



Niedersächsisches
Landesamt für
Ökologie



Interdisziplinäres Sanierungskonzept für ein hoch nitratbelastetes Trinkwassereinzugsgebiet im Bereich des unteren Wesertales

Ergebnisse des Pilotprojektes
Schutzgebietsmanagement Großenwieden



Niedersächsisches
Landesamt für
Ökologie

Interdisziplinäres Sanierungskonzept für ein hoch nitratbelastetes Trinkwassereinzugsgebiet im Bereich des unteren Wesertales

Ergebnisse des Pilotprojektes
Schutzgebietsmanagement Großenwieden

Herausgeber:
Niedersächsisches Landesamt für Ökologie
Abteilung 3: Wasserwirtschaft, Gewässerschutz
An der Scharlake 39
31135 Hildesheim

Redaktion:
Hubertus Schültken, Dr. Astrid Thorwest,
Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Abt. 3: Wasserwirtschaft, Gewässerschutz

Projektbearbeitung:
Dipl. Ing. agr. Detlef Seitz, Dr. Knut Meyer,
Geries Ingenieure GmbH, Gleichen-Reinhausen
Dipl. Ing. Wasserwirtschaft Petra Hannig,
Bezirksregierung Hannover, Außenstelle Hildesheim

Titelbild:
Fotos: Geries Ingenieure GmbH, Gleichen-Reinhausen
Gestaltung: Peter Schader, Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Abt. 2: Naturschutz

1. Auflage: September 2004, 250 Ex.

Schutzgebühr: 5,00 € zuzügl. Versandkostenpauschale 2,50 €

Bezug:
Niedersächsisches Landesamt für Ökologie
Postfach 101062
31110 Hildesheim

e-mail: heinrich.klaholt@nloe.niedersachsen.de
www.nloe.de

Gedruckt auf 100% Recyclingpapier

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Zielsetzung	5
2	Zielflächenidentifikation	6
2.1	Gebietsbeschreibung	6
2.2	Vorgehensweise	6
2.2.1	Hydrogeologisch/hydrochemische Untersuchungen	6
2.2.2	Bodenkundlich/landwirtschaftliche Untersuchungen	7
2.3	Zielflächenidentifikation durch Verknüpfung hydrogeologischer/ hydrochemischer mit bodenkundlich/landwirtschaftlichen Daten	7
3	Erfolgs- und Effizienzkontrolle	11
3.1	Methoden der Erfolgskontrolle	11
3.2	Ergebnisse der Erfolgskontrolle im Pilotprojekt Großenwieden	12
3.2.1	Untersuchungen des Rohwassers	12
3.2.2	Untersuchungen des Grundwassers	13
3.2.3	Ermittlung der Nitratgehalte in der Dränzone (Nitrattiefenprofile)	13
3.2.4	Untersuchungen von Oberflächengewässern	14
3.2.5	Ermittlung der Nitratgehalte in der Wurzelzone (Herbst-N _{min} -Untersuchungen)	14
3.2.6	Flächenbilanzen	14
3.2.7	Hoftorbilanzen	14
3.3	Eignung der Methoden der Erfolgskontrolle für Modellrechnungen	14
3.4	Bewertung der Effizienz von Grundwasserschutzmaßnahmen	15
4	Übertragbarkeit auf andere Gebiete	17
4.1	Zielflächenidentifikation	17
4.2	Konzept zur Planung und Durchführung der Erfolgskontrolle	17
5	Integriertes Schutzgebietsmanagement	19
5.1	Ziele	19
5.2	Vorgehensweise	19
5.3	Einrichtung eines Kompensationsflächenpools im Rahmen der multilateralen Kooperation im WSG Großenwieden	19
6	Fazit	21
7	Literatur	22
	AnsprechpartnerInnen	23

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1:	Schematisches Blockbild zur naturräumlichen Situation im Projektgebiet Großenwieden (stark vereinfacht)	6
Abb. 2:	Prinzipiskizze zum Ausbau der Mehrfach-Grundwassermessstellen	7
Abb. 3:	Teileinzugsgebiete und Nitratbelastung des Grundwassers im Projektgebiet	8
Abb. 4:	Schematische Darstellung der Strömungsverhältnisse des Grundwassers im Projektgebiet	9
Abb. 5:	Zielgebiet mit hoher Priorität für Maßnahmen des Grundwasserschutzes	10
Abb. 6:	Entwicklung der Nitratgehalte des geförderten Rohwassers der Brunnen Großenwieden 1, 2 und 3 (gewogenes Mittel und linearer Trend) für die Jahre 1992 bis 2003	12
Abb. 7:	Entwicklung der Nitratkonzentrationen an einer Dreifach-Grundwassermessstelle im Projektgebiet von 1998 bis 2002	13

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1:	Zielflächenidentifikation für Maßnahmen unter Berücksichtigung nutzungsbedingter, bodenkundlicher und hydrogeologischer Kriterien	9
Tab. 2:	Durchschnittliche Nitratkonzentrationen in der Dränzone unter landwirtschaftlich genutzten Flächen im Projektgebiet Großenwieden	13
Tab. 3:	Wirkung einer reduzierten Stickstoffdüngung in Kombination mit Zwischenfruchtanbau (Fruchtfolgevereinbarung) auf die durchschnittliche Nitratkonzentration in der Dränzone im Projektgebiet Großenwieden	14
Tab. 4:	Durchschnittliche Herbst- N_{min} -Werte (1997-2002) im Projektgebiet auf ackerbaulich genutzten Flächen mit und ohne Fruchtfolgevereinbarungen	14
Tab. 5:	N-Saldo im Projektgebiet auf ackerbaulich genutzten Flächen mit und ohne Fruchtfolgevereinbarungen	14
Tab. 6:	Durchschnittlicher Mineraldüngerzukauf und durchschnittlicher Stickstoffüberschuss der fünf flächenstärksten Bewirtschafter im WSG Großenwieden für die Jahre 1997 bis 2002	14
Tab. 7:	Eignung der Methoden der Erfolgskontrolle für die Durchführung von Modellrechnungen	15
Tab. 8:	Effizienz der Verringerung des N-Saldos, des Herbst- N_{min} -Wertes und der N-Fracht durch Freiwillige Vereinbarungen im Projektgebiet in den Jahren 1997 bis 2002	16
Tab. 9:	Bewertung von Methoden der Erfolgskontrolle	18
Tab. 10:	Vorschläge zur Bemessung der zeitlichen und räumlichen Auflösung der Maßnahmen	18

Abkürzungsverzeichnis

AEP	Agrarstrukturelle Entwicklungsplanung
GIS	Geografisches Informationssystem
GW	Grundwasser
HGW	Grundwasserhochstand
MGW	Mittlerer Grundwasserstand
NGW	Grundwasserniedrigstand
NWG	Niedersächsisches Wassergesetz
SW	Sickerwasser
EG-WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie
WSG	Wasserschutzgebiet

Vorwort

Mit den Pilotprojekten zur Erforschung einer auf den Grundwasserschutz ausgerichteten Land- und Forstwirtschaft bedient sich das Land Niedersachsen eines Instrumentes, das durch die Beantwortung spezieller Fragestellungen im Bereich des vorsorgenden Grundwasserschutzes eine ständige Weiterentwicklung und Verbesserung der Kooperation Landwirtschaft/Wasserwirtschaft ermöglicht. In dem Pilotprojekt Großenwieden wurden bodenkundliche Differenzierungsmöglichkeiten durch hydrogeologische Methoden zur Ausweisung von Flächen mit hoher Sanierungspriorität ergänzt. Durch die Beschreibung der Vorgehensweise soll eine grundsätzliche Übertragbarkeit auf

ähnlich strukturierte Wassergewinnungsgebiete gewährleistet werden.

