vom hydrochemischen Milieu des Grundwassers zu einem signifikanten Nitratabbau kommen. Dieser reaktive N-Transport im Grundwasser wurde mit dem WEKU-Modell in Abhängigkeit der Grundwasserverweilzeiten, der N-Einträge in den Aquifer und der Nitratabbaubedingungen im Aquifer flächendifferenziert modelliert. Dort, wo nitratabbauende Aquifere im Untergrund anstehen, wird der überwiegende Anteil des in das Grundwasser eingetragenen Nitrats auf dem Weg zum Vorfluter abgebaut, selbst wenn die betreffende Region als Belastungsschwerpunkt für den N-Eintrag ins Grundwasser anzusehen ist. Da in weiten Teilen der Modellgebiete Denitrifikation im Aquifer möglich ist, sind die grundwasserbürtige N-Einträge in allen drei Pilotgebieten mit ca. 400 t/a relativ gering, auch wenn die N-Einträge in das Grundwasser meist deutlich höher sind als die N-Frachten, die über die Direktabflusskomponenten in die Vorfluter gelangen.

(6) *Eine Validierung der Modellergebnisse anhand beobachteter Werte zeigte eine zufriedenstellende Übereinstimmung.*

Die Plausibilitätsprüfung erfolgte auf der Basis von 12 Gütemessstellen und den zugehörigen Teileinzugsgebieten von Hase, Großer Aue und Ilmenau. Verglichen wurden hierbei die berechneten und gemessenen N-Frachten, die Gesamtabflusshöhen und die mittleren  $N_{\text{ges}}$ -Konzentrationen in den Gewässern, wobei auch der Nährstoffrückhalt und -verlust in den Oberflächengewässern berücksichtigt wurde. Es ergab sich hierbei eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den berechneten und gemessenen Werten.

(7) *Die notwendigen Minderungsmaßnahmen zur Erreichung der Grundwasserziele führen zu deutlichen Reduktionen der N-Einträge in die Oberflächengewässer, insbesondere über die Direktabflusskomponenten*

Nach der Plausibilisierung der Ergebnisse zum Ist-Zustand wurde das Modellinstrumentarium dazu eingesetzt, die Auswirkungen von Agrarumweltmaßnahmen auf die Einträge in das Grundwasser und die Oberflächengewässer zu untersuchen. Als Basisszenario wurde hierbei das im WAgriCo-Vorhaben definierte Umweltziel einer mittleren langjährigen Nitratkonzentration im Sickerwasser von höchstens 50 mg/L als Mittelwert für die landesweit definierten Maßnahmenkulissen „Grundwasserschutz“ verwendet. Bei diesem Wert ist sichergestellt, dass der EU-Schwellenwert für Nitrat in allen Fällen eingehalten werden kann, d.h. auch bei

verbrauchter Denitrifikationskapazität und bei oxidierten Grundwässern ohne Denitrifikation. Unter der Prämisse einer konstanten mittleren Sickerwasserrate und einem konstanten Denitrifikationspotenzial im Boden wurde durch eine „Rückwärtsrechnung“ mit dem Modell der maximale N-Überschuss aus der Landwirtschaft berechnet, der ein Erreichen dieses Umweltziels sicherstellt.

Eine Umsetzung dieses Minderungsszenarios würde für die Pilotgebiete Lager Hase und Große Aue zu einer Reduzierung der Gesamtausträge in die Gewässer um 30 bzw. 35 %, entsprechend einer Frachtreduzierung um etwa 520 t/a (Große Aue) und 1000 t/a (Hase) führen. Da im Pilotgebiet Ilmenau/Jeetzel keine Maßnahmenflächen liegen, werden dort auch keine Minderungen erzielt. Für die Modellgebiete ergeben sich zwar geringere relative Minderungspotenziale zwischen 8 % (Ilmenau) und 15 % (Hase), der absolute Umfang ist mit Werten zwischen 350 t/a (Ilmenau/Jeetzel) und 1310 t/a (Hase) deutlich höher als für die Pilotgebiete. Prozentual gesehen würde die größte Reduktion der N-Frachten für den Grundwasserabfluss auftreten. Die absolute Frachtminderung der grundwasserbürtigen N-Einträge in die Gewässer ist allerdings aufgrund des effektiven Nitratabbaus im Aquifer mit etwa 200 t/a in den Pilotgebieten relativ gering. Mit einem Minderungsumfang von 820 t/a (Lager Hase) bzw. 330 t/a (Große Aue) wirkt sich das untersuchte Minderungsszenario überwiegend auf die N-Einträge in die Oberflächengewässer sowohl aus dem Dränabfluss als auch aus dem natürlichen Zwischenabfluss aus, die gegenüber dem Ist-Zustand um etwa 30 % verringert werden würden.

(8) *Auch wenn sich die Nährstoffkonzentrationen in den Gewässern deutlich verringern, reichen die Minderungsmaßnahmen zur Erreichung der Grundwasserziele nicht aus, um die Gewässergüte der Oberflächengewässer substantiell zu verbessern.*

Die  $N_{\text{ges}}$ -Konzentration in den Gewässern wurde für insgesamt 35 Gütemessstellen in den drei Modellgebieten untersucht. Aktuell werden für die Ilmenau relativ geringe mittlere Konzentrationen zwischen 2 und 3 mg N/L beobachtet. Für die Große Aue und die Hase sind die Konzentrationen deutlich höher und umfassen auch einen größeren Wertebereich. Hier liegen meist Konzentrationen oberhalb von 4 mg N/L, zum Teil von 7 mg N/L und mehr vor. Die Umsetzung des Minderungsszenarios würde für diese Messstellen zu  $N_{\text{ges}}$ -Konzentrationen führen, die in Abhängigkeit vom Anteil der Maßnahmenflächen „Grundwasserschutz“ und dem Minderungsumfang im jeweiligen Teilgebiet von bis zu 2,6 mg N/L unter den aktuellen Werten liegen. Für die Gebietsauslässe von Hase (Bokeloh) und Großer Aue (Steyerberg) errechnen sich potenzielle Reduzierungen der  $N_{\text{ges}}$ -Konzentrationen im Gewässer von 0,9 mg N/L; für die Ilmenau (Stöckte) ergäbe sich eine Reduzierung um 0,3 mg N/L. Damit würde die Umsetzung dieses Minderungsszenarios zu einer deutlichen Reduzierung der N-Belastung und der N-Konzentration der Oberflächengewässer führen, auch ohne direkt oberflächengewässerorientierte Minderungsmaßnahmen durchzuführen. Der in diesem Vorhaben verabredete Orientierungswert für die  $N_{\text{ges}}$ -Konzentration im Gewässer von weniger als 3 mg /L (Güteklasse II) wird aktuell von 13 Messstellen, nach Umsetzung des Minderungsszenarios von 18 der 35 Messstellen erreicht. Trotz dieses sehr umfassenden Minderungsumfangs wäre es dadurch also nicht möglich, flächendeckend für die drei Modellgebiete die Gewässergüteklasse II zu erreichen.

Die Arbeiten im WAgriCo-Vorhaben haben gezeigt, dass zur Erreichung des Umweltziels „50 mg NO<sub>3</sub>/L im Sickerwasser“ ganz erhebliche Minderungen durch die Landwirtschaft erfolgen müssen, die zum Teil 50 kg N·ha<sup>-1</sup>·a<sup>-1</sup> übersteigen. Im Hinblick auf die zur Verfügung stehenden Fördermittel für Agrarumweltmaßnahmen und die Erhaltung landwirtschaftlicher Produktionsmöglichkeiten sind Minderungen in dieser Höhe kaum zu realisieren. Dies haben auch die vom vTI durchgeführten Szenariorechnungen gezeigt, die als Ergebnis für die hier untersuchten Modellgebiete eine realisierbare Minderung im Bereich von 10-15 kg N·ha<sup>-1</sup>·a<sup>-1</sup> vorhersagen. Damit könnten etwa 20-25 % des nach dem Umweltziel „Grundwasserschutz“ erforderlichen Minderungsbedarfs realisierbar sein. Für die N<sub>ges</sub>-Konzentrationen in den Gewässern der Modellgebiete würde man daher eine Reduktion um deutlich weniger als 1 mg N/L erwarten.

(9) *Für die Bewertung der Gewässergüte und die Identifizierung eines Maßnahmenbedarfs und von Maßnahmeneffekten ist zwingend ein Umweltziel erforderlich*

Um die Effekte von Maßnahmen auf die Oberflächengewässergüte bewerten zu können, ist es unbedingt notwendig, sich auf allgemein verbindliche Umweltziele für Oberflächengewässer im Hinblick auf die N-Belastung zu verständigen. Nur dadurch ist es möglich, den Umfang notwendiger Reduktionen abzuschätzen und entsprechende Maßnahmen effizient zu planen. Auf der Grundlage der hier erzielten Ergebnisse ist jedoch schon abzusehen, dass eine für eine signifikante Verbesserung der Gewässerqualität in den Modellgebieten, z.B. die Erreichung der Gewässergüteklasse II, ganz erhebliche zusätzliche Minderungen erforderlich sind. Diese würden weit über das schon sehr ambitionierte Umweltziel „50 mg NO<sub>3</sub>/L im Sickerwasser“ hinausgehen und nur durch eine Erweiterung der Maßnahmenflächen, z.B. durch Berücksichtigung von Flächen, die sensitiv für N-Austräge über den Direktabfluss sind, erreicht werden können.

(10) *Ein Monitoring der Oberflächengewässergüte sollte vor allem für die Teileinzugsgebiete erfolgen, von denen eine hohes aktuelles Gefährdungspotentials ausgeht.*

Zur Qualitätsbeurteilung und der Entwicklung von Strategien zur Verbesserung des Zustandes der Oberflächengewässer müssen innerhalb der Modell- oder Pilotgebiete Teilgebiete festgelegt werden, in denen die Effekte von Managementmaßnahmen überprüft werden können. Die Auswahl dieser Teilgebiete hängt ganz entscheidend vom Umweltziel ab. Dort wo das Ziel als gefährdet erscheint oder nicht erreicht wird, ist die Einrichtung von Messstellen sinnvoll. Eine Verständigung auf N-Qualitätsziele für die Oberflächengewässer ist demnach auch für den Auf- bzw. Ausbau von Monitoringmessnetzen für die Oberflächengewässer unbedingte Voraussetzung.

(11) *Eine integrierte Erfassung von Stoffkonzentrationen und Abflussmengen ist eine erste und allgemein gültige Anforderung an ein effizientes Monitoringmessnetz.*

Zustand und Maßnahmeneffekte sollten in Oberflächengewässern vorzugsweise an Messstellen überwacht werden, die sich in der Nähe des jeweiligen Gebietsauslasses befinden, so dass flächenintegrierte Aussagen zu dem betrachteten Teil- bzw. Gesamteinzugsgebiet eines Flusssystemes möglich sind. Die Messstellen sollten über einen hinreichend langen

Zeitraum und mit signifikanter Messfrequenz Stoffkonzentrationen und Abflusswerte liefern. Diese sind eine unumgängliche Voraussetzung dafür, die im Gewässer transportierten Frachten berechnen und qualifiziert mit den Ergebnissen von Modellen vergleichen zu können. Oftmals werden an vielen Teilgebietsmessstellen nur Konzentrationen erhoben, so dass eine belastbare Verknüpfung gemessener und modellierter Frachten bzw. Konzentrationen problematisch ist. Im WAgriCo2-Projekt zeigte sich, dass simultan gemessene Konzentrationen und Abflussmengen nur 12 Messstellen von 35 Messstellen vorlagen.

(12) *Das integrierte Monitoring kann so aufgebaut werden, dass gezielt Teileinzugsgebiete ausdifferenziert und beprobt werden, die als prototypisch für einen Austragspfad angesehen werden können. Die hierfür erforderlichen Informationen wurden im WAgriCo2-Projekt durch das Emissionsmodell gewonnen.*

Das Emissionsmodell (GROWA-DENUZ-WEKU) differenziert die N-Einträge in die Gewässer nach den Haupteintragspfaden Oberflächenabfluss, Zwischenabfluss, Dränabfluss und Grundwasserabfluss. Darüber hinaus werden auch die punktförmigen N-Einträge aus Kläranlagen und urbanen Regionen berücksichtigt. Dadurch ist es möglich, innerhalb eines Gesamteinzugsgebietes die Teileinzugsgebiete zu identifizieren, die als prototypisch für einen bestimmten Eintragspfad angesehen werden können. Dort kann dann gezielt die Effizienz einer Reduktionsmaßnahme auf die N-Einträge über die verschiedenen Eintragspfade überprüft werden.

(13) *Eine gezielte Weiterführung des im WAGRICO2-Vorhabens gestarteten Beprobungsprogramms von Drainageflächen bzw. dessen gezielten Ausbaus, ist angeraten. Der Aufbau eines vergleichbaren Programms für landwirtschaftlich genutzte Flächen, die durch natürlichen Interflow dominiert sind, wird empfohlen.*

Die Felduntersuchungen des LBEG im WAgriCo2-Projekt haben gezeigt, dass dem Eintrag in die Oberflächengewässer über den Direktabfluss, d.h. konkret über Drainagesysteme und den natürlichen Interflow, eine hohe Bedeutung zukommt. Die räumliche Repräsentanz der Messstellen bzw. die Messfrequenz der Beprobungen erlaubte bislang lediglich eine Abschätzung der diesbezüglich in die Vorfluter eingetragenen Stoffe. Die Vorhersagegüte kann durch eine Erweiterung der Probennahmeprogramme deutlich gesteigert werden

## 9. Literatur

- ATV-DVWK (2002): *Verdunstung in Bezug zu Landnutzung, Bewuchs und Boden*. ATV-DVWK-Regelwerk, Merkblatt, M 504. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, Germany, 144 pp.
- Behrendt, H.; P. Huber; D. Opitz; O. Schmoll; G. Scholz & R. Uebe (1999): Nährstoffbilanzierung der Flußgebiete Deutschlands. UBA-Texte, 296 25 515 UBA-FB 99-087, 386 pp, Umweltbundesamt, Berlin, Germany.
- BfG (1997): *Vergleich von Schätzmethode für jährliche Stofffrachten am Beispiel des IKSR-Meßprogrammes 1995*. Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.), Koblenz, Germany.
- Bogena, H.; R. Kunkel; T. Schöbel; H. P. Schrey & F. Wendland (2003): *Die Grundwasserneubildung in Nordrhein-Westfalen*. Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt/Environment, Vol 37. Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, Germany.
- Böttcher, J.; O. Strebel & W. H. M. Duynisveld (1985): Vertikale Stoffkonzentrationsprofile im Grundwasser eines Lockergesteinsaquifers und deren Interpretation (Beispiel Fuhrberger Feld). *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 136, 543-552.
- Böttcher, J.; O. Strebel & W. H. M. Duynisveld (1989): Kinetik und Modellierung gekoppelter Stoffumsetzungen im Grundwasser eines Lockergesteinsaquifers. *Geologisches Jahrbuch*, C 51, 3-40.
- Dörhöfer, G.; R. Kunkel; B. Tetzlaff & F. Wendland (2001): Der natürliche Grundwasserhaushalt von Niedersachsen. In *Aufbruch nach Europa: Hydrogeologie vor neuen Aufgaben*, Arbeitshefte Wasser, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover, Germany, pp. 109-167.
- DVWK (1996): *Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen*. Merkblätter zur Wasserwirtschaft. Wirtschafts- und Verlags-Gesellschaft Gas Wasser, Bonn, Germany.
- DWA (2008): *Dränung: Nährstoffausträge, Flächenerfassung und Management*. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, Germany.
- Eisele, M.; R. Kunkel & T. Schmidt (2008): Modellierung des diffusen Nitrateintrags in das Grundwasser für Niedersachsen. *Wasser und Abfall*, 10/2008, 20-25.
- Heitfeld, K.-H.; L. Krapp & I. Stolidis (1980): Hydrogeologische Grundrisskarten in Festgesteinsbereichen. *Mitteilungen zur Ingenieurgeologie und Hydrogeologie*, 4, 45-66.
- Hellmann, H. (1986): Zum Problem der Frachtberechnung in Fließgewässern. *Zeitschrift für Wasser-Abwasser-Forschung*, 133-139.
- Hennings, V. (Ed.) (2000): *Methodendokumentation Bodenkunde: Auswertungsmethoden zur Beurteilung der Empfindlichkeit und Belastbarkeit von Böden*, Geologisches Jahrbuch, Reihe G, Heft SG 1, Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Hannover, Germany.
- Hoffmann, A. (1991): Veränderung des Nitratabbauvermögens tieferer Bodenschichten durch Stickstoffübersorgung, Umweltbundesamt, Berlin, Germany.
- Jordan, H. & H.-J. Weder (Eds.) (1995): *Hydrogeologie - Grundlagen und Methoden: Regionale Hydrogeologie*, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, Germany.
- Kille, K. (1970): Das Verfahren MoMnQ, ein Beitrag zur Berechnung der mittleren langjährigen Grundwasserneubildung mit Hilfe der monatlichen Niedrigwasserabflüsse. *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften (Sonderband)*, 89-95.
- Klopp, R. (1986): Über die Ermittlung von Frachten in Fließgewässern. *Vom Wasser*, 66, 149-158.

- Köhne, C. H. & F. Wendland (1992): Modellgestützte Berechnung des mikrobiellen Nitratabbaus im Boden, Internal Report, KFA-STE IB 1/92, Forschungszentrum Jülich GmbH, Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung, Jülich, Germany.
- Kölle, W.; P. Werner; O. Strebel & J. Böttcher (1983): Denitrifikation in einem reduzierenden Grundwasserleiter. *Vom Wasser*, 61, 125-147.
- Kölle, W. (1984): Auswirkungen von Nitrat in einem reduzierenden Aquifer. In *Wasser*, DVGW-Schriftenreihe Wasser, pp. 156-167.
- Kölle, W. (1990): Nitratelimination im Aquifer: Reaktionspartner und Mechanismen. In *Grundwasserbeschaffenheit in Niedersachsen: diffuser Nitratintrag, Fallstudien*, edited by W. Walther, Schriftenreihe, Technische Universität Braunschweig, Braunschweig, Germany, pp. 109-127.
- Korom, S. F. (1992): Natural denitrification in the saturated zone: a review. *Water Resources Research*, 28 (6), 1657-1668.
- Kreins, P.; H. Behrendt; H. Gömann; U. Hirt; R. Kunkel; K. Seidel; B. Tetzlaff & F. Wendland (2009): Analyse von Agrar- und Umweltmaßnahmen im Bereich des landwirtschaftlichen Gewässerschutzes vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie in der Flussgebietseinheit Weser. Endbericht zum Forschungsprojekt AGRUM Weser, Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Institut für Ländliche Räume, Braunschweig; Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) im Forschungsverbund Berlin e.V.; Forschungszentrum Jülich (FZJ), Institut für Chemie und Dynamik der Geosphäre - Agrosphäre (ICG-4), Jülich, Braunschweig, Berlin, Jülich.
- Kunkel, R. (1994): Stochastische Modellierung der Nitratbelastung und der Verweilzeiten in den Grundwässern der Bundesrepublik Deutschland, Internal Report, FZJ-STE-IB 4/94, Forschungszentrum Jülich GmbH, Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung, Jülich, Germany.
- Kunkel, R. & F. Wendland (1997): WEKU - A GIS-supported stochastic model of groundwater residence times in upper aquifers for the supraregional groundwater management. *Environmental Geology*, 30 (1-2), 1-9.
- Kunkel, R. & F. Wendland (1999): *Das Weg-/Zeitverhalten des grundwasserbürtigen Abflusses im Elbeeinzugsgebiet*. Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt/Environment, Vol 19. Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, Germany.
- Kunkel, R.; F. Wendland & H. Albert (1999): Zum Nitratabbau in den grundwasserführenden Gesteinsschichten des Elbeeinzugsgebietes. *Wasser und Boden*, 51 (9), 16-19.
- Kunkel, R. & F. Wendland (2002): The GROWA98 model for water balance analysis in large river basins - the river Elbe case study. *Journal of Hydrology*, 259 (1-4), 152-162.
- Kunkel, R.; M. Bach; H. Behrendt & F. Wendland (2004a): Groundwater-borne nitrate intakes into surface waters in Germany. *Water Science and Technology*, 49 (3), 11-19.
- Kunkel, R.; H. J. Voigt; F. Wendland & S. Hannappel (2004b): *Die natürliche, ubiquitär überprägte Grundwasserbeschaffenheit in Deutschland*. Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt/Environment. Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, Germany.
- Kunkel, R.; H. Bogen; H. Gömann; P. Kreins & F. Wendland (2005): Management of regional German river catchments (REGFLUD). Impact of nitrogen reduction measures on the nitrogen load in the River Ems and the River Rhine. *Water Science and Technology*, 51 (3-4), 291-299.
- Kunkel, R. & F. Wendland (2006): *Diffuse Nitratinträge in die Grund- und Oberflächengewässer von Rhein und Ems*. Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt/Environment, Vol 62. Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, Germany.