Diese Broschüre richtet sich in erster Linie an Wasserversorger, an Behörden und die mit der Zusatzberatung beauftragten Institutionen. Sie soll als Planungshilfe für die Identifikation von Flächen mit hoher Sanierungspriorität und für die Konzeption von Maßnahmen zur Erfolgskontrolle dienen. Durch die Verknüpfung bodenkundlicher und hydrogeologischer Methoden und durch die Einbindung weiterer Kooperationspartner (Naturschutz, Agrarstruktur) wird die Vorgehensweise zur Etablierung eines interdisziplinären Schutzgebietsmanagements vorgestellt.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Trinkwassergewinnung aus dem Grundwasser erfolgt im südniedersächsischen Festgesteinsraum neben der Nutzung präquartärer Grundwasserleiter vielfach aus quartären Grundwasserleitern der Flussterrassen. Die Versorgungsunternehmen nutzen diese in der Regel ergiebigen Grundwasserleiter, die durch die Grundwasserneubildung im quartären Talraum und den angrenzenden Festgesteinbereichen gespeist werden. Aufgrund der hydrogeologischen und hydrochemischen Situation der Grundwasserleiter ohne Stockwerkstrennung und geringem Denitrifikationspotenzial in der gesättigten Zone sind hohe, zum Teil grenzwertüberschreitende Belastungen mit Nitrat ein erhebliches Problem der öffentlichen Trinkwasserversorgung.

Für das NLO-Pilotprojekt »Interdisziplinäres Sanierungskonzept für ein hoch nitratbelastetes Trinkwassereinzugsgebiet im Bereich des unteren Wesertals« wurde mit dem Modellgebiet Großenwieden ein typisches Einzugsgebiet ausgewählt. Dieses ist hinsichtlich der Belastungssituation des Grundwassers mit Nitrat, der standörtlichen Verhältnisse in der ungesättigten und gesättigten Zone sowie der Flächennutzung im Einzugsgebiet repräsentativ für Wassergewinnungsgebiete im Wesertal aber auch in anderen Flusstälern in Südniedersachsen.

Im Projektgebiet wird seit 1993 eine gewässer-schutzorientierte Zusatzberatung durchgeführt, die aus dem Aufkommen der Wasserentnahmegebühr finanziert wird. Die zu Beginn der Zusatzberatung zur Verfügung stehenden standörtlichen Differenzierungsmöglichkeiten – die Böden wurden ausschließlich hinsichtlich ihrer Nitrataustragsgefährdung klassifiziert – erwiesen sich als nicht ausreichend, um auf den überwiegend tiefgründigen Standorten mit sehr geringer Nitrataustragsgefährdung gezielt Grundwasserschutzmaßnahmen zu platzieren.

Unter Berücksichtigung des Mineralisationspotenzials der Auenböden als zusätzliche standortspezifische Differenzierungsmöglichkeit wurden die zunächst einjährigen Maßnahmen durch weitergehende, mehrjährige Maßnahmen mit reduzierter Stickstoffdüngung und obligatorischem Zwischenfruchtanbau vor Sommerungen ergänzt bzw. ersetzt (Fruchtfolgevereinbarungen).

Da die Umsetzung solcher Vereinbarungen oder

aber anderer weitergehender Maßnahmen – wie z. B. die Umwandlung von Ackerland in Grünland auf ertragssicheren Standorten – kostenintensiv sind, gilt es, diese Maßnahmen vorrangig auf Flächen hoher Sanierungspriorität umzusetzen. Eine wichtige Zielsetzung dieses Projektes war es daher, zu prüfen, ob durch die Verknüpfung bodenkundlicher und hydrogeologischer Aspekte/Methoden eine Zielflächenidentifikation optimiert werden kann.

Des Weiteren galt es zu prüfen, ob die ökonomische Effizienz gesteigert werden kann, indem andere Ansprüche und Nutzungen im Raum in die Bemühungen zum Grundwasserschutz einbezogen werden. Es sollte der Frage nachgegangen werden, inwieweit z.B. durch eine Verknüpfung von Wasser- und Naturschutzmaßnahmen über die Einrichtung sogenannter Kompensationsflächenpools innerhalb von Wassergewinnungsgebieten der nachhaltige Grundwasserschutz optimiert wird.

Im Vordergrund des Projektes standen folgende Fragestellungen:

- Lassen sich Zielflächen für Grundwasserschutzmaßnahmen durch Verknüpfung hydrogeologisch/hydrochemischer, bodenkundlicher und landwirtschaftlicher Daten identifizieren?
- Ist aus den Erkenntnissen ein Konzept zur Erfolgs- und Effizienzkontrolle abzuleiten?
- Lassen sich naturschutzfachliche Planungen bei der Extensivierung von Zielflächen integrieren?
- Können durch gezieltes Flächenmanagement (Bündelung von Maßnahmen des Wasser- und Naturschutzes, der Landschafts- und Siedlungsentwicklung in Zusammenarbeit mit der Landwirtschaft) Synergien genutzt werden?
- Können die Ergebnisse aus dem Pilotprojekt Großenwieden auf andere, ähnlich strukturierte Wassergewinnungsgebiete übertragen werden?

Da die Zielflächenidentifikation vorrangig durch die Berücksichtigung hydrogeologischer, bodenkundlicher und landwirtschaftlicher Aspekte erfolgt, wird dieser Schwerpunkt des Projektes zuerst dargestellt. Die Integration der Ansprüche des Naturschutzes und die in diesem Bereich einsetzbaren bzw. zu entwickelnden Instrumente sind im Kap. 5 dieses Leitfadens »Integriertes Schutzgebietsmanagement« beschrieben.