- Kunkel, R.; M. Eisele; W. Schäfer; B. Tetzlaff & F. Wendland (2008a): Planning and implementation of nitrogen reduction measures in catchment areas based on a determination and ranking of target areas. *Desalination*, 226, 1-12.
- Kunkel, R.; M. Eisele & F. Wendland (2008b): Analyse und Bewertung von Strategien zur Reduzierung der diffusen Nitratbelastung des Grundwassers: Bedarf und Effektivität landwirtschaftlicher Umweltmaßnahmen für ausgewählte Grundwasserkörper in Niedersachsen. In *Hochwasser, Wassermangel, Gewässerverschmutzung - Problemlösung mit modernen hydrologischen Methoden. Beiträge zum Tag der Hydrologie 2008, 27./28. März 2008 an der Leibniz Universität Hannover*, edited by U. Haberlandt, B. Riemeier, M. Billip, H. R. Verworn & H. B. Kleeberg, Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, University Hannover, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau, Hannover, Germany, pp. 220-228.
- Kunkel, R.; M. Eisele & F. Wendland (2008c): Assessing necessary nutrient reduction for measurement planning in groundwater bodies. *Water Science and Technology*, 58 (12), 2295-2302.
- LAWA (1998): *Beurteilung der Wasserbeschaffenheit von Fließgewässern in der Bundesrepublik Deutschland: Chemische Gewässergüteklassifikation*. 1st edition. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.) Berlin, Germany.
- LAWA (2003): *Ermittlung von Stoff-Frachten in Fließgewässern - Probenahmestrategien und Berechnungsverfahren*. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.) Berlin, Germany, 62 pp.
- Müller, U. & F. Raissi (2002): *Arbeitshilfe für bodenkundliche Stellungnahmen und Gutachten im Rahmen der Grundwassernutzung*. Arbeitshefte Boden. Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover, Germany.
- Müller, U. (2004): *Auswertungsmethoden im Bodenschutz: Dokumentation zur Methodendbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS)*. 7. Auflage edition. Arbeitshefte Boden, Vol 2004/2. Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover, Germany.
- Obermann, P. (1981): Hydrochemische/hydromechanische Untersuchungen zum Stoffgehalt von Grundwasser bei landwirtschaftlicher Nutzung. *Besondere Mitteilungen zum Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch*, 42, 1-217.
- Ortseifen, U. & B. Scheffer (1996): Abschätzung der Stoffausträge in die Gewässer in Abhängigkeit von Bodeneigenschaften und Nutzung der Böden, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover, Germany.
- OSPAR Commission (1998): Principles of the comprehensive study on riverine inputs and direct discharges (RID), 16 pp, OSPAR Commission.
- Rohmann, U. & H. Sontheimer (1985): *Nitrat im Grundwasser: Ursachen, Bedeutung, Lösungswege*. DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut der Universität Karlsruhe (TH), Karlsruhe, Germany.
- Schäfer, W. (2009): Dränwasseruntersuchungen. Oral presentation at AK Sitzung Lager Hase, Holdorf, Germany, 15.12.2009.
- Schreiber, W. & I. Krauss-Kalweit (1999): Frachten von Wasserinhaltsstoffen in Fließgewässern - Einfluss der Probenahmestrategie auf die Ermittlung. *Wasserwirtschaft*, 89 (10), 520-529.
- Schulte-Kellinghaus, S. (1987): Über die Denitrifikation in der ungesättigten Zone mächtiger Lössen und grundwassernaher Standorte. PhD thesis, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn, Germany.
- Symader, W. (1988): Zur Problematik der Frachtermittlung. *Vom Wasser*, 71, 145-161.

- Tetzlaff, B.; R. Kunkel; R. Taugs; G. Dörhöfer & F. Wendland (2004): *Grundlagen für eine nachhaltige Bewirtschaftung von Grundwasserressourcen in der Metropolregion Hamburg*. Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt/Environment. Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, Germany.
- Tetzlaff, B. (2006): *Die Phosphatbelastung großer Flusseinzugsgebiete aus diffusen und punktuellen Quellen*. Reihe Umwelt/Environment, Vol 65. Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, Germany.
- Tetzlaff, B.; P. Kuhr & F. Wendland (2008): Ein neues Verfahren zur differenzierten Ableitung von Dränflächenkarten für den mittleren Maßstabsbereich auf Basis von Luftbildern und Geodaten. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, 52 (1), 9-18.
- US Soil Conservation Service (1972): *National Engineering Handbook: Chapter 4: Hydrology*. 2nd Reprint edition. U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., USA.
- van Beek, C. G. E. M. (1987): Landbouw en Drinkwatervoorziening, orientierend Onderzoek naar de Beïnvloeding van de Grondwaterkwaliteit door Bemesting en het Gebruik van Bestrijdingsmiddelen, Onderzoek 1982-1987. Report 99, Keuringsinstituut voor Waterleidingsartikelen KIWA N.V., Nieuwegein, The Netherlands.
- Voss, G. (1985): Zur Nitratverlagerung in mächtigen Lössdecken des Vorgebirges bei Bonn. PhD thesis, 115 pp, University, Bonn, Germany.
- Walling, D. E. & B. W. Webb (1985): Estimating the Discharge of Contaminants to Coastal Waters: Some Cautionary Comments. *Marine Pollut. Bull.*, 16 (12), 488-492.
- Walther, W.; F. Reinstorf; F. Pätsch & D. Weller (2003): Management tools to minimize nitrogen emissions into groundwater in agricultural used catchment areas, northern low plain of Germany. Proceedings of the XXX IAHR Congress: Water engineering and research in a learning society, Thessaloniki, Greece, August 24 August 29, B, pp. 747-754.
- Wendland, F. (1992): *Die Nitratbelastung in den Grundwasserlandschaften „alten“ Bundesländer (BRD)*. Berichte aus der Ökologischen Forschung. Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, Germany.
- Wendland, F.; R. Kunkel & H. J. Voigt (2004): Assessment of groundwater residence times in the pore aquifers of the River Elbe Basin. *Environmental Geology*, 46 (1), 1-9.
- Wendland, F.; H. Bogen; H. Gömann; J. F. Hake; P. Kreins & R. Kunkel (2005): Impact of nitrogen reduction measures on the nitrogen loads of the river Ems and Rhine (Germany). *Physics and Chemistry of the Earth*, 30 (8-10), 527-541.
- Wendland, F.; P. Kreins; P. Kuhr; R. Kunkel; B. Tetzlaff & H. Vereecken (2010): Räumlich differenzierte Quantifizierung der N- und P-Einträge in Grund- und Oberflächenwasser in NRW unter besonderer Berücksichtigung diffuser landwirtschaftlicher Quellen, Project Report, Forschungszentrum Jülich, Institut für Chemie und Dynamik der Geosphäre (ICG - 4: Agrosphäre), 52425 Jülich; Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Institut für Ländliche Räume (LR), 38116 Braunschweig, Jülich, Braunschweig, Germany.
- Wendland, F.; H. Albert; M. Bach & R. Schmidt (Eds.) (1993): *Atlas zum Nitratstrom in der Bundesrepublik Deutschland*, Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York.
- Wienhaus, S.; H. Höper; M. Eisele; H. Meesenburg & W. Schäfer (2008): *Nutzung bodenkundlich-hydrogeologischer Informationen zur Ausweisung von Zielgebieten für den Grundwasserschutz - Ergebnisse eines Modellprojektes (NOLIMP) zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie*. GeoBerichte, Vol 9. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover, Germany.
- Wundt, W. (1958): Die Kleinstwasserführung der Flüsse als Maß für die verfügbaren Grundwassermengen. In *Die Grundwässer in der Bundesrepublik Deutschland und ihre Nutzung*, edited by R. Grahmann & W. Wundt, Verlag der Bundesanstalt für Landeskunde, Remagen, Germany, pp. 47-54.



# Endbericht des LBEG zum WAgriCo 2 -Vorhaben

## „Wasserwirtschaft in Kooperation mit der Landwirtschaft“

Darstellung der Dränwasser-Untersuchungen



Walter Schäfer, Annegret Fier

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie  
Stilleweg 2  
D-30655 Hannover

Hannover, den 09.02.2010

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>2</b>
1.1	Denitrifikation als Teil des N-Kreislaufs .....	3
<b>2</b>	<b>Beschreibung der untersuchten Flächen</b> .....	<b>5</b>
2.1	Lager Hase.....	6
2.2	Große Aue.....	9
2.3	Ilmenau/Jeetzel .....	10
<b>3</b>	<b>Methoden</b> .....	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>13</b>
4.1	Lager Hase.....	13
4.1.1	Bilanzen und Erträge.....	13
4.1.2	Verlauf der Nitratkonzentrationen.....	15
4.1.3	Mittlere Stoffkonzentrationen.....	18
4.1.4	Nitratfrachten.....	20
4.1.5	Nitrat-Tiefenprofile.....	21
4.2	Große Aue.....	24
4.2.1	Bilanzen und Erträge.....	24
4.2.2	Verlauf der Nitratkonzentrationen.....	25
4.2.3	Mittlere Stoffkonzentrationen.....	28
4.2.4	Nitratfrachten.....	30
4.3	Ilmenau/Jeetzel .....	30
4.3.1	Bilanzen und Erträge.....	30
4.3.2	Verlauf der Nitratkonzentrationen.....	32
4.3.3	Mittlere Stoffkonzentrationen.....	34
4.3.4	Nitratfrachten.....	34
<b>5</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>Literatur</b> .....	<b>41</b>

## 1 Einleitung

Im Rahmen des EU-LIFE Vorhabens „WAgriCo“ wurde ein integriertes Emissionsmodell entwickelt, das zunächst überwiegend auf den Grundwasserschutz ausgerichtet war. Dieses Modell ermöglicht unter anderem die flächendifferenzierte Quantifizierung der Nitrateinträge ins Grundwasser, die Ausweisung von Gebietskulissen zum Gewässerschutz und die Abschätzung der Wirkung von Agrarumweltmaßnahmen auf die Nitrateinträge in das Grundwasser (siehe Endbericht Forschungszentrum Jülich, KUNKEL & WENDLAND 2010).

Angestoßen durch die aktuellen Diskussionen zum Thema Nährstoffkonzentrationen in Küstengewässern, sollten im Nachfolgeprojekt „WAgriCo2“ auch die Nährstoffeinträge in die Oberflächengewässer betrachtet werden. Vom Forschungszentrum Jülich und dem Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) wurden im Rahmen des Projektes die folgenden Arbeitsschwerpunkte bearbeitet:

- a. wissenschaftliche Begleitung der Drain- und Sickerwasseruntersuchungen
- b. weitere Überprüfung der Modellansätze anhand der Ergebnisse aus dem Wirkungsmonitoring, ggf. Modellanpassung
- c. Ergänzung des Modellansatzes (Nährstoffrückhalt Oberflächengewässer, Punktquellen)
- d. Erarbeitung von Transferfunktionen zur Übertragung der Maßnahmenwirkung auf die Landesebene (mit Johann Heinrich von Thünen-Institut)
- e. Erarbeitung von Reduktionszielen für den Nährstoffeintrag in die Oberflächengewässer: Definition der Umweltziele und der räumlicher Bezüge, Berechnung der tolerierbaren Frachten bzw. Überschüsse (inverse Modellrechnung)
- f. modellgestützte Abschätzung von Maßnahmeneffekten auf die Oberflächengewässerqualität

Bei der Betrachtung der Nährstoffeinträge in die Oberflächengewässer ist in Niedersachsen, aufgrund des hohen Anteils an grundwassernahen Niederungsböden und Stauwasserböden, der Eintrag über den Direktabfluss, welcher vielfach über eine Dränung erfolgt, von besonderer Bedeutung.

Arbeitsschwerpunkt des LBEG war die Durchführung und wissenschaftliche Begleitung von Drän- und Sickerwasseruntersuchungen und die Bereitstellung dieser Daten für die Validierung der Modellergebnisse. Weiterhin sollten der Einfluss des natürlichen Nitratabbauvermögens (Denitrifikation) auf die Nitratkonzentration im Dränabfluss und Möglichkeiten seiner Steuerung untersucht werden.

Dränungen führen das überschüssige Bodenwasser unterirdisch ab. Ein Nachteil dieser Methode liegt in der Gefahr von Nährstoffausträgen mit dem Dränwasser. In Deutschland gelangen 15 % der Nitratreinträge und 9 % der Phosphoreinträge durch Dränungen in Oberflächengewässer (BEHRENDT et al. 1999). Im Dränabfluss von Mineralböden in Niedersachsen wurden Nährstoffausträge bis 100 kg  $\text{NO}_3\text{-N/ha}\cdot\text{a}$  beobachtet, das entspricht bei einer Sickerwasserrate von 250 mm/a einer Konzentration von 177 mg  $\text{NO}_3\text{/l}$  (BLANKENBURG & SCHEFFER 2008). Dem gegenüber steht der Zielwert der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) von 2,5 mg  $\text{NO}_3\text{-N/l}$  (LAWA 1998). Der Austrag von Phosphor (P) mit dem Dränwasser ist insbesondere auf landwirtschaftlich genutzten Hochmoorflächen ein Problem. Da zum einen Nährstoffe durch die Mineralisation freigesetzt werden und zum anderen die niedrigen pH-Werte in Kombination mit niedrigen Redoxpotentialen die Löslichkeit des an Eisen oder Calcium gebundenen (Dünger-)Phosphats erhöhen (SCHEFFER & BLANKENBURG 2004). Für Gesamtphosphor gibt die Flussgebietsgemeinschaft Weser (FGG) einen Orientierungswert von 0,07 mg P/l ortho-Phosphat bzw. 0,1 mg P/l Gesamt-Phosphor an.

### **1.1 Denitrifikation als Teil des N-Kreislaufs**

Denitrifikation ist ein natürlicher Prozess im Stickstoffkreislauf. Er bewirkt, dass der über den Boden eingetragene Stickstoff (N) teilweise wieder abgebaut wird (Abb. 1).

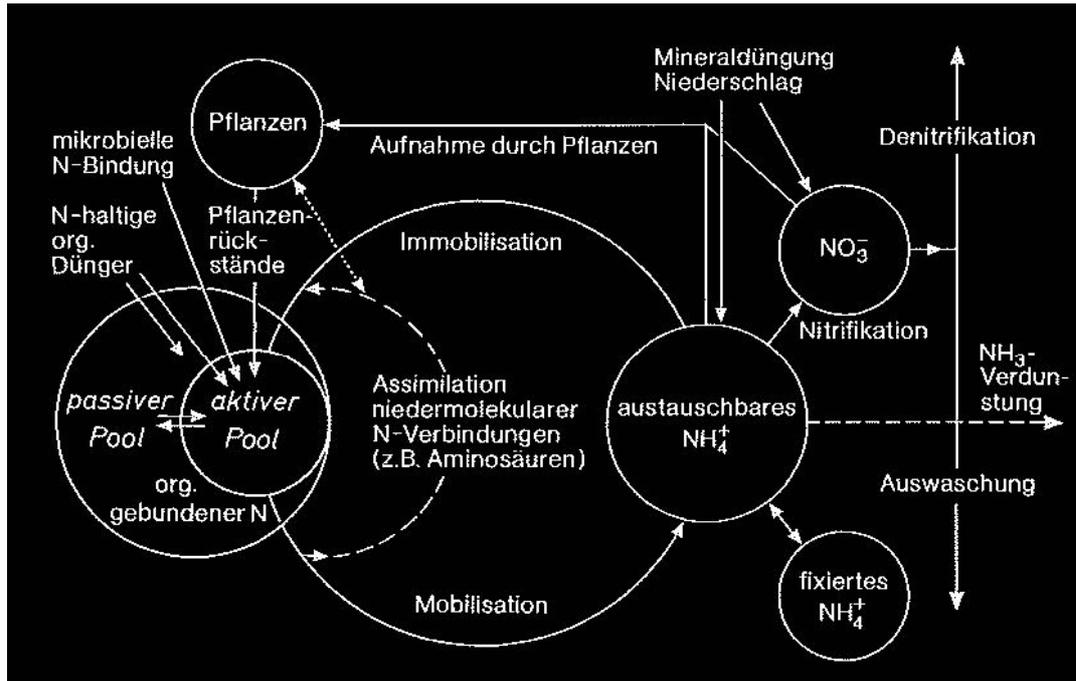


Abb. 1: Der landwirtschaftliche Stickstoffkreislauf (nach S. L. JANSSON, in BLUME et al. 2002)

Für die mikrobielle Denitrifikation müssen drei Faktoren gegeben sein: Nitrat, Anaerobie und geeignete Reduktionsmittel in Form von organischer Substanz oder unter bestimmten Voraussetzungen auch Schwefelverbindungen wie  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{FeS}_2$ . Treffen diese Faktoren aufeinander sind Mikroorganismen in der Lage, Nitrat durch Oxidation der organischen Substanz in Luftstickstoff ( $\text{N}_2$ ) umzuwandeln (siehe Gleichung 1). Läuft die Oxidation unvollständig ab, werden gasförmige Stickstoffoxide ( $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) gebildet (TRUDELL et al. 1986):



Die Denitrifikation ist dabei nicht auf den Boden beschränkt, sondern findet auch im Kapillarsaum des Grundwassers und im Grundwasser statt (BLUME et al. 2002). Gut belüftete Böden haben eine Stickstoff-Reduktionsrate von maximal 25 kg N/ha und Jahr (NIEDER et al. 1989). Im Durchschnitt gehen 9-15 % des zugeführten N-Düngers durch Denitrifikation verloren. In schlecht belüfteten Böden mit einem hohen Anteil organischen Kohlenstoffs oder Eisen-Schwefel-Verbindungen können die Verluste bis auf 150 kg N/ha und Jahr ansteigen (GÄTH et al. 1997). Diese Bedingungen sind vor allem in Mooren und humusreichen Böden gegeben, bei denen das Grundwasser

ganzjährig  $\leq 6$  dm unterhalb der Bodenoberkante ansteht. Tritt die Vernässung nur zeitweise auf (Stauwasserböden) oder sind die Humusgehalte gering, ist die Denitrifikationsrate entsprechend niedriger (WIENHAUS et al. 2008).

## 2 Beschreibung der untersuchten Flächen

Die drei ausgewählten niedersächsischen Pilotgebiete Lager Hase, Große Aue und Ilmenau/Jeetzel unterscheiden sich deutlich hinsichtlich des Landschaftsraumes, der bestehenden Flächennutzungen und der entsprechenden Problemstellungen (Tab. 1 und Abb. 2). Damit ist die Entwicklung einer landesweit übertragbaren Methodik gewährleistet.

Tab. 1: Übersicht über die landwirtschaftliche Struktur in den Pilotgebieten

Pilotgebiet	Lager Hase	Große Aue	Ilmenau/Jeetzel
Fläche (km <sup>2</sup> )	1420	1517	2052
Anzahl der Betriebe	3000	1620	1640
Veredelungsbetriebe	67%	44%	27%
Ackerbaubetriebe	14%	24%	68%
Sonstiges	19%	32%	5%

Lager Hase liegt in einer veredelungsstarken Region, während das Pilotgebiet Ilmenau/Jeetzel stärker ackerbaulich geprägt ist. Das Pilotgebiet Große Aue nimmt eine Mittelstellung ein.

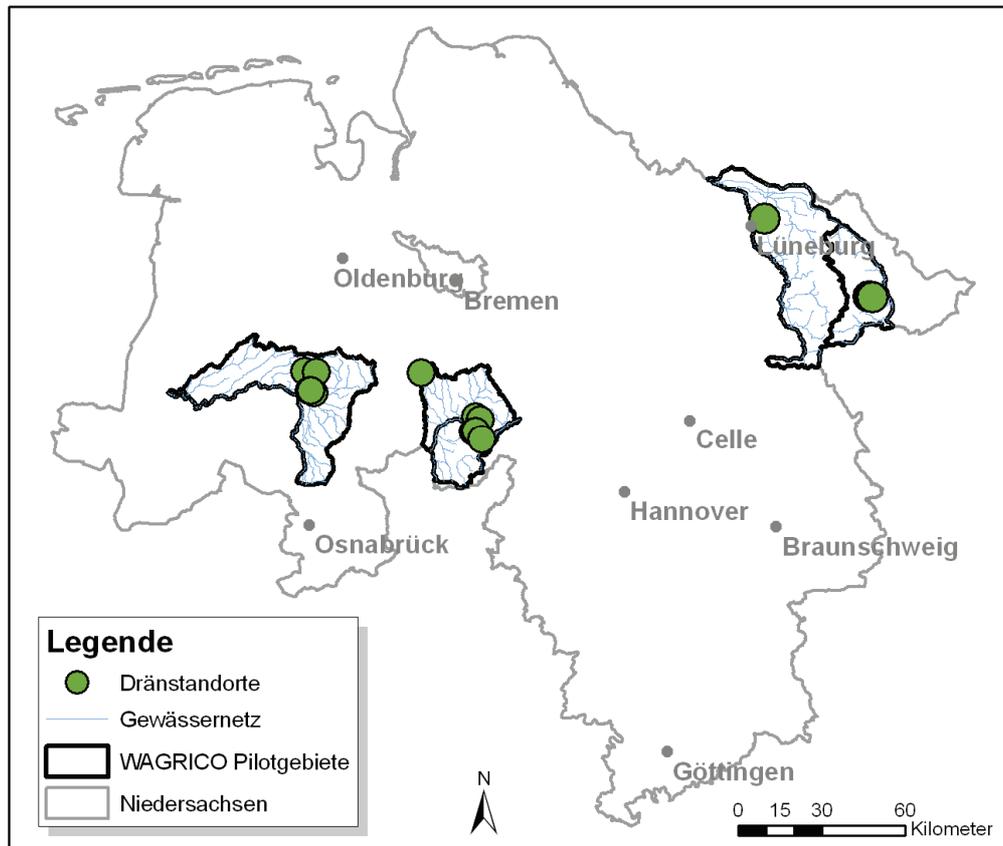


Abb. 2: Lage der drei Pilotgebiete (von links nach rechts): Lager Hase, Große Aue und Ilmenau/Jeetzel

## 2.1 Lager Hase

Im Gebiet Lager Hase wurden sechs Dränauslässe beprobt (Abb. 3). Am Standort Lager Hase 1 ist die Entnahmestelle ein Sammlerrohr, alle weiteren Dränauslässe sind Sauger, die direkt in die Vorflut münden. Es liegen Untersuchungen aus den Winterhalbjahren 2007/2008 und 2008/2009 vor.