2 Zielflächenidentifikation

2.1 Gebietsbeschreibung

Das Wasserschutzgebiet (WSG) Großenwieden liegt nordwestlich der Stadt Hessisch-Oldendorf in der Rintelner-Hamelner Wesertalung. Das 1999 ausgewiesene WSG hat eine Größe von 760 ha. 568 ha werden landwirtschaftlich genutzt, 105 ha entfallen auf Wald. Siedlungs- und Verkehrsflächen nehmen 90 ha im Schutzgebiet ein. Im WSG Großenwieden wird aus drei Brunnen Grundwasser gefördert und unaufbereitet in das Netz der Stadtwerke Schaumburg-Lippe eingespeist. Die jährliche Entnahmemenge liegt bei ca. 900.000 m³.

Das WSG Großenwieden lässt sich geologisch-bodenkundlich in drei Bereiche einteilen: die Weseraue

mit ihren überwiegend grundwasserfernen Auenböden, der anschließende Lössgürtel mit seinen Bodengesellschaften aus Pseudogley-Parabraunerden und der Bereich der Verwitterungsböden aus den Kalksteinen des Jura, die das Gebiet im Norden begrenzen. Über 85 % der landwirtschaftlich genutzten Böden weisen eine geringe bzw. sehr geringe Nitrataustragsgefährdung auf.

Im WSG Großenwieden wirtschaften insgesamt 30 Betriebe. Die Viehhaltung spielt nur eine untergeordnete Rolle. Neben Zuckerrüben und Raps werden die Fruchtfolgen durch die Kartoffel dominiert, die aus Sicht des Gewässerschutzes als Problemfrucht bezeichnet werden kann.

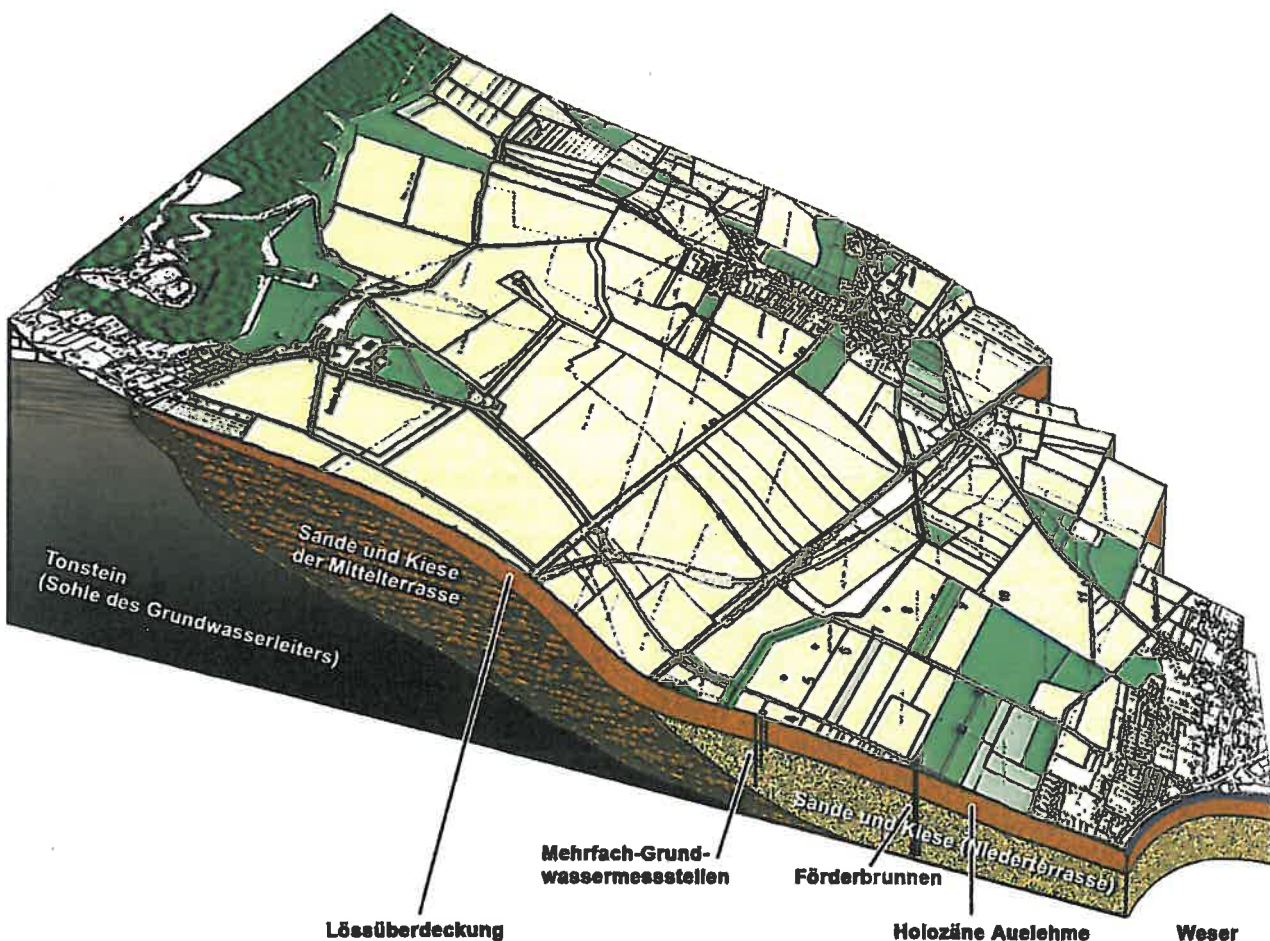


Abb. 1: Schematisches Blockbild zur naturräumlichen Situation im Projektgebiet Großenwieden (stark vereinfacht)

2.2 Vorgehensweise

2.2.1 Hydrogeologisch/hydrochemische Untersuchungen

Durch hydrogeologische und hydrochemische Untersuchungen sollten folgende Fragestellungen beantwortet werden:

- Wie stellt sich die horizontale und vertikale Verteilung der Nitratkonzentration im Grundwasserleiter dar?

- Ist es möglich, Nitratfrachten von Teileinzugsgebieten des Grundwasseranstroms zur Fassung zu quantifizieren?
- Können mit Hilfe von hydrogeologischen und hydrochemischen Methoden Areale mit hoher Sanierungspriorität ausgewiesen werden?
- Wie können für vergleichbare Einzugsgebiete Empfehlungen zur Einrichtung und Beprobung von Grundwassergütemessstellen als Instrument der Erfolgskontrolle abgeleitet werden?

Dazu wurde folgende Methodik eingesetzt:

- Bestimmung einer mittleren Potenziallinie (Orte gleichen Grundwasserstandes) mit Fließzeiten bis zum Brunnen von etwa einem Jahr durch Auswertung langjähriger Daten der Grundwasserstände. Diese Vorgehensweise setzt eine weitgehend konstante Grundwasserförderung der Fassung voraus.
- Einrichtung von Dreifachmessstellen im Bereich der mittleren Potenziallinie mit Filterpositionen im Bereich der Grundwasseroberfläche, der Mitte des Grundwasserleiters und an der Basis des Grundwasserleiters (Abbildung 2).
- Hydrochemische Untersuchungen der Grundwassermessstellen und Erfassung der Grundwasserstände des Grundwassers in Intervallen, die eine repräsentative Beschreibung von Grundwasserströmung und Güteveränderung ermöglicht.
- Definition von Stromkanälen, d. h. Teileinzugsgebieten an der Potenziallinie und Ermittlung der Fläche (vertikale Ausdehnung im Grundwasserleiter) durch Multiplikation der Stromkanalbreite mit der wassererfüllten Mächtigkeit des Grundwasserleiters im betreffenden Stromkanal.
- Abschätzung der Nitratfrachten je Stromkanal unter Berücksichtigung der Teilstrommengen (Größe der Potenzialfläche, Potenzialgefälle) und der Nitratkonzentration.

Zur angewandten Methodik bei den hydrogeologisch/hydrochemischen Untersuchungen wird auf die Zwischenberichte sowie den Endbericht zum Pilotprojekt verwiesen (NLÖ, 2004)

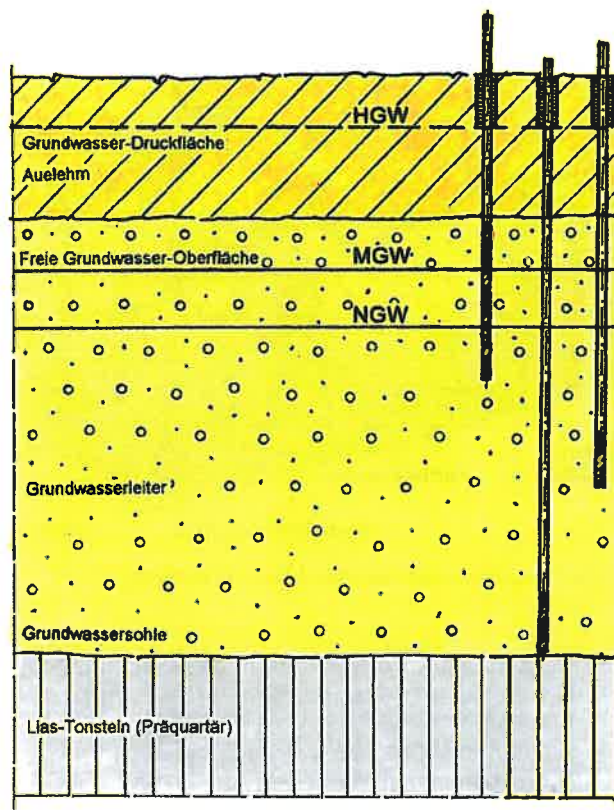


Abb. 2: Prinzipskizze zum Ausbau der Mehrfach-Grundwassermessstellen
(HGW: Grundwasserhochstand; MGW: mittlerer Grundwasserstand; NGW: Grundwasserniedrigstand)

2.2.2 Bodenkundlich/landwirtschaftliche Untersuchungen

Anhand bodenkundlicher Untersuchungen und auf der Grundlage der Daten aus der Zusatzberatung wurden folgende Ziele verfolgt:

- Flächenscharfe Identifikation von Flächen hoher aktueller Stoffausträge.
- Ermittlung des standortspezifischen Bodenwasserhaushaltes als Grundlage für Modellrechnungen zur Nitratanlieferung an die Grundwasseroberfläche.
- Bewertung der Eignung stofflich-analytischer und kalkulatorischer Methoden der Erfolgskontrolle zur Abschätzung der Entwicklung der Grundwassergüte.
- Ableitung von Anforderungen an die räumliche und zeitliche Auflösung von Maßnahmen zur Erfolgskontrolle.

Um diese Fragen beantworten zu können, wurden folgende Methoden angewandt, die auch im Anwen-derhandbuch für die Zusatzberatung Wasserschutz dokumentiert sind (NLÖ, 2001):

- Erstellung und Auswertung von Nährstoffsalden (Einzelschlagbilanzen und Hoftorbilanzen) zur Quantifizierung insbesondere der Stickstoffüberschüsse auf Flächen- und Gebietsebene.
- Erstellung von Nitrattiefenprofilen zur Ermittlung der Nitratkonzentration in der Dränzone.
- Ermittlung des standortspezifischen Bodenwasserhaushaltes und der Austauschhäufigkeit für Nitrat nach DIN 19732 (1997) und DIN 19687 (1998).
- Durchführung von Modellrechnungen zur Prognose der Nitratbelastung im Förderwasser.

2.3 Zielflächenidentifikation durch Verknüpfung hydrogeologischer/ hydrochemischer mit bodenkundlich/landwirtschaftlichen Daten

Die Ergebnisse der Verknüpfung der hydrogeologischen und der bodenkundlich/landwirtschaftlichen Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Anhand der hydrogeologischen Untersuchungen wurden 10 Stromkanäle beschrieben, um eine Bewertung des Belastungspotenzials von Teileinzugsgebieten in der Nähe der Potenzialfläche vornehmen zu können.
- Zur Bewertung des weiteren Einzugsgebietes wurden die 10 Stromkanäle zu topografisch abgeleiteten Teileinzugsgebieten zusammengefasst (siehe Abb. 3).
- Die Identifikation von Belastungsarealen innerhalb der Stromkanäle wurde durch eine Abschätzung des Grundwasseralters (Berücksichtigung von Sickerwasserraten, Substratschichtung und Substratmächtigkeit der Dränzone sowie mittlerer Abstandsgeschwindigkeit des Grundwassers) vorgenommen (siehe Abb. 4).