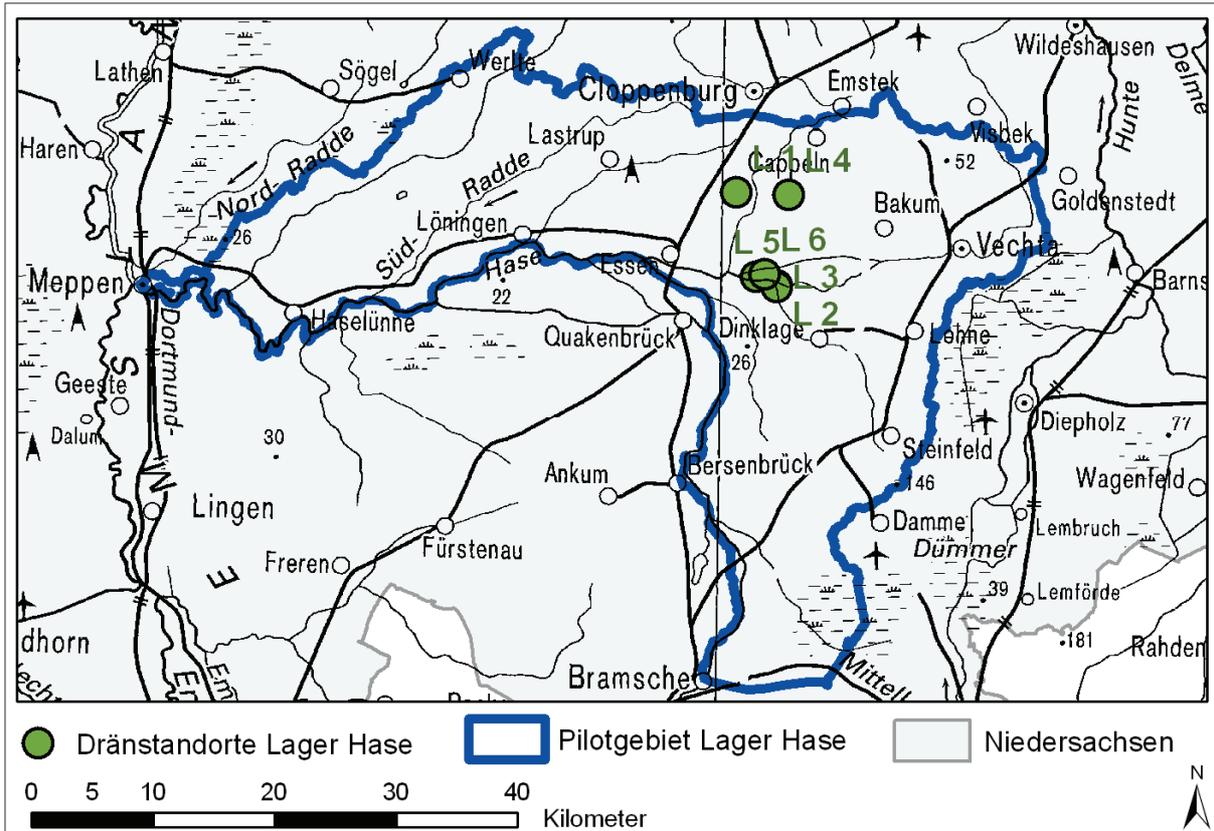


Abb. 3: Lage der beprobten Dränauslässe im Pilotgebiet Lager Hase

In Tabelle 2 sind zu jedem Dränstandort im Pilotgebiet Lager Hase der Bodentyp und die Nutzung aufgeführt. Tabelle 3 zeigt die Fruchtfolge.

Tab. 2: Lager Hase: Beschreibung des Bodentyps und der Nutzung

Entnahmestelle/Fläche	Bodentyp	Nutzung
1 Cappeln-Warstedt	Pseudogley aus Geschiebelehm	Acker (Mais/Getreide)
2 Wulfenau	Gley aus fluviatilem Sand	Acker (Mais/Getreide)
3 Cappeln, Elsten	Tiefenumbruchboden, Niedermoor	Acker (Mais/Getreide)
5 Gut Lage	Gley, schluffiger Sand, Fladderkanal	Acker (Mais/Getreide), vor ca. 15 Jahren Grünland
6 Gut Lage	Gley, schluffiger Sand z.T. moorig, Fladderkanal	Acker (Mais/Getreide)

Tab. 3: Fruchtfolge der Flächen im Pilotgebiet Lager Hase

Entnahmestelle/Fläche	Frucht 2007	ZWF	Frucht 2008	ZWF	Frucht 2009
1 Cappeln-Warnstedt	Winterweizen	Phacelia, Raps	Silomais	-	Winterweizen
2 Wulfenau	Winterweizen	Senf/Rüben	Sommergerste	Senf	Körnermais (mit Blühstreifen)
3					
4 Cappeln, Elsten	Körnermais	-	Winterweizen	Senf/Raps	Körnermais
5 Gut Lage	Winterweizen	Senf	Körnermais	-	Winterweizen
6 Gut Lage	Körnermais	-	Winterweizen	Raps	Silomais

Die Fläche 'Cappeln-Warnstedt' (Entnahmestelle 1) ist ein Geeststandort, auf dem Geschiebelehm hat sich ein Pseudogley entwickelt. Dieser Bodentyp weist einen wasserstauenden Unterbodenhorizont auf, der eine Entwässerung erforderlich macht. Das Denitrifikationspotential dieses Standortes ist gering.

Die Fläche 'Wulfenau' liegt unmittelbar an der Lager Hase. Es wurden zwei Dränauslässe (Entnahmestellen 2 und 3) ca. 130 m voneinander entfernt beprobt, die über die Vorflut mit der Lager Hase verbunden sind. Der grundwassergespeiste sandige Gleyboden weist nur ein geringes bis mittleres Denitrifikationspotential auf.

Auf der Fläche 4 befindet sich ein Tiefenumbruchboden, in den durch einmaliges Tiefpflügen Niedermoortorfe eingearbeitet worden sind. Der Geeststandort weist im Untergrund eine Schicht aus Geschiebelehm auf. Diese Schicht führt zu Stau- bzw. flachem Grundwasser, wodurch die Fläche im Sommerhalbjahr bis unterhalb des Dränrohrs trocken fallen kann. Hierdurch stellen sich nur im Winterhalbjahr reduzierende Verhältnisse ein, die in Verbindung mit der organischen Substanz (Torf) für den Nitratabbau förderlich sind.

Die Entnahmestellen 5 und 6 liegen ca. 700 Meter voneinander entfernt und entwässern zwei unterschiedlich bewirtschaftete Flächen, die direkt am Fladderkanal liegen. Es handelt sich um Gleyböden aus schluffigem Sand, die an der Entnahmestelle 6 zum Teil anmoorig sind. Dadurch ergibt sich dort ein erhöhtes Denitrifikationspotential.

## 2.2 Große Aue

Im Pilotgebiet Große Aue wurden 7 Dränwasserentnahmestellen beprobt (Abb. 4).

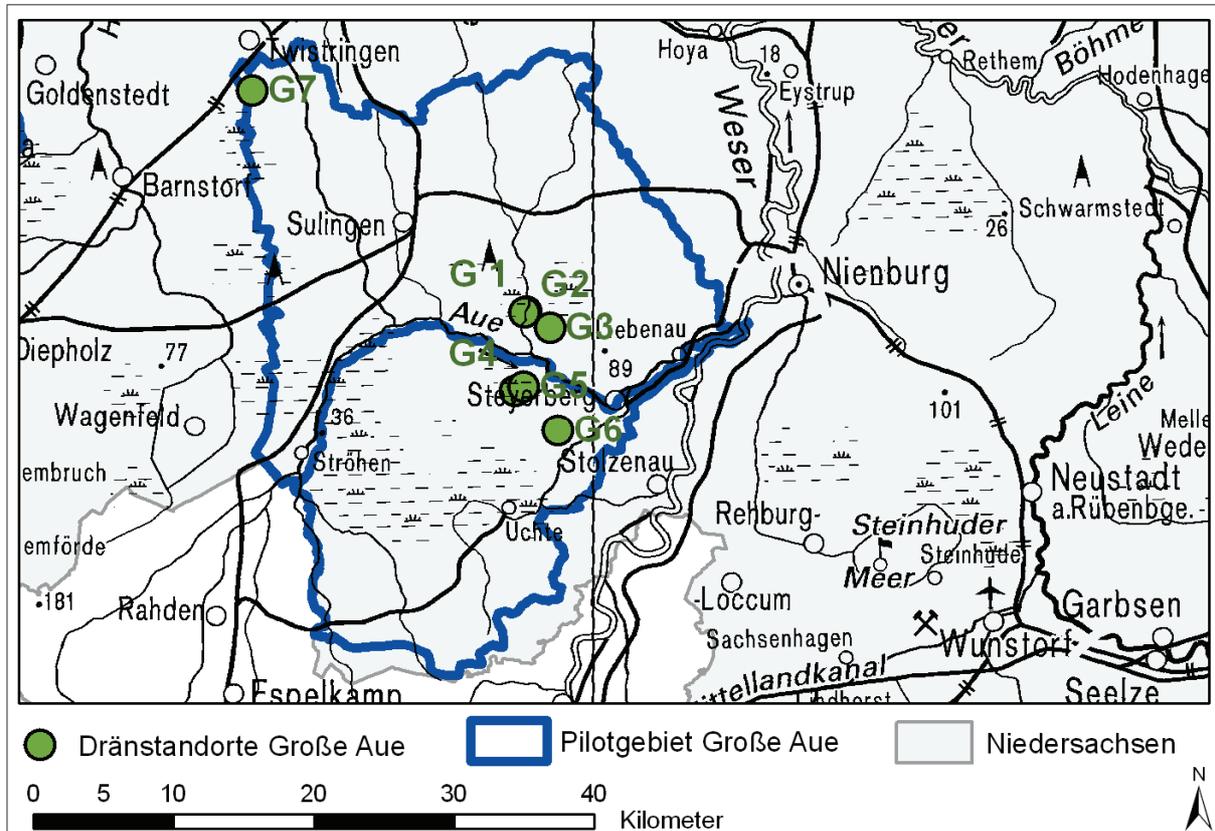


Abb. 4: Lage der beprobten Dränauslässe im Pilotgebiet Große Aue

In Tabelle 4 sind zu jedem beprobten Dränstandort im Pilotgebiet der Bodentyp und die Nutzung aufgeführt. Tabelle 5 zeigt die Fruchtfolge.

Tab. 4: Große Aue: Beschreibung des Bodentyps und der Nutzung

Entnahmestelle/Fläche	Bodentyp	Nutzung
1 VDA1	Niedermoor/Gley	Acker (Mais/Getreide)
2 VDA2		
3 Blecksmoor	Anmoor-Gley	Acker (Raps-WW-WR)
4 An der Beke	Sandmischkultur (Niedermoor)	Acker (keine festgelegte Fruchtfolge)
5 Am Fluglandplatz	Sandmischkultur (Hochmoor)	Acker (keine festgelegte Fruchtfolge)
6 Im Sienmoor	Gley (Sand)	Acker (keine festgelegte Fruchtfolge)
7 Borwede	Pseudogley-Parabraunerde (Sandlöss)	Acker (keine festgelegte Fruchtfolge)

Tab. 5: Fruchtfolge der Flächen im Pilotgebiet Große Aue

Entnahmestelle/Fläche	Frucht 2008	ZWF	Frucht 2009
1 VDA1	Körnermais	-	Winterweizen
2 VDA2			
3 Blecksmoor	Wintertriticale	-	Winterraps
4 An der Beke	Silomais	-	Wintertriticale
5 Am Fluglandeplatz	Silomais	-	Wintergerste (danach ZWF)
6 Im Sienmoor	Wintertriticale	Senf	Mais
7 Borwede	Kartoffeln	-	Winterweizen

Die Entnahmestellen VDA 1 und 2 befinden sich zwischen Sulingen und Liebenau in einem Niederungsgebiet. Sie liegen ca. 125 m voneinander entfernt und entwässern dieselbe Ackerfläche. Der Bodentyp ist ein Gley mit Niedermoorauflage. 2 km südöstlich befindet sich die Entnahmestelle 3 bzw. die Fläche 'Blecksmoor', ein Anmoorgley. Die Entnahmestellen 4 bis 6 liegen südlich der Großen Aue. Die Fläche 'An der Beke' ist eine Sandmischkultur aus Niedermoor. Nur wenige hundert Meter weiter nordöstlich befindet sich die Fläche 'Am Fluglandeplatz', ebenfalls eine Sandmischkultur, allerdings aus Hochmoortorf. Da alle genannten Flächen reich an organischer Substanz und grundwasserbeeinflusst sind, ist ein hohes Denitrifikationspotential gegeben. Östlich von Woltringhausen liegt die Entnahmestelle 6, der Gley aus Sand enthält wenig organische Substanz, so dass Denitrifikation für diesen Standort kaum von Bedeutung ist. Die Entnahmestelle 7 'Borwede' liegt am nordwestlichen Rand des Pilotgebietes. Im Gegensatz zu den anderen 6 Standorten ist diese Fläche aus Sandlöss stauwasser- statt grundwasserbeeinflusst.

### 2.3 Ilmenau/Jeetzel

Im Gebiet Ilmenau/Jeetzel wurden 5 Dränauslässe beprobt (Abb. 5). Die erste Entnahmestelle (I1) liegt in der Nähe von Lüneburg. Da im relativ trockenen Winterhalbjahr 08/09 kein Dränwasser gebildet worden ist, werden dort erst seit Ende 2009 Proben entnommen.

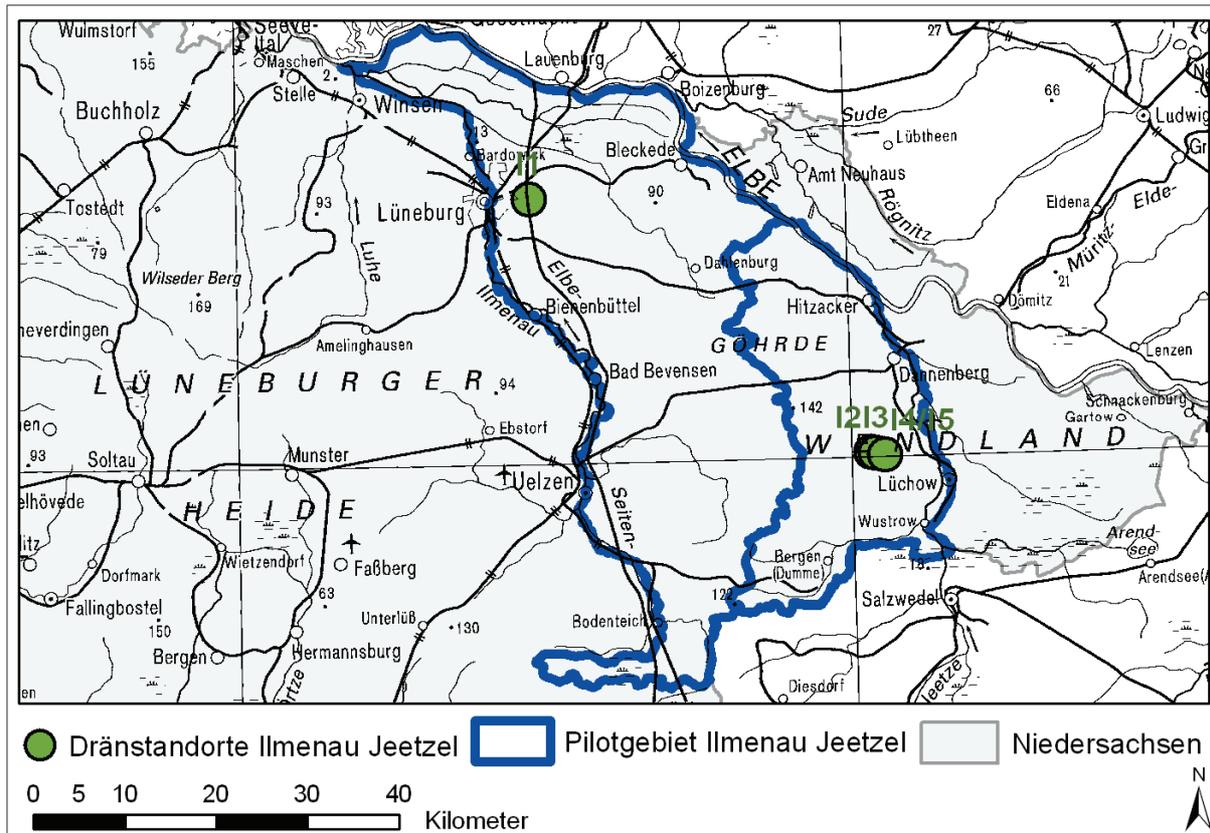


Abb. 5: Lage der beprobten Dränauslässe im Pilotgebiet Ilmenau/Jeetzel

Alle weiteren Entnahmestellen bzw. Flächen befinden sich in einem Niederungsgebiet in der Nähe von Tolstefanz. In den Tabellen 6 und 7 sind der Bodentyp, die Nutzung und die Fruchtfolge aufgeführt.

Tab. 6: Ilmenau/Jeetzel: Beschreibung des Bodentyps und der Nutzung

Entnahmestelle/Fläche	Bodentyp	Nutzung
1 Am Elbe-Seitenkanal	Pseudogley	Acker
2 Tolstefanz, Marsch	Gley (lehmgiger Sand)	Acker (Raps-WG-WW)
3 Tolstefanz, Im Moor	Niedermoor	Extensivgrünland
4 Tolstefanz, An der Besemühle	Hanggley (Sand)	Extensivgrünland
5 Tolstefanz, An der Besemühle	Gley	Extensivgrünland

Tab. 7: Fruchtfolge der Flächen im Pilotgebiet Ilmenau/Jeetzel

Entnahmestelle/Fläche	Frucht 2008	ZWF	Frucht 2009
1 Am Elbe-Seitenkanal	Winterweizen	k.A.	Pflanzkartoffeln
2 Tolstefanz, Marsch	Winterrap	-	Winterweizen
3 Tolstefanz, Im Moor	Grünland, umgebrochen	Grasneueinsaat	extens. Grünland
4 Tolstefanz, An der Besemühle		extensives Grünland	
5 Tolstefanz, An der Besemühle		extensives Grünland	

Die Flächen an den Entnahmestellen 1 und 2 werden ackerbaulich genutzt, alle weiteren dagegen als extensives Grünland (1 Schnitt pro Jahr), das zeitweise beweidet wird. Die Fläche 'Im Moor' an der Entnahmestelle 3 wurde im Jahr 2008 umgebrochen und erneut Gras eingesät. Es handelt sich um einen Niedermoorstandort. Der Dränauslass Nr. 4 entwässert eine Fläche an einem Hangfuß. Oberhalb des Grünlandes ist ein Acker, der nach vorhergehender Zwischenfrucht im Sommer 2009 mit Sommergerste bestellt war. Daher kann das Dränwasser durch nährstoffreiches Hangzugswasser aus der Ackerfläche beeinflusst worden sein. Die Entnahmestelle 5 liegt nur wenige Meter von der Entnahmestelle 4 entfernt, entwässert jedoch eine gegenüberliegende Grünlandfläche in ebener Lage.

### 3 Methoden

Bei der Auswahl geeigneter Flächen wurde Wert auf eine ortsübliche Bewirtschaftung und ein möglichst breites Spektrum an unterschiedlichen Bodentypen gelegt. Die ausgewählten Dränauslässe wurden freigelegt und das Dränwasser in ca. 14-tägigen Abständen in Probenfläschchen aufgefangen und analysiert.

Zur Bestimmung der löslichen Anteile in den Dränwasserproben wurde das Wasser filtriert (S&S 790  $\frac{1}{2}$  Filter). Das im Filtrat enthaltene Nitrat wurde ionenchromatographisch in Anlehnung an DIN EN ISO 10304-1 bestimmt, Ammonium photometrisch in Anlehnung an DIN EN ISO 38406. Kalium, Calcium, Eisen und Phosphat (angegeben als  $\text{PO}_4$ ) an der ICP-OES (in Anlehnung an DIN EN ISO 11885).

Die Ammonium-, Nitrat- und Sulfatgehalte an den Bodenproben der Tiefenbohrungen wurden mit Calciumchlorid als Extraktionsmittel nach VDLUFA Methode A 6.1.4.1 bestimmt. Die Messung wurde photometrisch (Ammonium/Nitrat) bzw. turbidimetrisch (Sulfat) mittels Continuous-Flow-Analyser durchgeführt.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Lager Hase

#### 4.1.1 Bilanzen und Erträge

Die Stickstoff-Bilanz eines Schlages kann einen Hinweis auf die zu erwartenden Nitratkonzentration im Sickerwasser geben. Sie berechnet sich, wie im Wasserschutz üblich, aus der über Mineral-, Wirtschafts- und Sekundärrohstoffdünger zugeführten Stickstoffmenge abzüglich der über die Ernte abgeführten Stickstoffmenge (ANTONY et al. 2001):

Saldo = Nährstoff-Zufuhr – Nährstoff-Abfuhr

Zusätzlich wird bei der Nährstoff-Zufuhr ein atmosphärischer Stickstoffeintrag von 15 kg N/ha berücksichtigt. Die Stickstoffgehalte der eingesetzten Düngermengen und des Erntegutes werden mit Hilfe von Richtwerten der Landwirtschaftskammer Niedersachsen berechnet. Die zugrunde gelegten Erntemengen sind in Tabelle 8 aufgeführt und fallen auf allen Standorten mittel bis überdurchschnittlich aus.

Tab. 8: Erträge im Pilotgebiet Lager Hase

Entnahmestelle/Fläche	Frucht 2009	Ertrag [dt/ha]
1 CappelN-Warnstedt	Winterweizen	90
2 Wulfenau	Körnermais	85
3		
4 CappelN, Elsten	Körnermais	105
5 Gut Lage	Winterweizen	90
6 Gut Lage	Silomais	520

Für Phosphor wird ebenfalls nach oben genanntem Schema vorgegangen, allerdings wird keine Nährstoffdeposition einbezogen.

Zusätzlich werden, sofern vorhanden, die Herbst-Nmin-Werte aufgeführt. Werden diese zum optimalen Zeitpunkt gezogen, stellen Sie den potentiell möglichen Nitrat-  
austrag mit dem Sickerwasser dar. Sie dienen in der Wasserschutzberatung als Erfolgskontrolle.

In Abbildung 6 sind die Schlagbilanzen für Stickstoff und Phosphor und die Herbst-Nmin-Werte im Pilotgebiet Lager Hase abgebildet. Es liegen in allen drei Pilotgebieten nur die schlagbezogenen Daten aus dem Jahr 2009 vor.