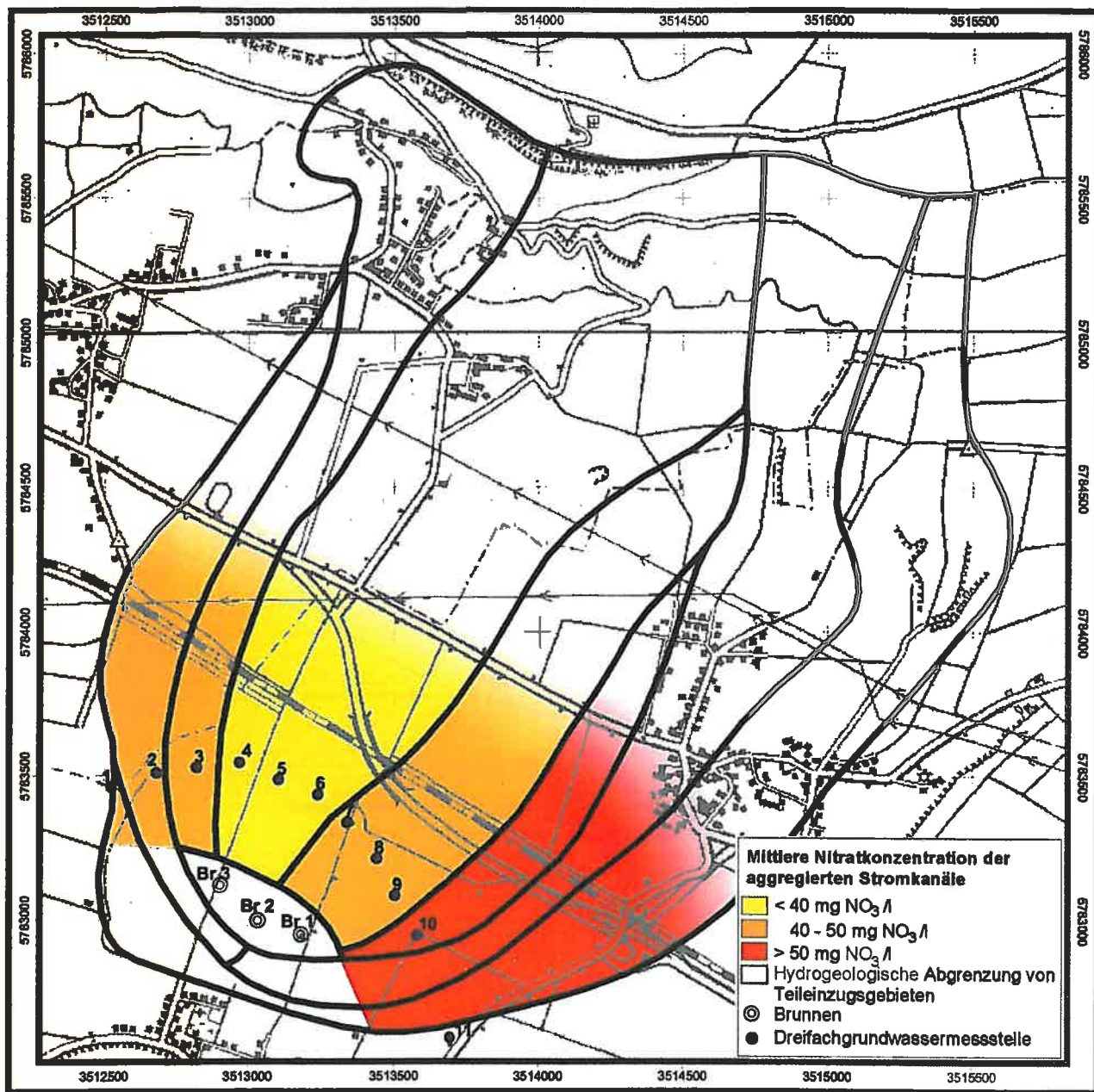


Abb. 3: Teileinzugsgebiete und Nitratbelastung des Grundwassers im Projektgebiet

- Der Eintrag hoher Nitratkonzentrationen in die Stromkanäle mit hoher Belastung konnte durch Nitratiefenprofile auf potenziellen Belastungsflächen bestätigt werden.
- Die Stromkanäle mit hoher Nitratkonzentration im Grundwasser wiesen im Mittel der Jahre 1997 bis 2002 sowohl überdurchschnittlich hohe Bilanzüberschüsse als auch überdurchschnittlich hohe Herbst- N_{min} -Werte auf.
- Durch die Verknüpfung hydrogeologischer Daten mit bodenkundlich/landwirtschaftlichen Daten wurde ein Areal mit einer Größe von etwa 220 ha festgelegt (s. Abb. 5). Innerhalb dieses Zielgebietes ist es notwendig und gerechtfertigt, weitergehende Maßnahmen zum Schutz des Grundwassers zu planen und umzusetzen. Dieses Areal gilt auch als Suchraum für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen (siehe Kap. 5).

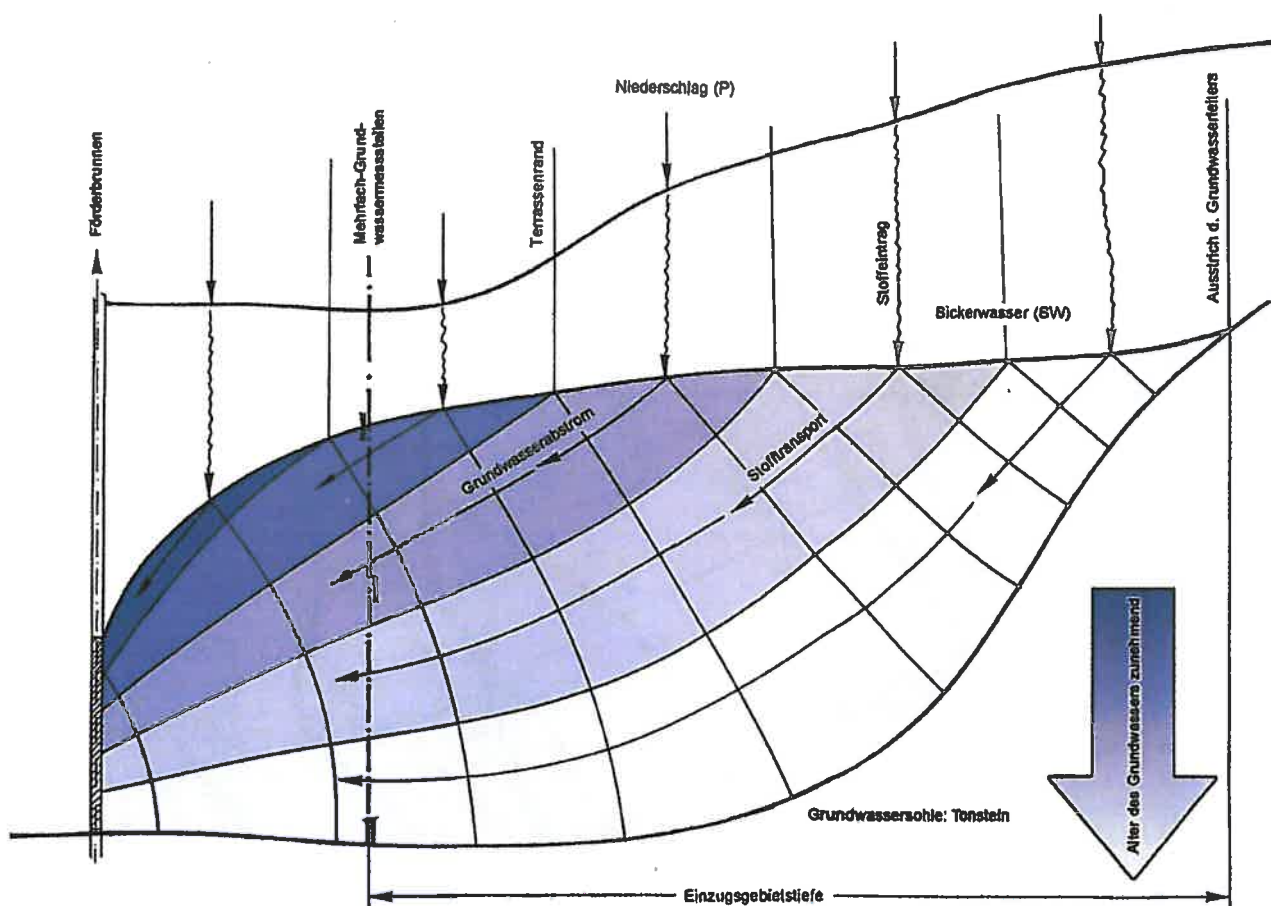


Abb. 4: Schematische Darstellung der Strömungsverhältnisse des Grundwassers im Projektgebiet.

Tab. 1: Zielflächenidentifikation für Maßnahmen unter Berücksichtigung nutzungsbedingter, bodenkundlicher und hydrogeologischer Kriterien

Nutzungsbedingte Kriterien ¹⁾	Bodenchemische und Bodenkundliche Kriterien	Hydrogeologisch/hydrochemische Kriterien
Betriebstyp, Betroffenheit	Nitratauswaschungsgefährdung der Böden ²⁾	Belastungssituation des Grundwassers ⁴⁾
Nährstoff-Salden auf Hoftor und Einzelschlagebene	Mineralisationspotenzial der Böden ³⁾	Denitrifikationspotenzial im Grundwasserleiter
Viehbesatz und Lagerkapazität für Wirtschaftsdünger	Denitrifikationspotenzial in der ungesättigten Zone ³⁾	Schutzpotenzial der den Grundwasserleiter überlagernden Schichten
Fruchtfolge, Anteil an »Problemfrüchten«	Belastungssituation des Sickerwassers ⁴⁾	Fließgeschwindigkeit des Grundwassers ⁷⁾
Sonstige Nutzungen (Siedlung, Forst, usw.)	Herbst-N _{min} -Gehalte ¹⁾	Sickerwasserspende ⁸⁾ Grundwasserneubildung ⁹⁾

¹⁾ NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE, NLO (2001), Hrsg.: Anwenderhandbuch für die Zusatzberatung Wasserschutz. Grundwasserschutzorientierte Bewirtschaftungsmaßnahmen in der Landwirtschaft und Methoden zu ihrer Erfolgskontrolle. Hildesheim.

²⁾ DIN 19732 (1997): Bodenbeschaffenheit – Bestimmung des standörtlichen Verlagerungspotentials von nicht sorbierbaren Stoffen. Beuth-Verlag Berlin.

³⁾ MÜLLER, U. & F. RAISSI (2002): Arbeitshilfe für bodenkundliche Stellungnahmen und Gutachten im Rahmen der Grundwassernutzung. Arbeitsheft Boden, Heft 2002/2, Hannover.

⁴⁾ NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM (1999): Effizienzkontrolle der Maßnahmen in der Landwirtschaft aus der Wasserentnahmegebühr – Prioritätenprogramm Trinkwasserschutz. Statusbericht und Vorschläge des ad-hoc-Arbeitskreises 'Prioritätenprogramm'.

⁵⁾ WELL, R., J. AUGUSTIN, J. DAVIS, S. GRIFFITH, O. MEHRANFAR & K. MEYER (1999): Bewertung des denitrifikativen Nitratabbaus in der gesättigten Zone hydromorpher Böden auf der Basis von in situ Messungen des Denitrifikationspotenzials. Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges. 91, 1363-1366.
WELL, R., H. HÖPER & O. MEHRANFAR (2001): Empirische Modelle zur Prognose der Denitrifikation im oberflächennahen Grundwasser. Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges. 96, 667-668.

WELL, R., J. AUGUSTIN, K. MEYER & D.D. MYROLD (2003): Comparison of field and laboratory measurement of denitrification and N₂O production in the saturated zone of hydromorphic soils. Soil Biology and Biochemistry 35, 783-799.

⁶⁾ HÖLTING, B., T. HAERTLE, K.-H. HOHBERGER, H. ECKL, J. HAHN & C. KOLDEHOFF (1995): Konzept zur Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung. Geol. Jb., C 63, 5-24. Schweizerbart, Stuttgart.

⁷⁾ DIN 4049 (1994): Hydrologie; Teil 3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie. Beuth-Verlag Berlin.

⁸⁾ DIN 19687 (1998): Berechnung der Sickerwasserrate aus dem Boden. Beuth-Verlag Berlin.

⁹⁾ DÖRHÖFER, G. & V. JOSOPAIT (1980): Eine Methode zur flächendifferenzierten Ermittlung der Grundwasserneubildungsrate. Geol. Jb., C 27, 45-65. Schweizerbart, Stuttgart.

DÖRHÖFER, G., R. KUNKEL, B. TETZLAFF & F. WENDLAND (2001): Der natürliche Grundwasserhaushalt in Niedersachsen, Arbeitshefte Wasser, Heft 2001/1, S. 109-167, Hannover.