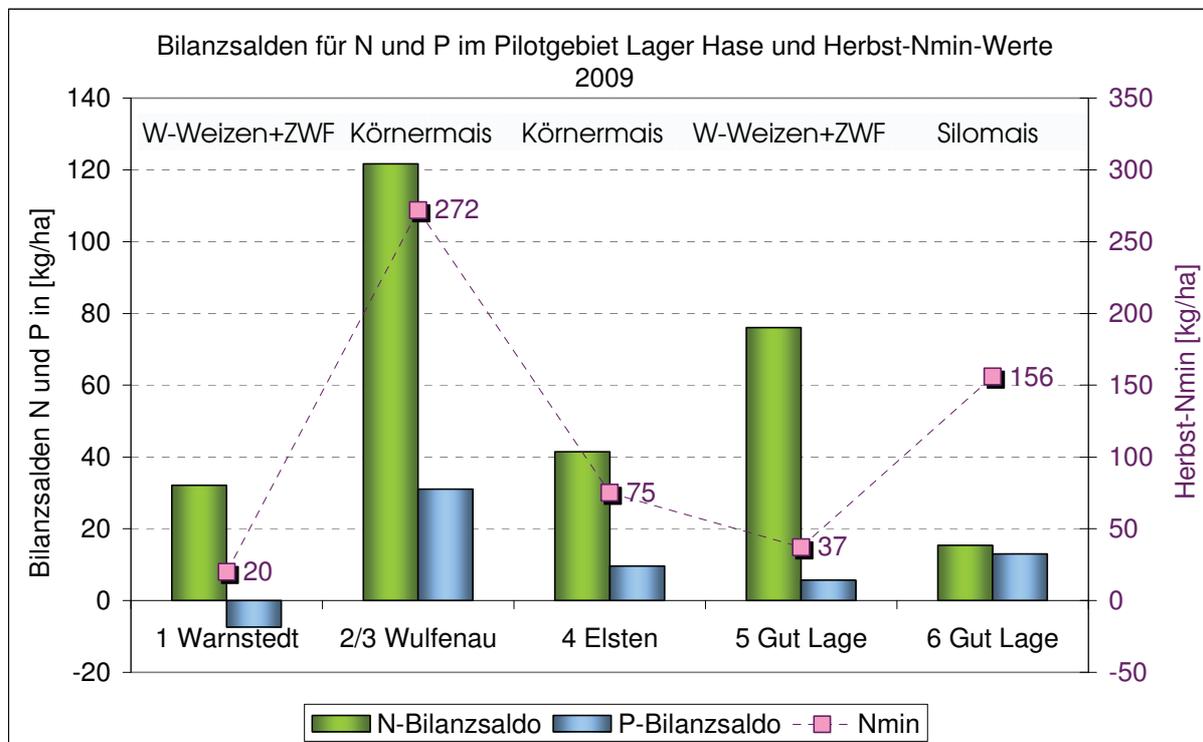


Abb. 6: Schlagbilanzen für Stickstoff und Phosphor im Pilotgebiet Lager Hase und Herbst-Nmin-Werte im Jahr 2009

Alle Stickstoffbilanzen liegen im positiven Bereich. Das heißt dem Boden wurde mehr Stickstoff zugeführt als über die Ernte entzogen wurde. Diese Stickstoffmengen sind teilweise in Form von Ernterückständen gebunden. Wie schnell diese mineralisiert werden ist standort- und witterungsabhängig. Daher können die Herbst-Nmin-Werte durchaus niedriger als die Bilanz ausfallen, insbesondere wenn eine Zwischenfrucht angebaut wird. Zudem besteht das Problem des Probenahmezeitpunktes. Wird der Herbst-Nmin zu früh genommen, kann im Nachhinein noch Stickstoff freigesetzt werden. Erfolgt die Probenahme zu spät, kann durch Sickerwasserbildung bereits Stickstoff verlagert worden sein. Auf Standorten mit einem hohen Mineralisationsspotential kann während der Vegetationsperiode zusätzlich Stickstoff aus der Humusfraktion nachgeliefert werden. Dieser wird in der Bilanz nicht erfasst, erhöht aber die Herbst-Nmin-Werte. Wahrscheinlich ist dies an den Standorten Wulfenau, Elsten und Gut Lage der Fall.

Die Phosphorgehalte liegen bis auf Warnstedt im schwach positiven Bereich. Phosphor wird in Mineralböden so gut wie nicht mit dem Sickerwasser verlagert. Eine Ausnahme bilden organische Böden.

#### 4.1.2 Verlauf der Nitratkonzentrationen

In den Abbildungen 7 bis 11 werden die Nitratkonzentration im Dränwasser und die Fruchtfolge der Winterhalbjahre 07/08 und 08/09 aufgezeigt. Die Hauptfrucht im Sommer 2007 bzw. die nachfolgende Hauptfrucht im Sommer 2009 wurden in der Abbildung jeweils grau dargestellt. Im Winterhalbjahr 07/08 ist zu beachten, dass schon vor Beginn der Dränwasserprobenahme (Anfang/Mitte November) Nitrat ausgewaschen worden ist.

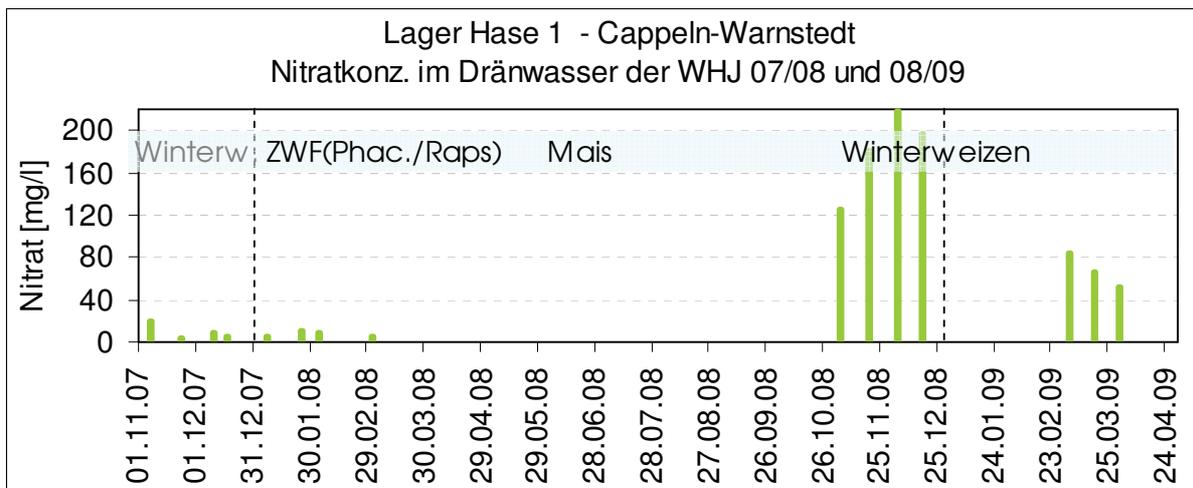


Abb. 7: Nitratkonzentration im Dränwasser, Lager Hase 1, Pseudogley aus Geschiebelehm

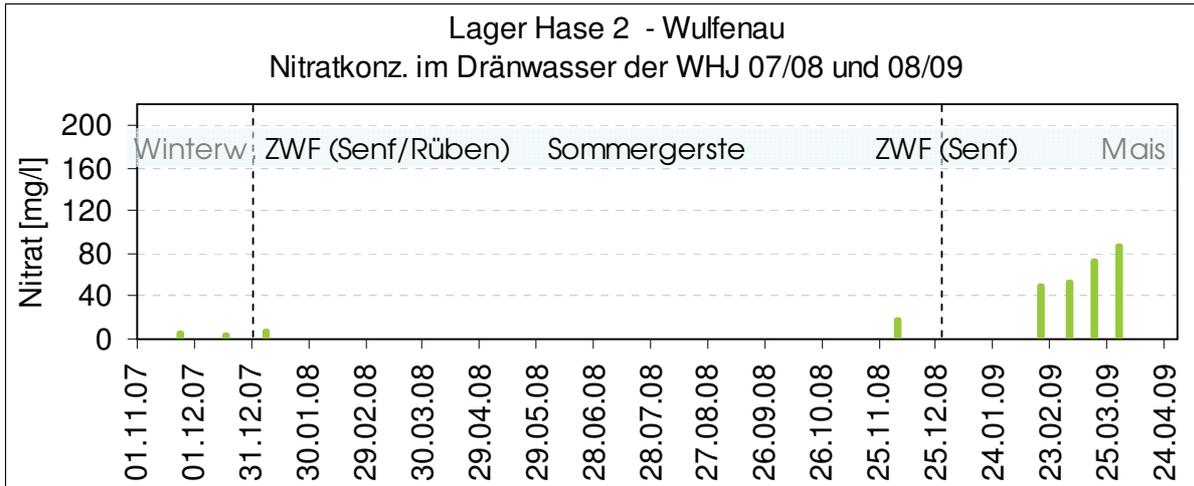


Abb. 8: Nitratkonzentration im Dränwasser, Lager Hase 2, Gley aus fluviatilem Sand

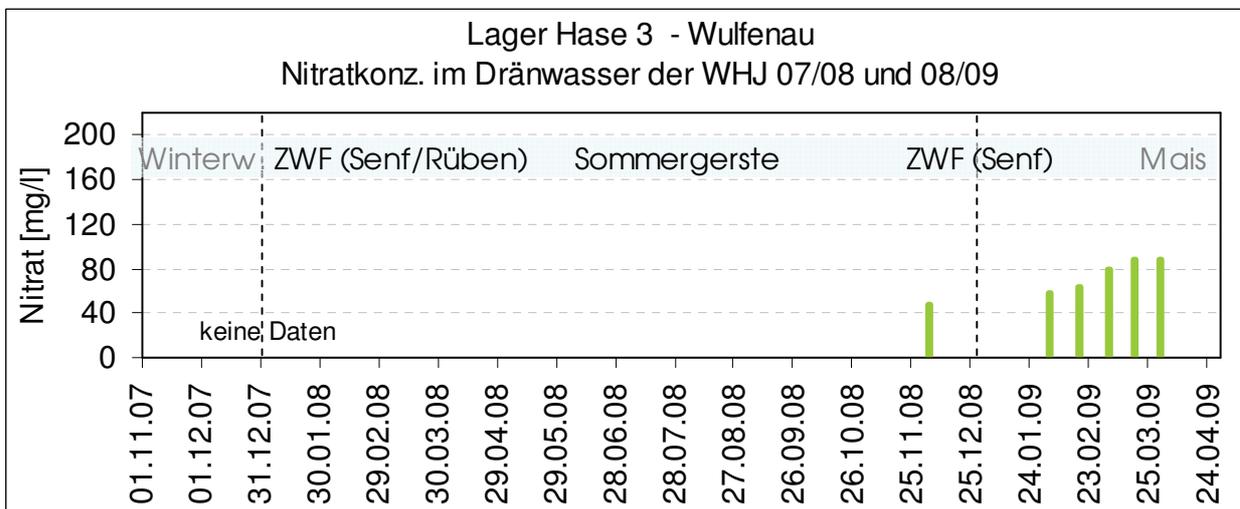


Abb. 9: Nitratkonzentration im Dränwasser, Lager Hase 3, Gley aus fluviatilem Sand

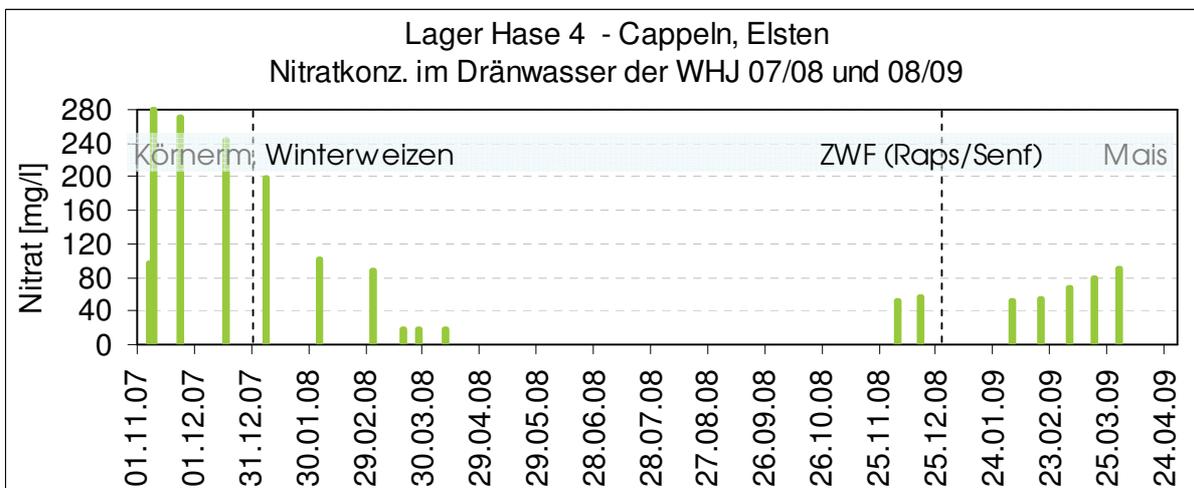


Abb. 10: Nitratkonzentration im Dränwasser, Lager Hase 4, Tiefenumbruchboden, Niedermoor

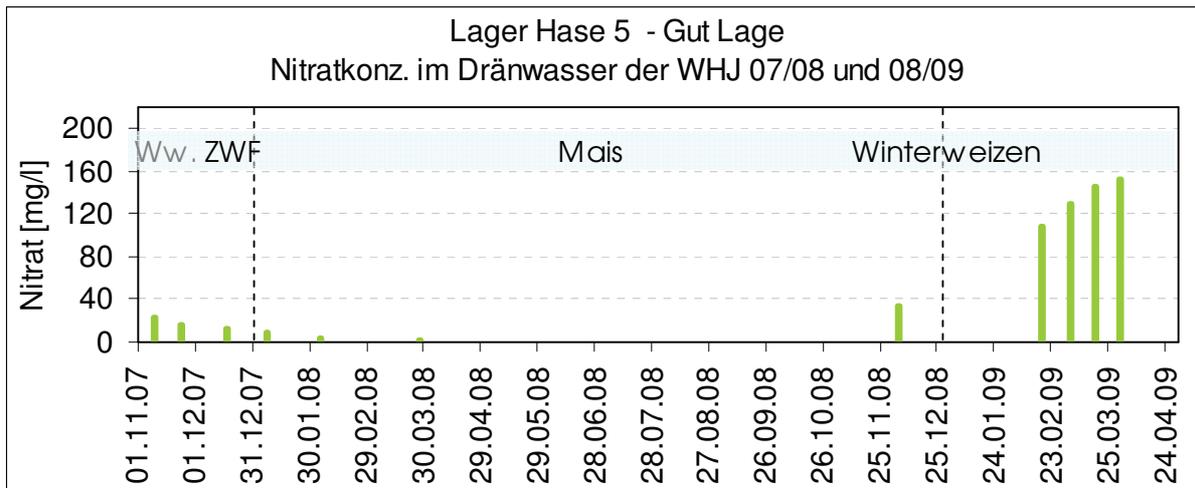


Abb. 11: Nitratkonzentration im Dränwasser, Lager Hase 5, Gley, schluffiger Sand

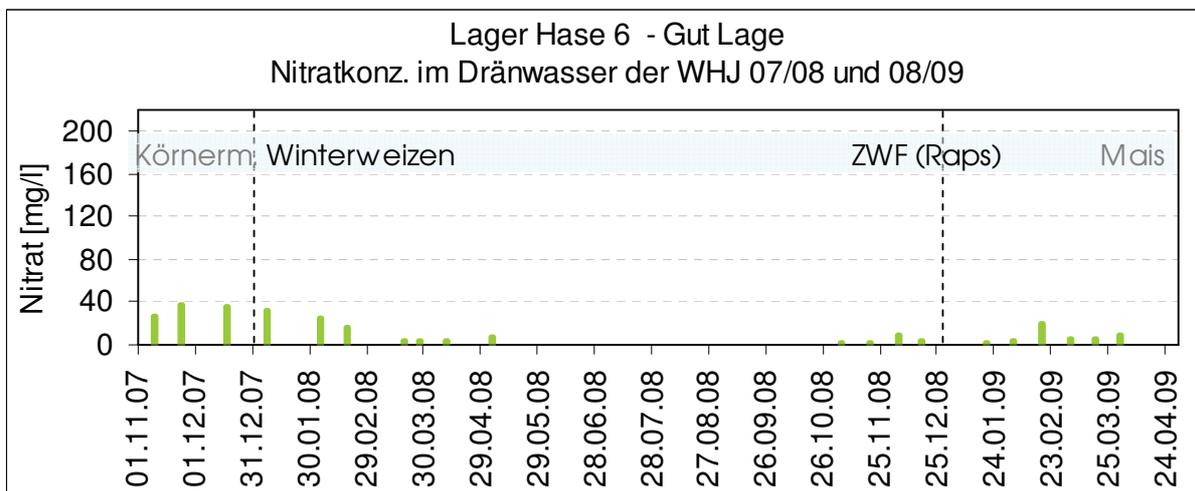


Abb. 12: Nitratkonzentration im Dränwasser, Lager Hase 6, Gley, schluffiger Sand z.T. moorig

Die Abbildungen zeigen deutlich, dass nach Mais sehr hohe Nitratkonzentrationen im Herbst auftreten, die weit über dem Grenzwert der Trinkwasserverordnung (TVO) von 50 mg Nitrat/l liegen (TRINKWV 2001). Im Verlauf des Winterhalbjahres gehen die Konzentrationen durch die fortschreitende Auswaschung langsam zurück. Die Frühjahrjahre 2008 und 2009 waren beide durch Trockenheit im April und Mai gekennzeichnet, so dass die Dränwasserspense im April zum Erliegen kam.

Dieses Ergebnis wird durch Feldversuche der Landwirtschaftskammer Niedersachsen in Kooperation mit dem LBEG am Standort Thülsfelde (Podsol aus schwach schluffigem bis schwach tonigem Sand) bestätigt. Das unter den Parzellen auftreten-

de Sickerwasser wurde mit Hilfe einer Saugsondenanlage aufgefangen und analysiert. Im Mittel der Winterhalbjahre 99/00, 02/03 und 05/06 wurden nach Mais 212 mg Nitrat/l im Sickerwasser gemessen, bei einer rein mineralisch erfolgten Düngung von 200 kg N. Wurden 150 kg N gedüngt, lag die Nitratkonzentration noch bei 140 mg Nitrat/l. Erst ab einer Düngung von 100 kg und weniger reduzierten sich auch die Nitratkonzentrationen auf 59 mg/l bzw. 41 mg/l bei 50 kg N-Düngung (FIER et al. 2009a).

Auffällig ist die eher niedrige Nitratkonzentration nach Mais am Standort Lager Hasse 6. Diese kann jedoch durch Denitrifikation erklärt werden (vgl. Kap. 4.1.5). Nach Winterweizen und einer Zwischenfrucht werden Nitratkonzentrationen unterhalb des Grenzwertes der TVO im Dränwasser gemessen.

Die zweijährigen Messungen zeigen deutlich, dass zwischen einzelnen Jahren sehr große Unterschiede in der Nitratkonzentration auftreten können. Diese sind zum einen klimatisch bedingt und zum anderen fruchtfolgeabhängig. Um z.B. die Wirkung der Zwischenfrüchte auf die Nitratkonzentration einschätzen zu können, wären langjährige Messungen notwendig. Für solche spezielleren Fragestellungen sind Feldversuche generell besser geeignet, da viele Einflussgrößen wie die Art der Düngung konstant gehalten werden können.

### **4.1.3 Mittlere Stoffkonzentrationen**

In den Tabellen 9 und 10 ist die gemessene Nitratkonzentration in den Winterhalbjahren 07/08 und 08/09 jeweils als Mittelwert abgebildet. Zusätzlich werden die Gehalte an löslichem Eisen, Phosphor, Ammonium, Kalium und Calcium dargestellt, sofern sie untersucht wurden. Da die Probenahme im Winterhalbjahr 07/08 erst nach dem Einsetzen der Sickerwasserperiode begonnen werden konnte, sind die Mittelwerte unter Vorbehalt zu betrachten.

Tab. 9: Mittlere Stoffkonzentrationen im Dränwasser des Pilotgebietes Lager Hase im Winterhalbjahr 07/08

Nr.	Boden	Fruchtart	NO <sub>3</sub>	Fe	P*	NH <sub>4</sub>	K	Ca
			[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
1	Pseudogley aus Geschiebelehm	Winterweizen	6,4		0,04	0,05		
2	Gley aus fluviatilem Sand	Winterweizen	2,5		0,17	0,25		
3	Gley aus fluviatilem Sand	Winterweizen						
4	Tiefenumbruchboden, Niedermoor	Körnermais	137		0,04	0,03		
5	Gley, schluffiger Sand	Winterweizen	7		0,03	0,08		
6	Gley, schluffiger Sand z.T. moorig	Körnermais	19		0,01	0,28		

\* entspricht ~ ortho-Phosphat-P

Tab. 10: Mittlere Stoffkonzentrationen im Dränwasser des Pilotgebietes Lager Hase im Winterhalbjahr 08/09

Nr.	Boden	Fruchtart	NO <sub>3</sub>	Fe	P*	NH <sub>4</sub>	K	Ca
			[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
1	Pseudogley aus Geschiebelehm	Silomais	131	0,16	0,02	0,05	18	51
2	Gley aus fluviatilem Sand	Sommergerste	56	0,02	0,06	0,06	13	68
3	Gley aus fluviatilem Sand	Sommergerste	71	0,05	0,19	0,05	20	41
4	Tiefenumbruchboden, Niedermoor	W.-weizen	64	0,27	0,03	0,04	12	23
5	Gley, schluffiger Sand	Körnermais	114	0,04	0,01	0,02	12	50
6	Gley, schluffiger Sand z.T. moorig	W.-weizen	6	0,32	0,004	0,16	5	30

\* entspricht ~ ortho-Phosphat-P

Interessant sind unter anderem die Eisengehalte, da Eisen bei niedrigen Redoxbedingungen mobil wird und als Hinweis auf denitrifizierende Verhältnisse gewertet werden kann. Besonders die Entnahmestellen 4 und 6 fallen durch erhöhte Werte auf. Vor allem der sehr niedrige Nitratgehalt der Entnahmestelle 6 dürfte auf Denitrifikation zurückzuführen sein. Das untersuchte gelöste Phosphat entspricht in etwa dem ortho-Phosphat-P bzw. kann geringfügig höher liegen. Die P-Gehalte liegen zum Teil deutlich unterhalb des Orientierungswertes der Flussgebietsgemeinschaft Weser (FGG) von 0,07 mg P/l ortho-Phosphat. Lediglich an der Entnahmestelle 3

wird dieser Orientierungswert überschritten, hier gibt es jedoch Hinweise (Vivianit im Unterboden), dass dies auf geogene Ursachen zurückzuführen ist.

Die Ammoniumgehalte liegen unterhalb des Grenzwertes der Trinkwasserverordnung von 0,5 mg/l (TRINKWV 2001) bzw. des Schwellenwertes nach Grundwassertochterrichtlinie.

#### 4.1.4 Nitratfrachten

Zur Berechnung der Frachten wurden die Konzentrationen mit der über das Dränrohr abgeführten Sickerwassermenge verrechnet (Tab. 11). Da vor Ort keine direkten Abflussmessungen vorlagen, wurde die Sickerwassermenge mit Hilfe von Werten aus der vom LBEG betriebenen Lysimeterstation in Thülsfelde abgeschätzt. Für das eher trockene/kalte Winterhalbjahr 08/09 wird von 200 mm Sickerwasser ausgegangen. Zum Vergleich, im sehr feuchten Winterhalbjahr 07/08 waren es ca. 500 mm Sickerwasser. Da jedoch zu Beginn der Sickerwasserbildung 07/08 keine Proben genommen werden konnten, wird für diesen Zeitraum auf die Frachtenberechnung verzichtet.

Tab. 11: Mittlere Frachten im Dränwasser des Pilotgebietes Lager Hase im Winterhalbjahr 08/09

Nr.	Boden	Fruchtart	N [kg/ha]	P [kg/ha]	K [kg/ha]	Ca [kg/ha]
1	Pseudogley aus Geschiebelehm	Silomais	59	0,04	37	102
2	Gley aus fluviatilem Sand	Sommergerste	25	0,12	25	136
3	Gley aus fluviatilem Sand	Sommergerste	32	0,38	40	81
4	Tiefenumbruchboden, Niedermoor	Winterweizen	29	0,06	24	46
5	Gley, schluffiger Sand	Körnermais	51	0,03	24	99
6	Gley, schluffiger Sand z.T. moorig	Winterweizen	3	0,01	11	59

Im Winterhalbjahr 08/09 bewegen sich die Frachten durch die unterdurchschnittliche Sickerwassermenge eher in einem moderaten Bereich.

#### 4.1.5 Nitrat-Tiefenprofile

An zwei Standorten im Pilotgebiet Lager Hase wurden mit einem Flügelbohrer Tiefenbohrungen vorgenommen. Pro Standort wurden jeweils drei Bohrungen in 2 m Abstand abgetäuft. In den ersten 150 cm wurde alle 30 cm eine Probe entnommen, ab 150 cm Tiefe alle 50 cm. Die Bodenproben wurden auf Nitrat, Ammonium und Sulfat untersucht. Die Ergebnisse der drei einzelnen Bohrungen wurden jeweils gemittelt und in Form von Tiefendiagrammen dargestellt (Abb. 13 und 14).

Am Standort Lager Hase 4 Cappeln, Elsten wurde die Bohrung ca. 50 m vom Dränauslass entfernt auf der Ackerfläche ausgeführt. Es handelt sich um einen Tiefenumbruchboden, bei dem Niedermoor torflagen mit dem Liegenden vermischt wurden. Stellenweise sind unterhalb dieser Schicht noch Stauwasserhorizonte vorhanden. Die Bohrung wurde Anfang Dezember 2009 durchgeführt, zu diesem Zeitpunkt war die Fläche mit Wintergetreide bestellt, die Vorfrucht war Mais.

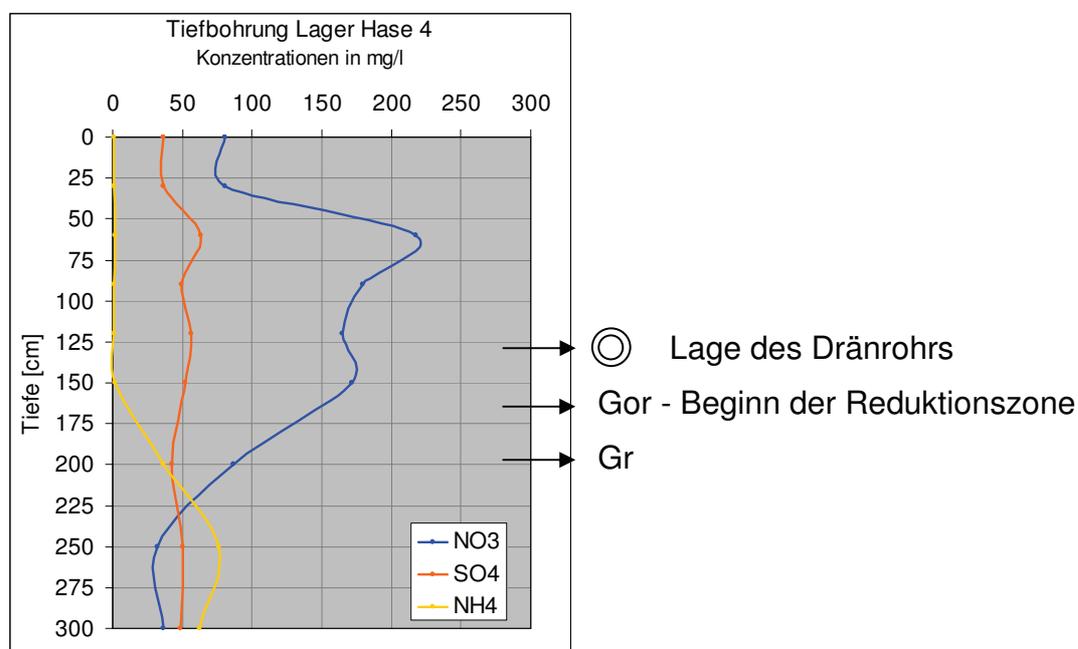


Abb. 13: Ergebnisse der Tiefenbohrung am Standort Lager Hase 4 – Cappeln, Elsten, Tiefenumbruchboden mit Stau- und Grundwassereinfluss

Die Abbildung 13 zeigt, dass zum Probenahmezeitpunkt bereits ein Teil des Nitrats aus dem Oberboden in tiefere Schichten verlagert worden ist. Der höchste Gehalt wurde in 60 cm Tiefe mit 218 mg/l gemessen. Diese hohen Konzentrationen sind nach Mais durchaus typisch. Unterhalb des Dränrohrs treten zunehmend reduzierende Verhältnisse auf. Die Nitratkonzentration geht ab diesem Punkt kontinuierlich zurück und beträgt in 300 cm Tiefe nur noch 37 mg/l. Gleichzeitig steigt jedoch der Ammoniumgehalt an. Wahrscheinlich liegt hier neben Denitrifikation auch eine Nitrattammonifikation vor. Ein Prozess den Bodenorganismen unter stark anaeroben Verhältnissen durchführen: Statt zu  $N_2$  wird Nitrat über Nitrit zu Ammonium reduziert, während organische Verbindungen oxidiert werden (TATE 2000). Zwar könnte das Ammonium auch aus der Düngung stammen, jedoch müssten die Werte dann auch in den oberen Bodenschichten erhöht sein. In organischen Böden kann Ammonium auch geogenen Ursprungs sein, wenn unter anaeroben Bedingungen organische Substanz mikrobiell zu Ammonium zersetzt wird (BLUME et al. 2002). Durch den fehlenden Sauerstoff findet keine Nitrifikation statt (unter aeroben Bedingungen läuft die Nitrifikation in der Regel schneller ab als die Ammonifikation). An diesem Standort reicht der Torfgehalt jedoch nicht aus, um einen großen Einfluss auf die Ammoniumgehalte zu haben.

Die Sulfatkonzentration zeigt kaum Veränderungen im Tiefenverlauf. Dies macht deutlich, dass die Denitrifikationsprozesse nicht mit einer Sulfidoxidation (Pyrit) verknüpft sind.

Auf der Fläche 6 wurde die Tiefenbohrung ca. 50 m vom Dränauslass und 50 m vom Fladderkanal entfernt Ende November 2009 durchgeführt. Das Dränrohr liegt hier in 90 cm Tiefe. Die höchste Nitratkonzentration wurde in 60 cm Tiefe mit 273 mg/l gemessen (Abb. 14).

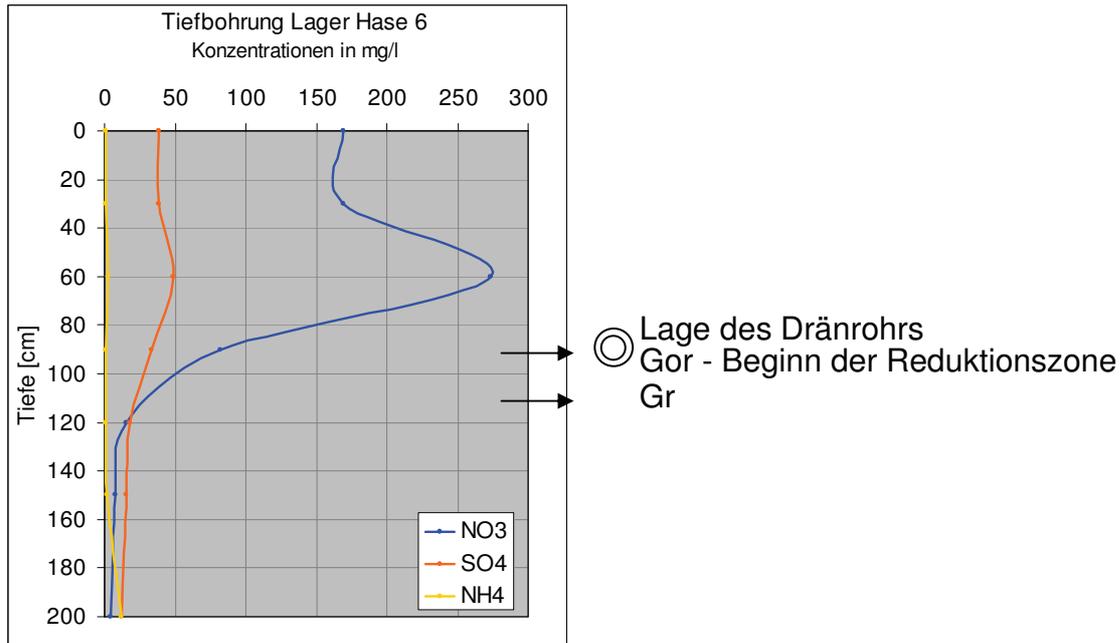


Abb. 14: Ergebnisse der Tiefenbohrung am Standort Lager Hase 6 – Gut Lage, Gley, schluffiger Sand, z.T. anmoorig, Grundwassereinfluss

Auch auf dieser Fläche wurde im Sommer 2009 Mais und nachfolgend Wintergetreide angebaut. Unterhalb des Dränrohrs beginnt nach kurzem Übergang der grau gefärbte, ständig wassergesättigte und durch reduzierende Verhältnisse gekennzeichnete Gr-Horizont. In dieser Tiefe liegt die Nitratkonzentration bereits unter 25 mg NO<sub>3</sub>/l. Ammonium ist an keinem Beprobungspunkt in höheren Konzentrationen enthalten, die Sulfatkonzentration geht ebenfalls ab 120 cm Tiefe stark zurück.

Der deutliche Rückgang der Nitratkonzentrationen unterhalb des Dränrohrs kann mit erhöhten Gehalten an organischer Substanz im Unterboden erklärt werden. Stellenweise sind Anmoorlagen vorhanden, die zu einem erhöhten Anteil an gelösten organischen Verbindungen im Grundwasser führen können und damit einen Nitratabbau unter reduzierten Bedingungen ermöglichen.

Das Dränrohr befindet sich an diesem Standort in einer Tiefe (vgl. Abb. 14), in der noch ausreichend reduzierende Bedingungen vorherrschen und damit Denitrifikationsprozesse stattfinden. Dieses Beispiel zeigt, dass die Denitrifikationsbedingungen (reduzierende Verhältnisse, Vorhandensein von org. Substanz) in der Tiefenlage des

Dränrohrs ein entscheidender Parameter für die auftretenden Nitratkonzentrationen im Dränwasser sein können.

## 4.2 Große Aue

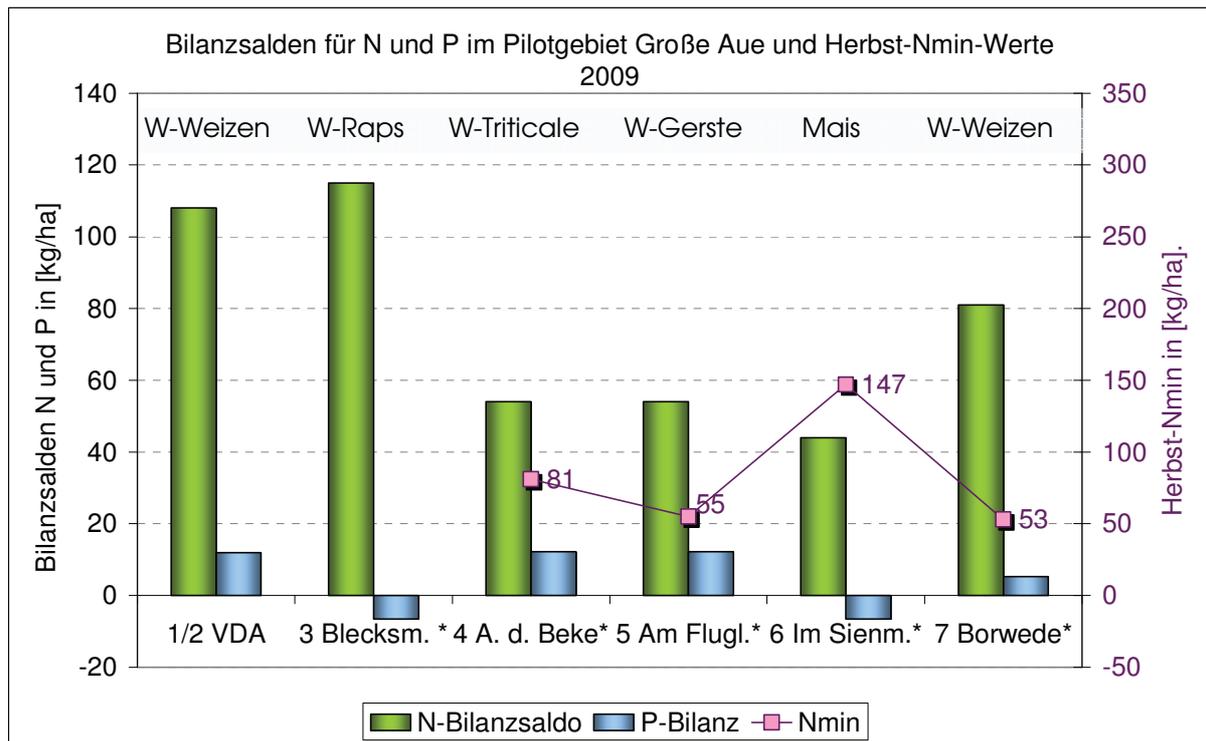
### 4.2.1 Bilanzen und Erträge

Im Pilotgebiet Große Aue liegen nur von zwei Standorten die Erträge und aufgewendeten Düngermengen vor. Die Erträge sind in Tabelle 12 aufgeführt und bewegen sich auf einem mittleren Ertragsniveau.

Tab. 12: Erträge im Pilotgebiet Große Aue

Entnahmestelle/Fläche	Frucht 2009	Ertrag [dt/ha]
1 VDA1	Winterweizen	72
2 VDA2		
3 Blecksmoor	Winterraps	40
4 An der Beke	Wintertriticale	k.A.
5 Am Fluglandplatz	Wintergerste	k.A.
6 Im Sienmoor	Mais	k.A.
7 Borwede	Winterweizen	k.A.

Für vier Standorte kann nur die Bilanz aus der Wasserschutzberatung herangezogen werden. Sie ist jedoch aufgrund einer anderen Herangehensweise (Bedarf-Entzug) nur bedingt vergleichbar. Wie schon im Pilotgebiet Lager Hase befinden sich die Stickstoffbilanzen im stark positiven Bereich (Abb. 15).



\* Bilanz aus der Wasserschutzberatung der Landwirtschaftskammer

Abb. 15: Schlagbilanzen im Pilotgebiet Lager Hase und Herbst-Nmin-Werte im Jahr 2009

Auch die Nmin-Werte zeigen an, dass im Herbst noch erhebliche Stickstoffmengen im Boden vorhanden waren, die aufgrund der ergiebigen Niederschläge von Oktober bis Anfang Dezember 2009 zu großen Teilen bereits aus der Wurzelzone ausgetragen sein dürften.

Der P-Saldo ist nur schwach positiv, auf zwei Flächen sogar negativ.

#### 4.2.2 Verlauf der Nitratkonzentrationen

Die Abbildungen 16 bis 22 zeigen die Nitratkonzentration im Dränwasser im Winterhalbjahr 08/09.