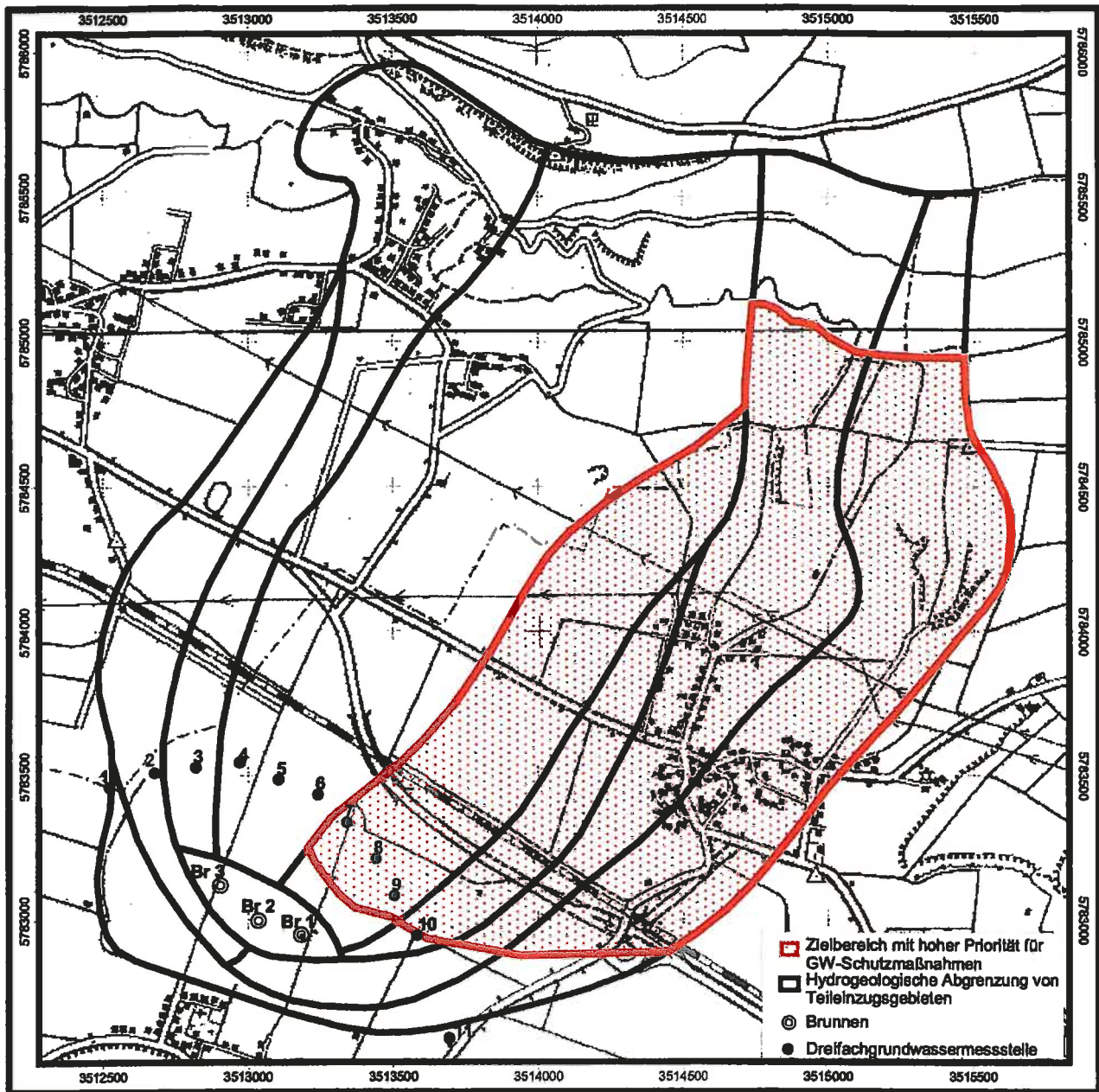


Abb. 5: Zielgebiet mit hoher Priorität für Maßnahmen des Grundwasserschutzes

Zur Erhebung und Bewertung der genannten Methoden wird auf das Anwenderhandbuch Zusatzberatung Wasserschutz (NLÖ, 2001) verwiesen.

Zu Beginn der Wasserschutzberatung müssen zunächst Daten zur allgemeinen und zur landwirtschaftlichen Nutzung erhoben und bewertet werden. Die in der linken Spalte genannten Kriterien helfen, nutzungsbedingte Belastungsquellen zu identifizieren. In einem zweiten Schritt werden standortspezifische Eigenschaften erhoben. Anhand der in der mittleren Spalte genannten Kriterien können sowohl standort- als auch nutzungsspezifische Belastungsquellen identifiziert bzw. nachgewiesen werden. Reichen die genannten Kriterien nicht aus, um Zielflächen für den Gewässerschutz ausreichend zu beschreiben, erlauben hydrogeologische Kriterien eine weitergehende Differenzierungsmöglichkeit.

3 Erfolgs- und Effizienzkontrolle

Alle in die Praxis eingeführten Grundwasserschutzmaßnahmen sollten nach dem Ablauf einer bestimmten Zeitspanne hinsichtlich ihrer Wirkung (Erfolg) und hinsichtlich ihrer Kosten (Effizienz) überprüft werden. Eine solche Vorgehensweise ist notwendig, um unnötige Kosten zu vermeiden bzw. nicht zielführende Maßnahmen entweder zu modifizieren oder ganz aufzugeben. Zur Bewertung der ökologischen Effektivität von Maßnahmen kann man sich verschiedener Methoden bedienen. Bevor auf die Ergebnisse aus dem Pilotprojekt Großenwieden eingegangen wird, sollen die Methoden kurz dargestellt werden.

3.1 Methoden der Erfolgskontrolle

Die standörtliche Differenzierung bzw. die Ausweisung von aus Sicht des Gewässerschutzes relevanten Arealen unter der Berücksichtigung der Bewirtschaftungsverhältnisse stellt die Grundlage für den erfolgversprechenden und effizienten Einsatz von Grundwasserschutzmaßnahmen dar. Im Anwenderhandbuch für die Zusatzberatung Wasserschutz (NLÖ, 2001) wird dieser Schritt mit der innergebielichen Prioritätensetzung beschrieben. Die Abschätzung der Auswirkungen von Maßnahmen auf die Entwicklung der Grundwassergüte kann auf der Ebene des Einzelschlages und/oder des Gesamtgebietes erfolgen. Man unterscheidet stofflich analytische und kalkulatorische Methoden der Erfolgskontrolle.

Stofflich-analytische Erfolgskontrolle

- Untersuchungen des Rohwassers
- Untersuchungen des oberflächennahen Grundwassers
- Ermittlung der Nitratgehalte in der Dränzone (Nitrattiefenprofile)
- Untersuchungen von Oberflächengewässern
- Ermittlung der Nitratgehalte in der Wurzelzone (Herbst- $N_{\min}$ -Untersuchungen)

Kalkulatorische Erfolgskontrolle

- Erhebung und Bewertung von Hoftorbilanzen
- Berechnung und Bewertung des Wirkungsgrades von Wirtschaftsdüngern
- Erhebung und Bewertung von Flächenbilanzen

Auch die Durchführung von Modellrechnungen kann der kalkulatorischen Erfolgskontrolle zugeordnet werden. Besonderheiten sowie Vor- und Nachteile der Methoden können folgendermaßen bewertet werden:

Untersuchungen des Rohwassers

Im südlichen Niedersachsen wird das Rohwasser häufig ohne zusätzliche Aufbereitung an den Verbraucher abgegeben. Eine positive Veränderung der Nitratkonzentration im geförderten Rohwasser ist für den Wasserversorger daher das wichtigste Kriterium zur Beurteilung von Grundwasserschutzmaßnahmen. Eine Ausnahme stellen die denitrifizierenden Grundwasserleiter der Versorger im Bereich der Börde und im Norddeutschen Tiefland dar. Eine Verringerung von Nitratreinträgen kann unter solchen Voraussetzungen nicht durch eine Verringerung der Nitratgehalte im Rohwassers nachgewiesen werden.

Untersuchungen des oberflächennahen Grundwassers

Die Untersuchung des oberflächennahen Grundwassers erfolgt über Vorfeldmessstellen. Da das oberflächennahe Grundwasser in unmittelbarem Kontakt mit der Dränzone steht, ist hier eine Veränderung der Grundwasserqualität eher zu beobachten als in tieferen Grundwasserleiterabschnitten. Diese Methode ist hinsichtlich des Parameters Nitrat auf nicht reduzierende Grundwasserleiter beschränkt. Bei reduzierenden Grundwasserleitern sind weitere Untersuchungsparameter einzubeziehen (z.B. Indikatorparameter Kalium, Sulfat).