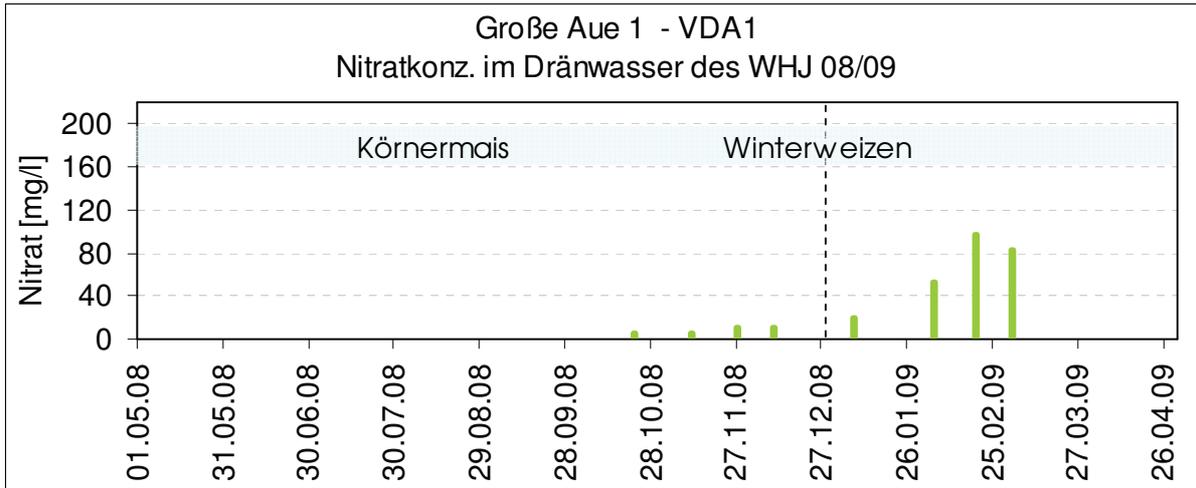


Abb. 16: Nitratkonzentration im Dränwasser, Große Aue 1, Niedermoor/Gley

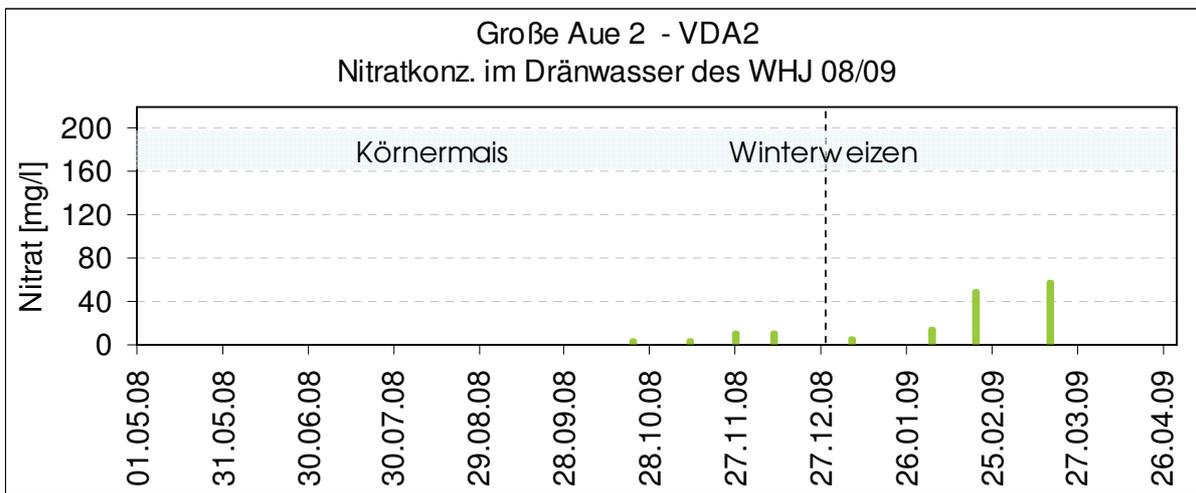


Abb. 17: Nitratkonzentration im Dränwasser, Große Aue 2, Niedermoor/Gley

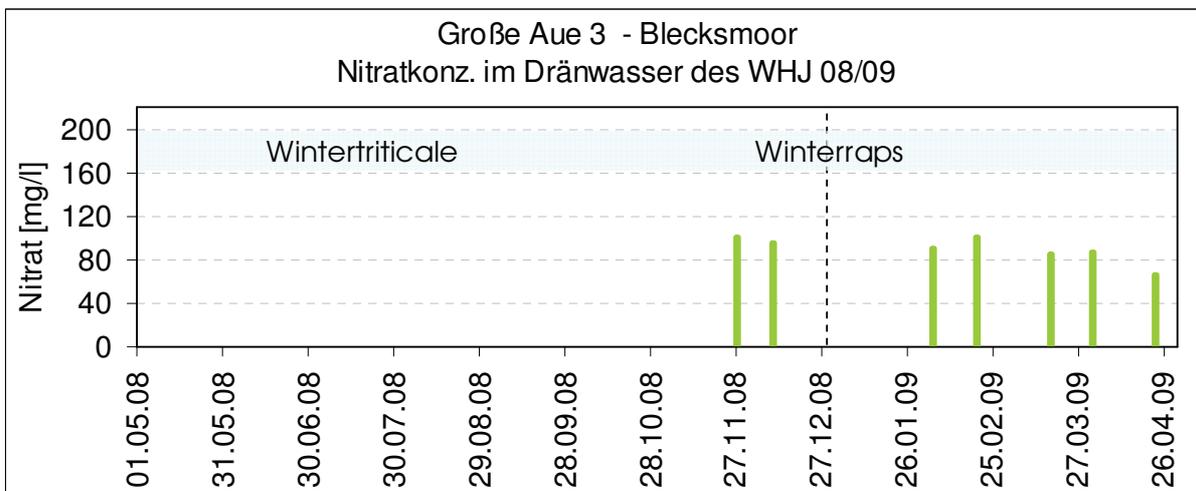


Abb. 18: Nitratkonzentration im Dränwasser, Große Aue 3, Anmoor-Gley

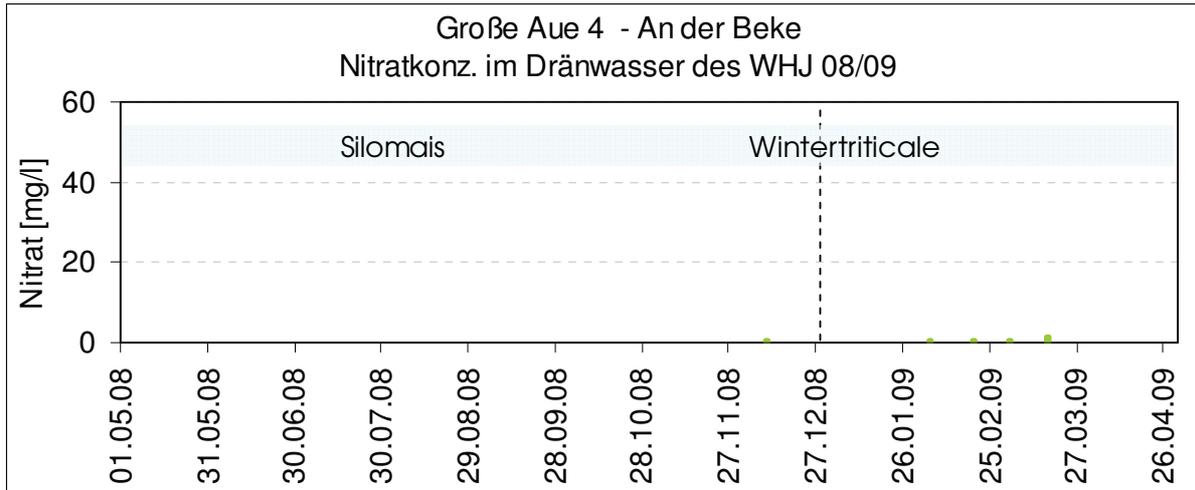


Abb. 19: Nitratkonzentration im Dränwasser, Große Aue 4, Sandmischkultur (Niedermoor)

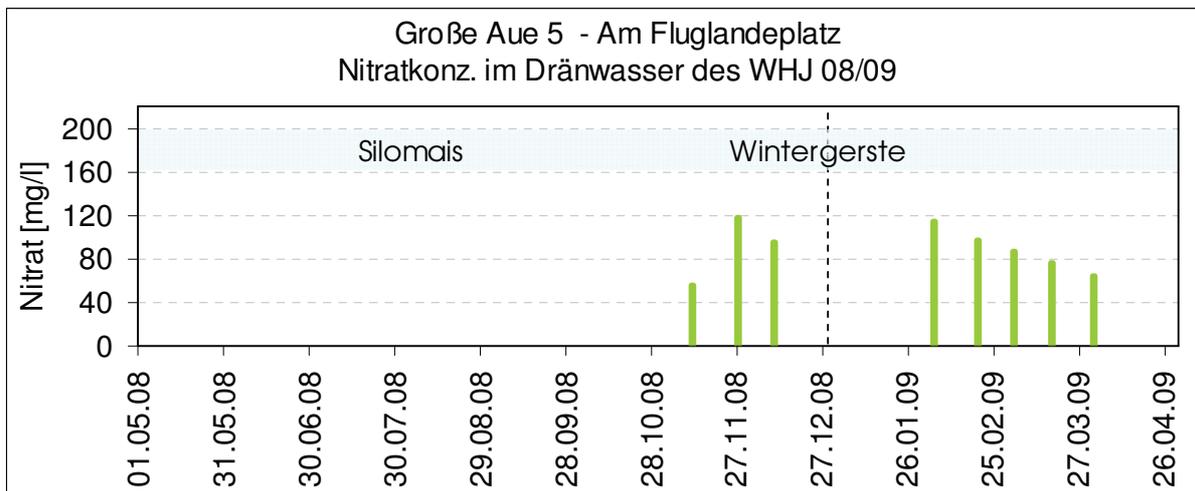


Abb. 20: Nitratkonzentration im Dränwasser, Große Aue 5, Sandmischkultur (Hochmoor)

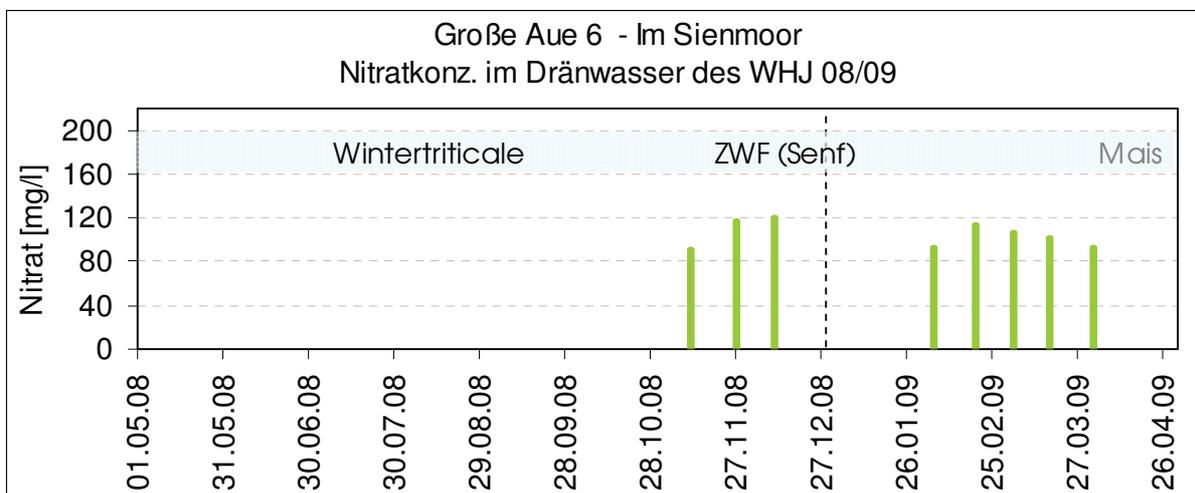


Abb. 21: Nitratkonzentration im Dränwasser, Große Aue 6, Gley (Sand)

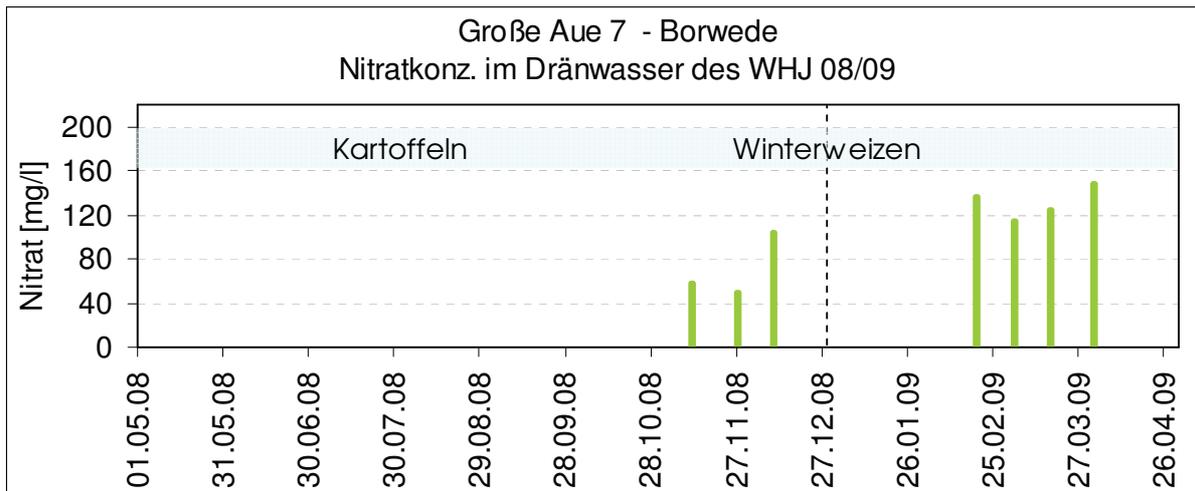


Abb. 22: Nitratkonzentration im Dränwasser, Große Aue 7, Pseudogley-Parabraun-erde (Sandlöß)

Wie im Pilotgebiet Lager Hase ist auch hier der Maisanteil in der Fruchtfolge hoch. Die Nitratkonzentrationen sind jedoch trotz ortsüblicher Düngung insbesondere auf der Fläche 2 und 4 deutlich niedriger als in Lager Hase. Da es sich um Böden mit einem hohen Torfanteil handelt, kann von einem Nitrat-Abbau durch Denitrifikation ausgegangen werden. Obwohl die Dränauslässe 1 und 2 auf derselben Fläche liegen, weichen die Nitratkonzentrationen merklich voneinander ab. Daran wird deutlich, dass das Denitrifikationspotenzial räumlich stark schwanken kann. So kann es einen erheblichen Unterschied machen, ob ein Dränrohr häufiger unter oder über der Grundwasserlinie liegt.

An den Dränauslässen der Flächen 6 und 7 wurden im Winter 08/09 ebenfalls hohe Nitratkonzentrationen gemessen. Aus Feldversuchen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen in Kooperation mit dem LBEG in Hohenzethen ist bekannt, dass nach Sollwert gedüngte Kartoffeln deutlich mehr Nitrat im Boden hinterlassen als Zuckerrüben oder Winterroggen.

#### 4.2.3 Mittlere Stoffkonzentrationen

In Tabelle 13 sind mittleren Stoffkonzentrationen im Dränwasser im Winterhalbjahr 08/09 dargestellt.

Tab. 13: Mittlere Stoffkonzentrationen im Dränwasser des Pilotgebietes Große Aue im Winterhalbjahr 08/09

Nr.	Boden	Fruchtart	NO <sub>3</sub>	Fe	P*	NH <sub>4</sub>	K	Ca
			[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
1	Niedermoor/Gley	Körnermais	35	1,51	0,04	0,68	3	43
2	Niedermoor/Gley	Körnermais	19	0,58	0,02	0,20	2	47
3	Anmoor-Gley	Wintertriticale	89	0,25	0,02	0,07	13	62
4	Sandmischkultur (Niedermoor)	Silomais	0,4	3,32	0,07	0,58	9	35
5	Sandmischkultur (Hochmoor)	Silomais	89	0,34	0,34	0,09	38	29
6	Gley (Sand)	Wintertriticale	104	0,17	0,02	0,07	5	53
7	Pseudogley-Para- braunerde (Sandlöß)	Kartoffeln	105	0,02	0,01	0,05	14	45

\* entspricht ~ ortho-Phosphat-P

Die erhöhten Gehalte an zweiwertigem Eisen im Dränwasser der Flächen 1 bis 5 sind ein Indikator für erhöhte Denitrifikationspotentiale. Auffällig sind die hohen Eisengehalte am Standort 4. Das weist auf niedrige Redoxpotentiale und damit gute Denitrifikationsbedingungen in der Umgebung der Dränrohre hin. Die Bedeutung der Redox-Bedingungen in der Tiefenlage der Dränrohre für die Nitratkonzentrationen im Dränwasser zeigt ein Vergleich der Flächen 4 und 5 (siehe Tab. 13). Diese beiden vom gleichen Betrieb bewirtschafteten und mit der gleichen Fruchtart bestellten Flächen zeigen vollkommen unterschiedliche Nitratkonzentrationen im Dränwasser. Während bei Fläche 4 unter den oben beschriebenen optimalen Denitrifikationsbedingungen ein nahezu vollständiger Nitratabbau stattfindet (0,4 mg NO<sub>3</sub>/l), ist unter den stärker oxidierenden Bedingungen bei Fläche 5 der Nitratabbau stark vermindert, was zu entsprechend höheren Nitratkonzentrationen im Dränwasser (89 mg NO<sub>3</sub>/l) führte.

Wie bereits in Kapitel 1 erwähnt, sind auf Hochmoorböden erhöhte ortho-Phosphat-P-Austräge zu erwarten und werden auch im Dränwasser der Fläche 5 wiedergefunden. Mit 0,34 mg/l wird der Orientierungswert der FGG überschritten. Auf allen anderen Flächen wird der Orientierungswert zum Teil deutlich unterschritten.

Die Ammoniumgehalte liegen auf den Flächen 1 und 4 leicht oberhalb des Grenzwertes der Trinkwasserverordnung von 0,5 mg/l (TRINKWV 2001). Diese könnten so-

wohl geogenen Ursprungs als auch durch Nitratammonifikation verursacht sein (vgl. Kap. 4.1.5).

Die erhöhten Kaliumkonzentrationen im Dränwasser der Fläche 5 weisen auf eine verstärkte Ausbringung von Ringergülle hin.

#### 4.2.4 Nitratfrachten

Zur Berechnung der Frachten wurden die Nährstoffkonzentrationen mit einer Sickerwassermenge von 200 mm verrechnet (Tab. 14).

Tab. 14: Mittlere Frachten im Dränwasser des Pilotgebietes Große Aue im Winterhalbjahr 08/09

Nr.	Boden	Fruchtart	N	P	K	Ca
			[kg/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]
1	Niedermoor/Gley	Körnermais	16	0,07	5	85
2	Niedermoor/Gley	Körnermais	9	0,04	3	95
3	Anmoor-Gley	Wintertriticale	40	0,03	26	124
4	Sandmischkultur (Niedermoor)	Silomais	0,2	0,14	19	69
5	Sandmischkultur (Hochmoor)	Silomais	40	0,68	77	59
6	Gley (Sand)	Wintertriticale	47	0,03	9	106
7	Pseudogley-Parabraunerde (Sandlöß)	Kartoffeln	48	0,02	27	89

Da das Winterhalbjahr 08/09 eher trocken war, dürften im Vergleich zum nassen Winter im Vorjahr weniger Nährstoffe ausgetragen worden sein.

### 4.3 Ilmenau/Jeetzel

#### 4.3.1 Bilanzen und Erträge

Tabelle 15 zeigt die Erträge im Pilotgebiet Ilmenau/Jeetzel. Das extensive Grünland wurde einmal geschnitten. Für den Schnitt kann ein Ertrag von 50 dt/ha angenommen werden, der Winterweizenertrag liegt auf hohem Niveau.

Tab. 15: Erträge im Pilotgebiet Ilmenau/Jeetzel

Entnahmestelle/Fläche	Frucht 2009	Ertrag [dt/ha]
1 Am Elbe-Seitenkanal	Pflanzkartoffeln	k.A.
2 Tolstefanz, Marsch	Winterweizen	86
3 Tolstefanz, Im Moor	extensives Grünland	50
4 Tolstefanz, An der Besemühle	extensives Grünland	50
5 Tolstefanz, An der Besemühle	extensives Grünland	50

Die sich aus den Erträgen und der Düngung ergebenden Bilanzsalden sind in Abbildung 23 dargestellt.

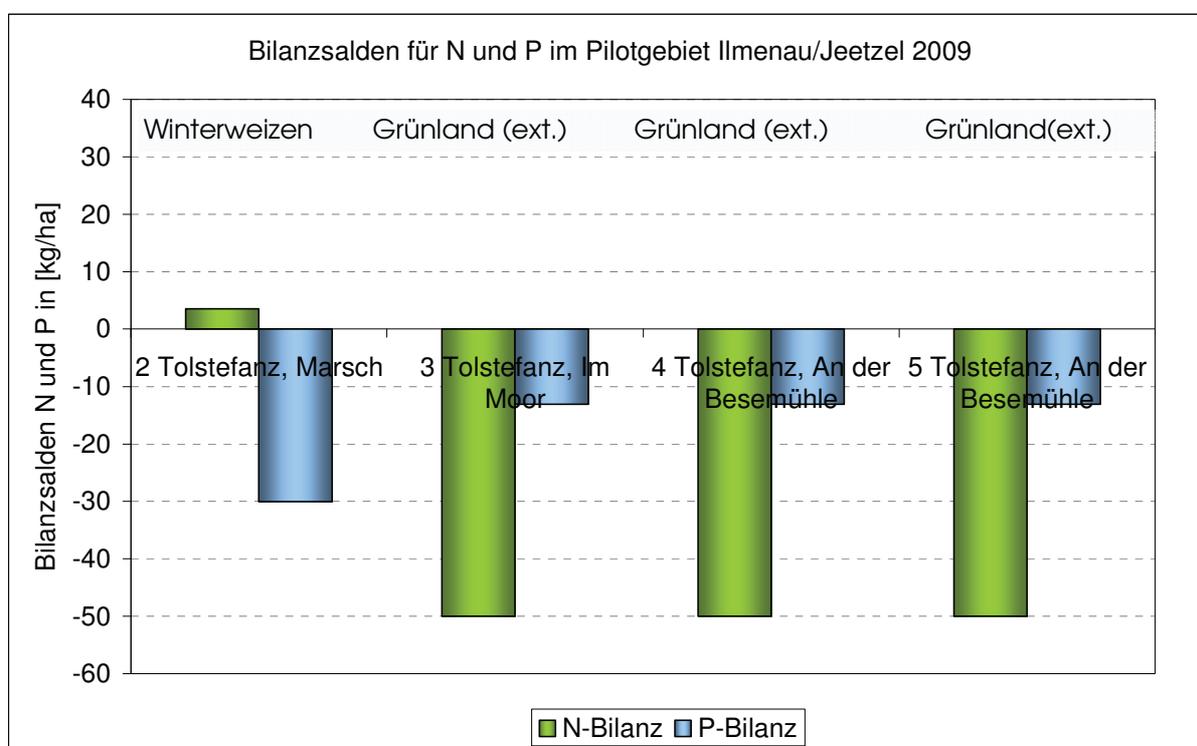


Abb. 23: Schlagbilanzen im Pilotgebiet Ilmenau/Jeetzel

Auf der Fläche 2 wurde ausschließlich mit KAS (Kalkammonsalpeter) gedüngt, dadurch ergibt sich eine negative Phosphorbilanz. Die Stickstoffbilanz ist annähernd ausgeglichen. Die drei Grünlandflächen wurden nicht gedüngt, da dennoch ein Entzug stattfand, werden negative Bilanzsalden für Stickstoff und Phosphor erzielt.

### 4.3.2 Verlauf der Nitratkonzentrationen

In den Abbildungen 24 bis 27 sind die Nitratkonzentrationen im Dränwasser und die Fruchtfolge für das Winterhalbjahr 08/09 im Pilotgebiet Ilmenau/Jeetzel dargestellt, sofern für den Standort Daten vorlagen.

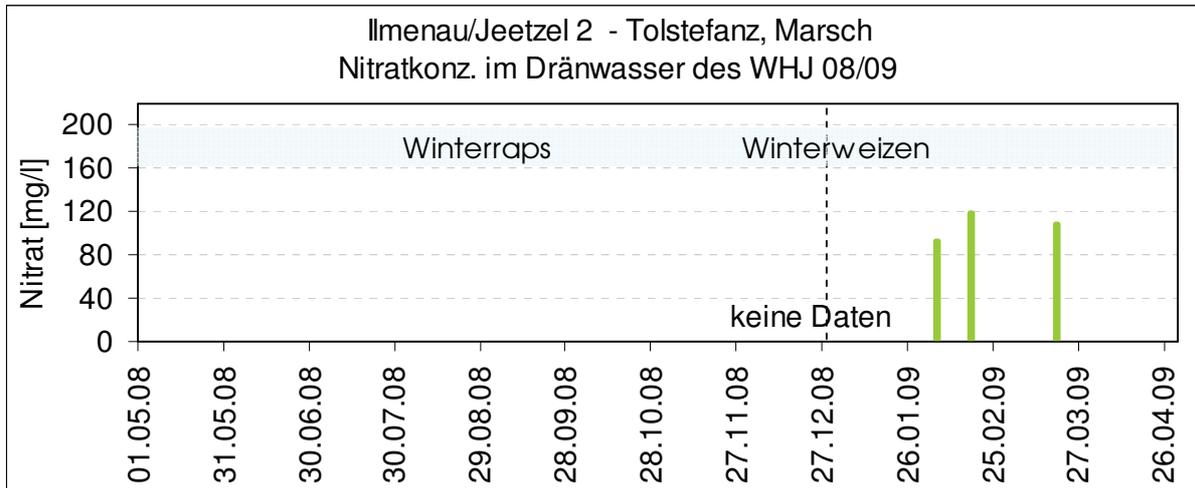


Abb. 24: Nitratkonzentration im Dränwasser, Ilmenau/Jeetzel 2, Gley (lehmgiger Sand)

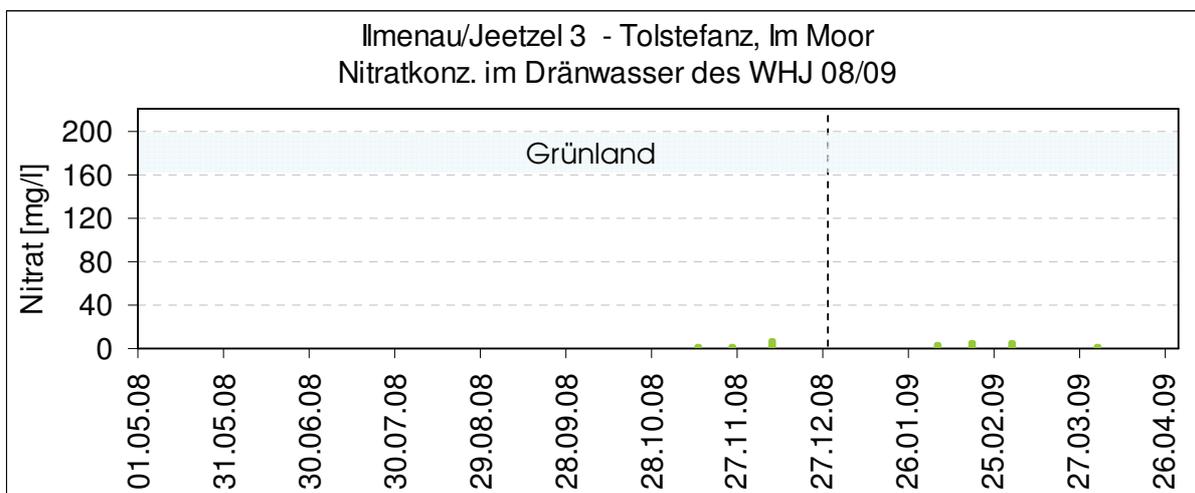


Abb. 25: Nitratkonzentration im Dränwasser, Ilmenau/Jeetzel 3, Niedermoor

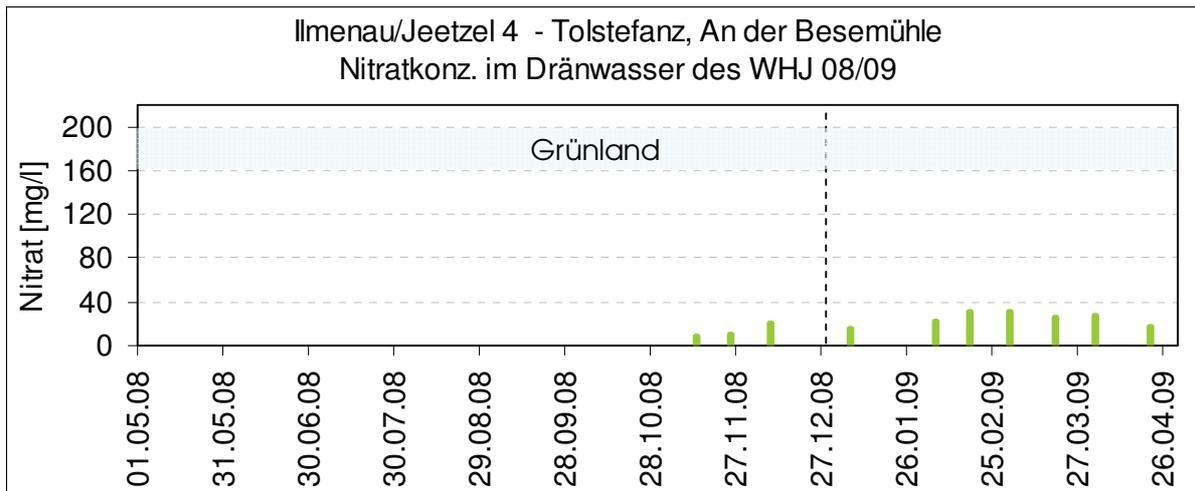


Abb. 26: Nitratkonzentration im Dränwasser, Ilmenau/Jeetzel 4, Hanggley (Sand)

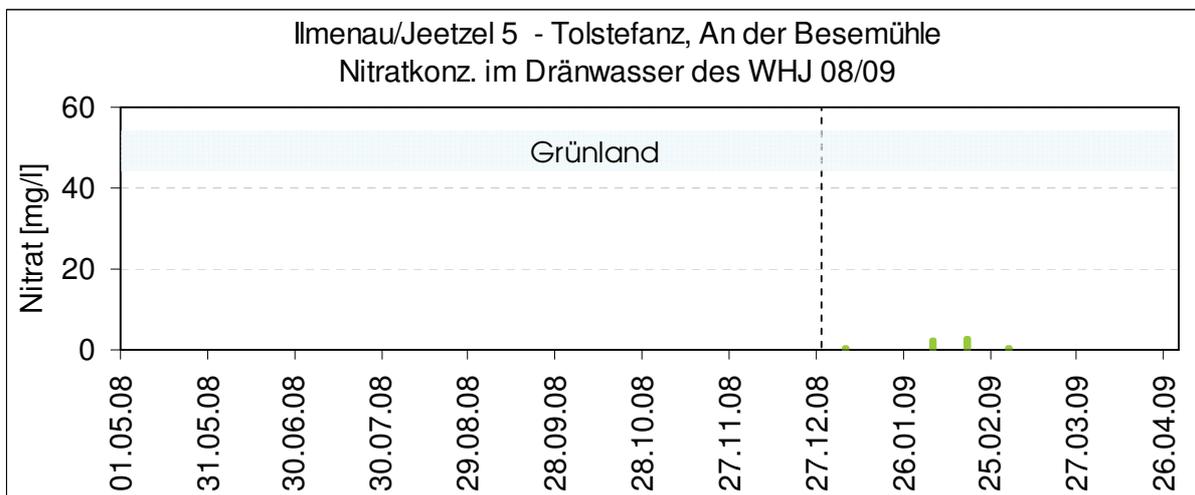


Abb. 27: Nitratkonzentration im Dränwasser, Ilmenau/Jeetzel 4, Gley

Die drei Grünlandstandorte weisen sehr niedrige Nitratkonzentrationen auf. Dies ist wahrscheinlich größtenteils auf die extensive Bewirtschaftung zurückzuführen, da die Flächen werden nicht gedüngt werden. Am Standort 3 kann auch Denitrifikation durch den hohen Anteil an organischer Substanz bei gleichzeitig reduzierenden Bedingungen von Bedeutung sein. Die leicht erhöhten Werte auf der Fläche 4 hängen vermutlich mit dem Hangwassereinfluss durch die oberhalb des Schlages liegende Ackerfläche zusammen.

### 4.3.3 Mittlere Stoffkonzentrationen

Die untersuchten löslichen Nährstoffe sind in Tabelle 16 dargestellt. Am Standort 3 deuten die leicht erhöhten Eisen- und Ammoniumgehalte auf Denitrifikation hin. Auffällig ist der hohe Calciumgehalt am Standort 2, er ist eventuell auf eine Kalkungsmaßnahme zurückzuführen.

Tab. 16: Mittlere Stoffkonzentrationen im Dränwasser des Pilotgebietes Ilmenau/Jeetzel im Winterhalbjahr 08/09

Nr.	Boden	Fruchtart	NO <sub>3</sub> [mg/l]	Fe [mg/l]	P [mg/l]	NH <sub>4</sub> [mg/l]	K [mg/l]	Ca [mg/l]
2	Gley, lehmiger Sand	Winterraps	106	0,004	0,03	0,02	1,1	152
3	Niedermoor	Extensivgrünland	2,6	1,73	0,06	0,57	2,7	90
4	Hanggley, Sand	Extensivgrünland	19	0,11	0,01	0,03	1,5	73
5	Gley	Extensivgrünland	0,9	1,11	0,04	0,09	0,8	65

### 4.3.4 Nitratfrachten

Die in Tabelle 17 dargestellten Frachten wurden unter Annahme einer Dränwasserspende von 160 mm im Winterhalbjahr 08/09 berechnet. Dieser Wert wurde aus Sickerwasseruntersuchungen am ca. 15 km entfernten Versuchsstandort Hohenzethen der Landwirtschaftskammer abgeleitet, an dem sich eine vom LBEG betriebene Lysimeterstation befindet. Im östlichen Niedersachsen sind die Niederschläge generell etwas niedriger, viele Flächen werden daher künstlich beregnet.

Tab. 17: Mittlere Frachten im Dränwasser des Pilotgebietes Ilmenau/Jeetzel im Winterhalbjahr 08/09

Nr.	Boden	Fruchtart	N [kg/ha]	P [kg/ha]	K [kg/ha]	Ca [kg/ha]
2	Gley, lehmiger Sand	Winterraps	38	0,05	1,7	243
3	Niedermoor	Extensivgrünland	0,9	0,10	4,3	144
4	Hanggley, Sand	Extensivgrünland	7,0	0,01	2,5	117
5	Gley	Extensivgrünland	0,3	0,07	1,2	105

Die Frachten fallen aufgrund der niedrigen Dränwassermenge und der meist niedrigen Konzentrationen entsprechend gering aus.

## 5 Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass die Höhe der Nitratkonzentration im Dränwasser von der Fruchtart, der Höhe der Düngung bzw. den Stickstoffüberschüssen und auch von den Bodenverhältnissen beeinflusst wird. Um den Einfluss der einzelnen Faktoren genauer beziffern zu können, sind jedoch langjährige Messungen und Vergleiche mit den Nährstoffbilanzen notwendig. Bei den hier vorliegenden Dränwasseruntersuchungen handelt es sich um einjährige Ergebnisse. Alle Interpretationen sind daher als vorläufig zu betrachten. Trotz dieser Einschränkung kann zusammenfassend sehr gut gezeigt werden, wie sich z.B. die Fruchtfolge oder die Standortbedingungen auf die Nitratkonzentrationen bzw. die Nitrat-N-Frachten auswirkt (vgl. Tab. 18 und 19).

Tab. 18: Einfluss des Denitrifikationspotentials auf die Nitratkonzentration (mg/l) im Winterhalbjahr 08/09

Nitratkonzentration [mg/l] Fruchtart	Denitrifikationspotential		
	gering	mittel	hoch
Mais	131		
	114	35	19
	89		0,4
Kartoffeln	105		
Getreide (+ZWF)		64	
	104	6	
	89	56	
	106	71	

Tab. 19: Einfluss des Denitrifikationspotentials auf die Nitrat-N-Fracht [kg N/ha·a] im Winterhalbjahr 08/09

Fracht [kg N/ha·a] Fruchtart	Denitrifikationspotential		
	gering	mittel	hoch
Mais	59		
	51	16	9
	40		0,2
Kartoffeln	48		
Getreide (+ZWF)		3	
	47	29	
	40	25	
	38	32	
extensives Grünland	<10		0,9

Trotz aller Einschränkungen hinsichtlich der Vergleichbarkeit liegen die anhand der Dränwasseruntersuchungen berechneten Nitrat-N-Frachten (vgl. Tab. 19) in Höhe von 25-50 kg N/ha·a (z.T. >50 kg N/ha·a) für geringe bis mittlere Denitrifikationsbedingungen. Dies liegt etwa in der gleichen Größenordnung wie vom Forschungszentrum Jülich für diese Standorte berechnet (vgl. Endbericht Forschungszentrum Jülich, KUNKEL & WENDLAND 2010, Karte 18: N-Austräge in die Oberflächengewässer über künstliche Dränagen).

Die gemessenen mittleren Nitratkonzentrationen im Dränwasser der Standorte mit geringem Denitrifikationspotential werden durch Sickerwasseruntersuchungen im Rahmen der Grundwasserschutz-Versuche der Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Thülsfelde, Hohenzethen) bestätigt. So liegen die Nitratkonzentrationen im Dränwasser nach Mais bei etwa 90-130 mg NO<sub>3</sub>/l. Eine vergleichbare Nitratkonzentration wird im Sickerwasser des Feldversuches Thülsfelde bei Düngung nach Sollwert, Variante 6, gemessen (Abb. 28).

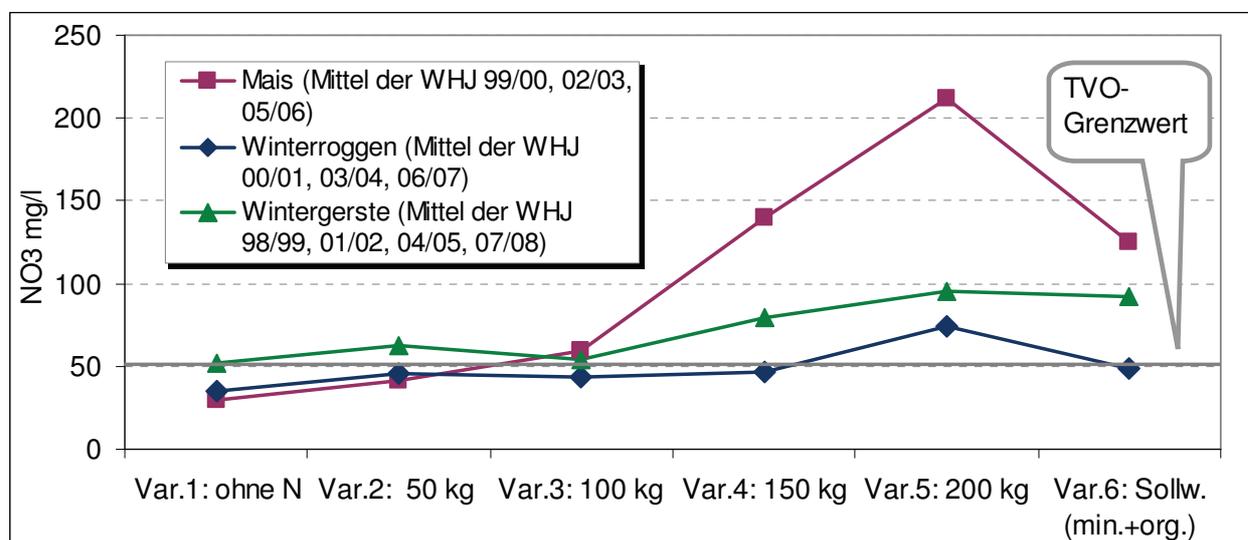


Abb. 28: Einfluss von N-Düngung und Fruchtart auf die mittleren Nitratkonzentrationen im Sickerwasser in 8 dm Tiefe

Um das in den Szenarioberechnungen des Forschungszentrums Jülich angenommene Umweltziel von 50 mg NO<sub>3</sub>/l im Sickerwasser zu erreichen, müsste nach den Ergebnissen des Feldversuches Thülsfelde die N-Düngung zu Mais auf ca. 100 kg N/ha reduziert werden (vgl. Abb. 28).

Nach Berechnungen des Forschungszentrums Jülich werden z.B. im Pilotgebiet Lager Hase bei Erfüllung des Umweltziels von 50 mg NO<sub>3</sub>/l im Sickerwasser im Flächenmittel der Maßnahmenflächen „Grundwasserschutz“ die Stickstoffausträge über den Dränabfluss um 385 t/a oder um 20 % gegenüber dem Ist-Zustand reduziert. Zur Erreichung dieses Umweltziels errechnet sich in den Maßnahmengebieten ein Minderungsbedarf des Stickstoffüberschusses von ca. 50 kg N/ha\*a (vgl. Endbericht Forschungszentrum Jülich, KUNKEL & WENDLAND 2010). Überschlägige Berechnungen und die Erfahrungen in den Wasserschutzgebieten zeigen, dass mit den herkömmlichen, auch im WAgriCo-Projekt untersuchten Maßnahmen, der Stickstoffüberschuss um lediglich ca. 10-15 kg N/ha\*a reduziert werden kann. Es erscheint daher als sinnvoll, auch weitere, ergänzende Maßnahmen zur Reduktion der Stickstoffausträge mit dem Dränwasser zu untersuchen.

Die Auswertungen der Dränwasseruntersuchungen zeigen, dass in den niedersächsischen Niederungsgebieten die Denitrifikation ein wichtiger Prozess zur Reduzierung der Nitratkonzentrationen im Dränwasser darstellt. Es stellt sich daher die Frage nach einer gezielten Steuerung der Denitrifikationsprozesse im Boden.

Um einen Nitratabbau im Unterboden zu fördern, müssen die folgenden Bedingungen erfüllt sein:

- reduzierende Bedingungen im Bereich des Dränrohres
- Kohlenstoffquelle (org. Substanz) im Unterboden
- erhöhte Verweilzeit des Sickerwassers im Unterboden

Durch Steuerung des Dränabflusses an der Dränrohrausmündung (kontrollierte Dränung) in den Vorfluter kann in den Wintermonaten der Grundwasserstand um ca. 20 - 30 cm angehoben werden, damit sich das Dränrohr permanent unter Wasser befindet (Abb. 29).

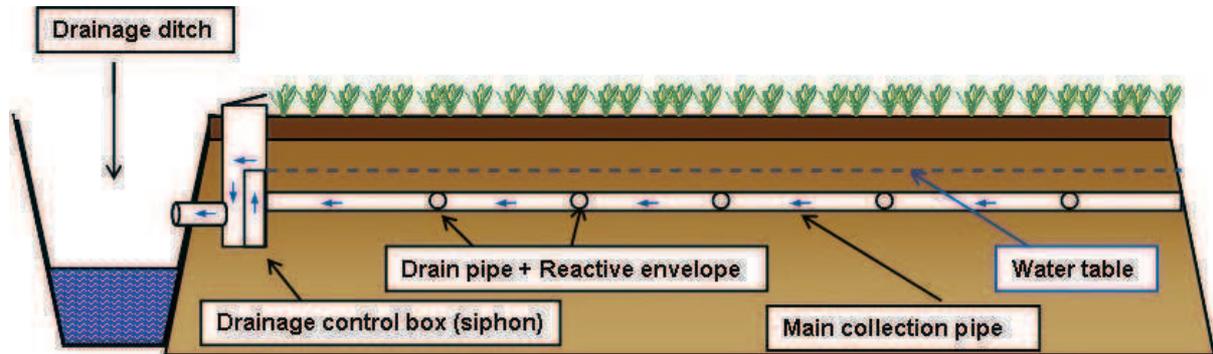


Abb. 29: kontrollierte Dränung

Im Bereich des Dränrohres stellen sich reduzierende Bedingungen ein, die einen Nitratabbau ermöglichen. Die zum Nitratabbau notwendige Kohlenstoffzufuhr kann je nach Standortbedingungen durch Verwendung eines organischen Dränfilters in Sandböden (Abb. 30 a), durch Einbringen von organischem Material in die Drängräben (Abb. 30 b) oder über natürlich vorhandene Humusvorräte im Unterboden (Abb. 30 c und d) erfolgen.

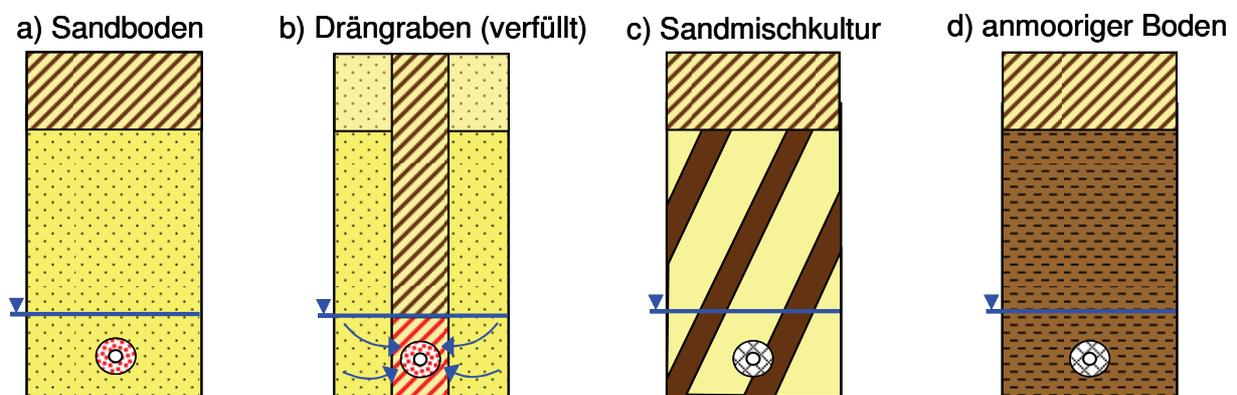


Abb. 30: geeignete Böden und Verfahren

Einstausysteme zur kontrollierten Dränung sind aus den USA und den Niederlanden bekannt und zielen darauf ab, die Verweilzeit des Wassers im Boden zu erhöhen. Gleichzeitig geben sie dem Landwirt die Möglichkeit, den Wasserhaushalt des Bodens aktiv zu steuern und der in den letzten Jahren vermehrt auftretenden Frühjahrestrockenheit zu begegnen. Erste erfolgversprechende Versuche mit abbaubaren

Dränfiltermaterialien zur Steigerung der Denitrifikation wurden am LBEG durchgeführt (Fier et al. 2009b).

## 6 Zusammenfassung

In den drei Pilotgebieten wurden insgesamt 18 Dränauslässe beprobt. Die ausgewählten Flächen decken die wichtigsten auf Dränstandorten verbreiteten Bodentypen in Niedersachsen ab: Gleye, Pseudogleye, Niedermoore, Hochmoore, Sandmischkulturen und weitere Subtypen. Im Pilotgebiet Lager Hase wurden in den Winterhalbjahren 07/08 und 08/09 Dränwasserproben gewonnen, in den Pilotgebieten Große Aue und Ilmenau/Jeetzel liegen Ergebnisse aus dem Winterhalbjahr 08/09 vor. Um den Einfluss der einzelnen Faktoren (wie z.B. Nutzung, Fruchtfolge, Standortbedingungen) genauer beziffern zu können, sind langjährige Messungen und Vergleiche mit den Nährstoffbilanzen notwendig. Die bisher gewonnen Ergebnisse bieten lediglich einen ersten Überblick.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Höhe der Nitratkonzentration im Dränwasser maßgeblich von der Fruchtart, der Höhe der Düngung bzw. den Stickstoffüberschüssen und den Bodenverhältnissen beeinflusst wird.

1. Die drei untersuchten extensiv bewirtschafteten Grünlandstandorte wiesen sehr niedrige Nitratkonzentrationen auf, die unterhalb des Grenzwertes der Trinkwasserverordnung von 50 mg NO<sub>3</sub>/l (TRINKWV 2001) und auch unterhalb des Orientierungswertes der Flussgebietsgemeinschaft Weser (FGG) von 3 mg N/l liegen.
2. Unter Ackernutzung wird das Umweltziel von 50 mg/l NO<sub>3</sub> im Sickerwasser auf Standorten mit geringem Denitrifikationspotential hingegen in der Regel überschritten. Besonders nach Mais wurden erhöhte Nitratkonzentrationen im Dränwasser festgestellt.
3. Auf Ackerstandorten mit erhöhten Gehalten an organischer Substanz bzw. Torfen im Unterboden und gleichzeitig reduzierenden Bedingungen in Dränrohrtiefe werden in der Regel niedrigere Nitratkonzentrationen (< 50 mg NO<sub>3</sub>/l) gemessen, was mit einem erhöhten Nitratabbau zu erklären ist.

4. Bei den reinen Mineralbodenstandorten lagen die Gehalte an löslichem Phosphor im Dränwasser in der Regel unterhalb des Orientierungswertes der Flussgebietsgemeinschaft Weser (FGG) von 0,07 mg P/l ortho-Phosphat. Dies gilt auch für die Standorte in den Veredelungsregionen. Erhöhte Konzentrationen an löslichem Phosphor im Dränwasser (oberhalb des Orientierungswertes) konnten auf geogene Ursachen (Vivianit im Unterboden) zurückgeführt werden, oder mit einer erhöhten Phosphorlöslichkeit und -verlagerbarkeit in den Torfbalken von Sandmischkulturen erklärt werden.
5. Die Ammoniumkonzentrationen im Dränwasser lagen bei den reinen Mineralbodenstandorten in der Regel unterhalb des Schwellenwertes der Grundwassertochterrichtlinie von 0,5 mg NH<sub>4</sub>/l. Erhöhte Ammoniumkonzentrationen wurden an Standorten mit Torfanteilen bzw. moorigen/anmoorigen Horizonten im Unterboden und gleichzeitig reduzierenden Bedingungen in Dräntiefe gemessen. Zu erklären sind diese erhöhten Ammoniumkonzentrationen mit einer Nitratammonifikation unter bestimmten Redoxbedingungen bzw. mit einer Ammonifikation bei der Zersetzung organischer Substanz unter reduzierenden Bedingungen.
6. Die Ergebnisse zeigen, dass die natürlichen Nitratabbauprozesse (Denitrifikation) in den niedersächsischen Niederungsgebieten unter geeigneten Standortbedingungen einen deutlichen Beitrag zur Reduktion der Nitrateinträge in die Oberflächengewässer leisten.
7. Eine gezielte Steuerung der Denitrifikationsprozesse im Unterboden, z.B. durch eine kontrollierte Dränung, erscheint bei geeigneten Standortbedingungen (ausreichend organische Substanz im Unterboden, ebenes Gelände) durchaus möglich und könnte eine ergänzende Maßnahme zu Reduktion der Nitrateinträge in die Oberflächengewässer (in Niederungsgebieten) darstellen. Die Erprobung einer solchen Maßnahme im Feldversuch steht noch aus.

## 7 Literatur

- ANTONY, F.; VON BUTTLAR, C.; FIEDLER, L.; GÖDECKE, B.; HÖLSCHER, J.; LÖLOFF, A.; SCHÜLTKEN, H.; WACKER, H. (2001): Anwenderhandbuch für die Zusatzberatung Wasserschutz. Grundwasserschutzorientierte Bewirtschaftungsmaßnahmen in der Landwirtschaft und Methoden zu ihrer Erfolgskontrolle. NLÖ – Niedersächsisches Landesamt für Ökologie (Hrsg.), Hildesheim.
- BLANKENBURG, J.; SCHEFFER, B. (2008): Nährstoffausträge gedränter landwirtschaftlicher Flächen Nordwest-Deutschlands. In: DWA (Hrsg.) Dränung – Nährstoffausträge, Flächenerfassung und Management. S. 47-58. DWA, Honnef.
- BLUME, H.-P., BRÜMMER, G., SCHWERTMANN, U., HORN, R., KÖGEL-KNABNER, I., STAHR, K., AUERSWALD, K., BEYER, L., HARTMANN, A., LITZ, N., SCHEINOST, A., STANJEK, H. und WELP, G. (Hrsg.) (2002): Lehrbuch der Bodenkunde, 15. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin. 593 S.
- FGG – Flussgebietsgemeinschaft Weser (2009): Bewirtschaftungsplan 2009 für die Flussgebietseinheit Weser (nach § 36b WHG). Download unter: [http://www.fgg-weser.de/download\\_dokumente.html](http://www.fgg-weser.de/download_dokumente.html)
- FIER, A.; SCHÄFER, W.; UHLMANN, J.; EILER, T. (2009a): Stickstoffdüngung und Grundwasserschutz - Ergebnisse aus dem Feldversuch Thülsfelde. Link: <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/betriebumwelt/nav/197/article/12030.html> am 20.10.2010.
- FIER, A. HÖPER, W. SCHÄFER, U. MÖLLER (2009b): Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten von Dränfiltern aus Xylit – Können organische Dränfilter zum Nitratabbau beitragen? Tagungsbeitrag zur Jahrestagung der DBG, Kom. III, Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation): <http://www.dbges.de>
- GÄTH, S; ANTHONY, F.; BECKER, K.W.; GERIES, H., HÖPER, H.; KERSEBAUM, K.-C.; NIEDER, R. (1997): Bewertung der standörtlichen Denitrifikations- und Mineralisati-

ons/ Immobilisations-Potentials von Böden. Mitt. Dt. Bodenkundl. Ges. 85 III, S. 1373-1376.

LAWA - Bund-Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.) (1998): Beurteilung der Wasserbeschaffenheit von Fließgewässern in der Bundesrepublik Deutschland - Chemische Gewässergüteklassifikation. Bearbeitet vom LAWA-Arbeitskreis "Zielvorgaben" in Zusammenarbeit mit LAWA-Arbeitskreis "Qualitative Hydrologie der Fließgewässer". 1. Aufl. 1998, Kulturbuchverlag, Berlin.

LAWA - Bund-Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser (2004): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser. Kulturbuch-Verlag GmbH, Berlin (Download unter [www.lawa.de/pub/thema/grundw.html](http://www.lawa.de/pub/thema/grundw.html)).

KUNKEL, R.; WENDLAND, F. (2010): Räumlich differenzierte Quantifizierung der N-Belastung der Grund- und Oberflächengewässer von Lager Hase, Großer Aue und Ilmenau/Jeetzel unter besonderer Berücksichtigung diffuser landwirtschaftlicher Quellen. Endbericht des FZJ zum WAgriCo 2- Vorhaben „Wasserwirtschaft in Kooperation mit der Landwirtschaft“.

NIEDER R.; SCHOLLMAYER, G.; RICHTER, J. (1989): Denitrification in the rooting zone of cropped soils with regard to methodology and climate: A review. *Biology and Fertility of Soils* 8, S. 219-226.

SCHEFFER, B. & BLANKENBURG, J. (2004): Diffuse Nährstoffeinträge aus nordwestdeutschen Niederungsgebieten in Fließgewässer. – *Wasserwirtschaft* 94, Heft 3: 28 – 32.

TATE, R. L. (2000): *Soil Microbiology*. 2nd ed., Wiley, New York.

TRINKWV (Trinkwasserverordnung) vom 21. Mai 2001: Bundesgesetzblatt I S. 959. Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH.

TRUDELL, M.R.; GILHAM, R.W. & CHERRY, J.A. (1986) An in-situ study of the occurrence and rate of denitrification in a shallow unconfined sand aquifer. J. of Hydrol. 83, S. 251-268.

WIENHAUS S.; HÖPER, H.; EISELE, M.; MEESENBURG, H.; SCHÄFER, W. (2008): Nutzung bodenkundlichhydrogeologischer Informationen zur Ausweisung von Zielgebieten für den Grundwasserschutz. Ergebnisse eines Modellprojektes (NOLIMP) zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (Hrsg.), GeoBerichte 9, Download unter [www.lbeg.niedersachsen.de](http://www.lbeg.niedersachsen.de)

## **Kapitel 8    Fazit und Ausblick**



## 8 Fazit und Ausblick

Auf Grundlage des erfolgreich abgeschlossenen EU-Life-Projektes WAgriCo sind mit dem Folgeprojekt WAgriCo 2 weitere wesentliche Grundlagen für die Umsetzung der EG-WRRL in der Zielkulisse Grundwasserschutz in Niedersachsen erarbeitet worden. Dies betrifft beispielsweise die Bewertung der Maßnahmenwirkung ausgewählter Grundwasserschutzmaßnahmen sowie deren Integration in das Niedersächsische und Bremer Agrarumweltprogramm (NAU/BAU). Des Weiteren wurden die Rahmenbedingungen für die maßnahmenbegleitende Beratung und ein erweitertes Konzept zum Wirkungsmonitoring erarbeitet. Es erfolgte auch eine Wirkungsabschätzung von Grundwasserschutzmaßnahmen auf die Oberflächengewässer sowie eine Analyse der Nährstoffeinträge durch Dräne in die Gewässer.

Die Ergebnisse im Einzelnen:

### EG-WRRL – Beteiligungsprozess

- Auf lokaler Ebene wurde dieser Prozess in WAgriCo 2 in zunehmendem Maße auf alle Projektlandwirte erweitert. D. h. die an der Maßnahmenumsetzung beteiligten Landwirte haben sich beispielsweise in den Arbeitskreis-Sitzungen oder in gebietsübergreifenden Landwirtetreffen zum gegenseitigen Erfahrungsaustausch getroffen. Die enge Einbindung der Akteure vor Ort hat sich, wie auch schon in WAgriCo, im Hinblick auf die Sensibilisierung für die Belange des Grundwasserschutzes und zur Schaffung von Akzeptanz als sehr zielführend erwiesen. Auf Landesebene haben Gespräche des NLWKN mit den zuständigen Fachabteilungen der Ministerien für Umwelt und Klimaschutz und für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung zur inhaltlichen Ausgestaltung der Agrarumweltmaßnahmen (AUM) stattgefunden. Im Rahmen der Abschlussveranstaltung zu WAgriCo am 18.11.2009 in Brüssel wurden die Projektergebnisse sowie Anforderungen zum Abbau verwaltungsseitiger Hemmnisse bei AUM den Vertretern der Generaldirektionen Landwirtschaft und Umwelt sowohl seitens der Projektleitung, als auch von den Landwirtevertretern vorgetragen.
  - Aktuelle Ergebnisse aus WAgriCo 2 wurden u. a. in den Gebietskooperationen präsentiert. Diese Kooperationen werden auch künftig das Forum vor Ort zur Diskussion der umzusetzenden Maßnahmen sowohl für den Bereich der Oberflächengewässer als auch des Grundwassers darstellen.
- **Die bestehenden, langjährig bewährten Beteiligungsstrukturen konnten erweitert werden und sind in Verbindung mit den örtlichen Gebietskooperationen weiter ausbaufähig.**

## EG-WRRL – Maßnahmen und ihre Wirkungen

- In WAgriCo und WAgriCo 2 sind insgesamt 9 Maßnahmen für den Grundwasserschutz in der Praxis von bis zu 52 Landwirten getestet und umgesetzt worden. Von diesen Maßnahmen wurden vier Maßnahmen als so genannte W-Maßnahmen neu im NAU/BAU ab 2010 aufgenommen. Für eine weitere Maßnahme (CULTAN, s. Kap. 3.3) wird, vorbehaltlich der Ergebnisse aus noch laufenden Exaktversuchen, eine Integration in AUM angestrebt.
- Die Maßnahme „Gülleunterfußdüngung bei Mais“ wurde in WAgriCo 2 entscheidend weiter entwickelt. So wurde vom Landmaschinenhersteller KOTTE ein Prototyp für dieses Verfahren gebaut, der bereits in 2009 auf der agritechnica in Hannover präsentiert wurde (s. Kap. 3.2). Bei einem künftigen Einsatz dieses Verfahrens in der Praxis könnten somit insbesondere in Veredlungsgebieten große Einsparpotentiale für Mineraldünger realisiert werden.
- Die administrative Einbindung der W-Maßnahmen in den Katalog der AUM 2010 (Aufnahme in die Landes-Förderrichtlinie, Antragsformulare etc.) ist bei vier Maßnahmen erfolgt. Es gibt allerdings mit der Bagatellgrenze von 500 € je Maßnahme und mit der 5-Jährigkeit der Vertragsbindung Randbedingungen, die die Akzeptanz der Maßnahmen nach Einschätzung der Projektbeteiligten erheblich beeinträchtigen können. Aufgrund der projektbedingt besonderen Randbedingungen (Poolbildung von mehreren Maßnahmen und Einjährigkeit waren zugelassen) konnten die für das NAU/BAU ggf. zu befürchtenden Akzeptanzprobleme nicht im Rahmen von WAgriCo2 überprüft werden.
- Die Analyse einer Vielzahl von Herbst- $N_{\min}$ -Werten aus Wassergewinnungsgebieten hat gezeigt, dass durch konsequente Zusammenführung und statistische Auswertung von Monitoringdaten ein sehr differenzierter Nachweis über die positive, statistisch signifikante Wirkung von Wasserschutzmaßnahmen geführt werden kann. Für die Zukunft können zusätzliche Erhebungsmerkmale wie z. B. Angaben zur Schlaghistorie (u. a. für die Bewertung von Wirtschaftsdünger-Maßnahmen) die Ergebnisse und damit die Aussagekraft von entsprechenden Analysen weiter verbessern.
- Es wurde eine Abschätzung der ökologischen Wirkungen einer landesweiten Maßnahmenumsetzung vorgenommen. Diese kommt zu dem Ergebnis, dass, unter Berücksichtigung der Wirkungen von bereits im NAU/BAU angebotenen Maßnahmen, den Freiwilligen Vereinbarungen im Trinkwasserschutz zusammen mit den neu durch WAgriCo eingeführten W-Maßnahmen das Reduktionsziel für „ergänzende Maßnahmen“ landesweit betrachtet zu einem hohen Anteil erreicht werden kann. Dieser Betrachtung liegt zum einem die Annahme einer sehr hohen Maßnahmenakzeptanz seitens der umsetzenden Landwirte für diese ergänzenden Maßnahmen zugrunde. Zum anderen setzt diese Betrachtungsweise die zwingende Einhaltung der vorgesehenen Stickstoff-Reduzierungen im Bereich der grundlegenden Maßnahmen (Umsetzung der Düngeverordnung) voraus.
- Zur Sicherstellung hoher Akzeptanzraten sind die Beseitigung bestehender verwaltungsseitiger Akzeptanzhemmnisse (z. B. verringerte Bagatellgrenze und Vertragslaufzeit) und ein ggf. höherer Beratungsaufwand erforderlich.

- ***Es wurde ein Maßnahmenkatalog für den Grundwasserschutz sowie qualifizierte Daten und Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung ihrer Wirkungen bereit gestellt. Zudem ermöglicht die modellgestützte Abschätzung Aussagen zur Zielerreichung bei entsprechender Maßnahmenumsetzung. Somit steht das erforderliche Instrumentarium zur Reduzierung der Belastung und zur Wirkungsabschätzung zur Verfügung. Zur Zielerreichung sind sowohl die strikte Umsetzung der grundlegenden Maßnahmen (Düngeverordnung) als auch die Beseitigung Akzeptanz hemmender Verwaltungsvorschriften unerlässlich.***

### **EG-WRRL – Beratung**

- In der Expertengruppe Beratung wurden die Rahmenbedingungen für eine Angebotsberatung, die sich an die Landwirte in den EG-WRRL-Beratungsgebieten richten wird, erarbeitet. Hierzu gehören beispielsweise die Festlegung der Beratungsgebiete oder das Anforderungsprofil an die Beratung. Nach einem intensiven Informationsaustausch mit den zuständigen Fachkollegen zur EG-WRRL-Beratung in Schleswig-Holstein, wurde in Niedersachsen damit begonnen, das zweistufige Ausschreibungsverfahren zu eröffnen. Die Auftragsvergabe soll im 1. Halbjahr 2010 erfolgen. Grundsätzlich wird eine maßnahmenbegleitende Beratung empfohlen. Für die zu installierenden Modellbetriebe ist dabei eine einzelbetriebliche Beratung, inklusive Düngeberatung und Nährstoffbilanzierung vorgesehen, während bei den übrigen teilnehmenden Betrieben eine Multiplikatorenberatung im Vordergrund steht.

➤ ***Die neun Beratungsgebiete innerhalb der Zielkulisse Grundwasserschutz wurden festgelegt. Das Anforderungsprofil und die verwaltungsseitigen Vorgaben zur Umsetzung der EG-WRRL-Beratung wurden erarbeitet.***

### **EG-WRRL – Wirkungsmonitoring**

- Das Konzept zum Wirkungsmonitoring stellt einen wesentlichen Bestandteil des Maßnahmenprogramms dar (s. Kap. 6). Nachdem in WAgriCo das 3-stufige Konzept aufgestellt wurde, ist in WAgriCo 2 das Emissionsmonitoring auf lokaler Ebene weiter entwickelt worden. Die wesentlichen Elemente dieses Monitorings sind der Aufbau eines Modellbetriebsmessnetzes und die Heranziehung geeigneter Erfolgsindikatoren (z. B. Hoftorbilanz, Nmin-Beprobung). Darüber hinaus ist eine Nutzbarmachung von landesweiten Daten (z. B. aus der Agrarförderung) für das Wirkungsmonitoring von großer Bedeutung. Das Ablaufschema zum Datenfluss mit den entsprechenden Zuständigkeiten wurde überarbeitet, ergänzt und an das dreistufige Konzept angepasst.
- Es wird empfohlen, ein Pflichtenheft für die Prozesse des Datenmanagements einschließlich eines Qualitätsmanagements zu erstellen. Diese und weitere Themen werden ab 2010 in der landesweiten AG Wirkungsmonitoring, die der Fachgruppe Grundwasser zuarbeitet, weiter konkretisiert.

- **Die Grundlagen für das Wirkungsmonitoring der Grundwasserschutzmaßnahmen wurden weiter entwickelt. Die Fortführung der anstehenden Arbeiten (z. B. Erstellung eines Pflichtenheftes) erfolgt in der Arbeitsgruppe Wirkungsmonitoring.**

### **Wechselwirkungen zwischen Grundwasser und Oberflächengewässern**

- Mit der Wasserhaushaltsmodellierung wurden die räumliche Variabilität der hydrologischen Verhältnisse und die damit verbundene, regional unterschiedliche Relevanz der einzelnen Abflusskomponenten für den Nitratreintrag abgebildet. Haupteintragspfade für Stickstoff in die Oberflächengewässer sind der natürliche Zwischenabfluss und die Dränagen. Der größte Teil des in das Grundwasser eingetragenen Nitrats wird auf dem Weg zum Vorfluter abgebaut. Die notwendigen Minderungsmaßnahmen zur Erreichung der Grundwasserziele führen zu Reduktionen der N-Einträge in die Oberflächengewässer, insbesondere über die Direktabflusskomponenten. Dennoch reichen sie nicht aus, um die Gewässergüte der Oberflächengewässer substanziell zu verbessern. Es sind also weitere Maßnahmen zur Verbesserung der Güte der Oberflächengewässer notwendig. Zudem wird empfohlen, die bisherigen Überlegungen zu einem integrierten Monitoring für Oberflächengewässer und Grundwasser weiter zu verfolgen.
  - Die Beprobung von 18 Dränauslässen in den drei Pilotgebieten führt zu dem Ergebnis, dass die Höhe der Nitratkonzentration im Dränwasser maßgeblich von der Fruchtart, der Höhe der Düngung bzw. den N-Überschüssen und den Bodenverhältnissen beeinflusst wird.
  - Da die Denitrifikation in niedersächsischen Niederungsgebieten einen deutlichen Beitrag zur Reduktion der Nitratreinträge in die Oberflächengewässer leistet, ist die gezielte Dränsteuerung zur Initiierung von Denitrifikationsprozessen im Unterboden als Variante zur Reduzierung des Nährstoffeintrags in die Oberflächengewässer weiter zu verfolgen.
- **Mit Hilfe einer modellgestützten Abschätzung können die Auswirkungen der durchgeführten Grundwasserschutzmaßnahmen auf die Oberflächengewässer bewertet werden. Da die Wirkung mit Blick auf die Qualitätsziele im Oberflächengewässer jedoch unzureichend ist, ist eine zusätzliche Verminderung der Nährstoffeinträge erforderlich. Ferner bedarf es einer Weiterentwicklung des integrierten Wirkungsmonitorings, um darauf aufbauend ggf. eine integrierte Maßnahmenplanung initiieren zu können. Durch eine gezielte Dränsteuerung können Nährstoffeinträge in die Oberflächengewässer reduziert werden.**

Nach Abschluss des Folgeprojektes WAgriCo 2 stehen damit die erforderlichen Grundlagen zur Maßnahmenumsetzung mit begleitender Beratung und zum Wirkungsmonitoring in der Zielkulisse Grundwasser bereit. Modellgestützte Abschätzungen ermöglichen darüber hinaus Aussagen zur Zielerreichung auf Basis einer entsprechenden Maßnahmenumsetzung. Das erforderliche „Handwerkszeug“ für die Maßnahmenumsetzung steht somit zur Verfügung – die Maßnahmenumsetzung kann beginnen!

## **Kapitel 9    Stellungnahme der beteiligten Landwirte im Modellprojekt WAgriCo 2**