Ermittlung der Nitratgehalte in der Dränzone (Nitrattiefenprofile)

Durch Nitrattiefenprofile wird die Nitratkonzentration in der Dränzone erfasst. Die Methode ist auf grundwasserferne Lockergesteinsböden beschränkt. Untersuchungen auf flachgründigen Verwitterungsstandorten sind nicht möglich. Da die Nitratkonzentration in der Dränzone nicht durch Mineralisationsvorgänge beeinflusst wird, können standortspezifische Zielgrößen für die durchschnittlichen Belastungen unter typischen Fruchtfolgen ermittelt werden.

Untersuchungen von Oberflächengewässern

Die Untersuchung von Oberflächengewässern kann in Ergänzung zu Vorfeldmessstellen zur Beurteilung von Grundwasserschutzmaßnahmen oder aber der Bewirtschaftungsintensität allgemein herangezogen werden. Da die Einzugsgebiete kleiner Vorfluter meist nicht hinreichend genau beschrieben werden können, lässt sich keine parzellenscharfe Zuordnung von Zielflächen für den Gewässerschutz aus den Ergebnissen ableiten. Günstiger zu beurteilen sind in solchen Fällen die Untersuchungen von Dränausläufen. Die Nitratgehalte in Oberflächengewässern und Dränausläufen sind niederschlagsabhängig. Um Abfluss- und Belastungsspitzen erfassen zu können, sind Sammelproben im Vergleich zu üblichen Stichtagsuntersuchungen vorzuziehen, sofern dies realisierbar ist.

Ermittlung der Nitratgehalte in der Wurzelzone (Herbst- $N_{\min}$ -Untersuchungen)

Mit Hilfe von Herbst- $N_{\min}$ -Untersuchungen wird der mineralische Stickstoffgehalt in der Wurzelzone (0 bis 90 cm) vor Beginn der winterlichen Sickerwasserperiode erfasst. Die Höhe des Herbst- $N_{\min}$ -Wertes wird deutlich durch Standorteigenschaften (Humusgehalte, Mineralisationspotenzial) und die jeweils im Herbst herrschende Witterung beeinflusst. Erfahrungen aus anderen Pilotprojekten und Untersuchungen (NLÖ, 2000; KETELSEN et al. 2003) haben gezeigt, dass witterungsbedingte und standortbedingte Einflüsse die Bewirtschaftungseinflüsse überprägen. Anhand der Ergebnisse der Untersuchungen in der Wurzelzone können jedoch Unterschiede zwischen Bewirtschaftern aufgezeigt werden. Herbst- $N_{\min}$ -Untersuchungen sind als Beratungsinstrument (Aufzeigen von Bewirtschaftungsfehlern) gut einsetzbar. Im Rahmen der Erfolgskontrolle ist die Methode nur im Kontext mit anderen Methoden zu betrachten.

Hoftorbilanzen

Aufgrund der Düngeverordnung sind landwirtschaftliche Betriebe mit mehr als zehn Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche verpflichtet, Nährstoffvergleiche zu erstellen. Generell können diese Vergleiche in Form einer Feld-Stall-Bilanz oder einer Hoftorbilanz durchgeführt werden. Für Auswertungen im Rahmen der Erfolgskontrolle sollten Hoftorbilanzen verwendet werden, da hierbei keine Schätzgrößen in die Berechnungen einfließen. Es müssen zusätzlich Randbedingungen beachtet werden. Anhand von Hoftorbilanzen kann zum einen die zeitliche Entwicklung der Überschüsse auf einem Betrieb dokumentiert werden (vertikaler Vergleich), zum anderen können ähnlich strukturierte Betriebe miteinander verglichen werden (horizontaler Vergleich). Hoftorbilanzen stellen eine hervorragende Grundlage für die Überprüfung der Düngeintensität auf Betriebsebene dar. Sie lassen keine parzellenscharfen Aussagen und somit keine unmittelbare Bewertung von Grundwasserschutzmaßnahmen zu.

Berechnung des Wirkungsgrades wirtschaftseigener Düngemittel

Für viele viehhaltende Betriebe können die Stickstoffüberschüsse am effizientesten durch eine konsequente Anrechnung des Stickstoffes aus Wirtschaftsdüngern verringert werden. Ein geeigneter Bewertungsmaßstab ist die Ermittlung des Wirkungsgrades der N-Ausscheidungen auf Betriebsebene (Laurenz, 2001). Sowohl für die Auswertung der Ergebnisse der Hoftorbilanzen wie auch für die Berechnung des Wirkungsgrades gilt: Je höher die Betroffenheit des Betriebes, desto aussagekräftiger sind die Ergebnisse für die langfristige Entwicklung der Nährstoffüberschüsse auf Gebietsebene. Diese Methode der Erfolgskontrolle eignet sich somit für große Wasserschutzgebiete mit einer hohen Anzahl stark betroffener Betriebe und bietet eine ideale Basis für die Einführung eines flächendeckenden Grundwasserschutzes.

Flächenbilanzen

Flächenbilanzen geben Auskunft über die Nährstoffüberschüsse auf Ebene der Bewirtschaftungseinheit. Im Rahmen der Erfolgskontrolle ist die Entwicklung der Bilanzüberschüsse wichtiger landwirtschaftlicher Kulturen von Bedeutung (Zeitreihen; vertikale Vergleiche). Es können aber auch die Erfolge der Maßnahmen beschrieben werden (reduzierte N-Düngung; Einsatz von Schleppschlauchtechnik, horizontale Vergleiche). Bilanzierungen auf Einzelschlagebene haben den Nachteil, dass die Genauigkeit der Angaben sowohl auf der Seite der Nährstoffzufuhr als auch auf der Seite der Nährstoffabfuhr in der Regel nicht überprüft werden kann.

Alle Instrumente der Erfolgskontrolle bzw. deren Ergebnisse sind für Beratungszwecke geeignet und entsprechend einzusetzen.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Erfolgskontrolle aus dem Pilotprojekt Großenwieden vorgestellt.

3.2 Ergebnisse der Erfolgskontrolle im Pilotprojekt Großenwieden

3.2.1 Untersuchungen des Rohwassers

Sowohl die Fördermengen als auch die Nitratgehalte der drei Förderbrunnen im WSG Großenwieden werden monatlich erfasst. In Abbildung 6 ist die Entwicklung der gewogenen Nitratkonzentration im geförderten Rohwasser von 1992 bis 2003 dargestellt.

Trotz starker Amplituden lässt sich ein abnehmender Trend über die letzten 12 Jahre erkennen. Die starken Schwankungen der Nitratkonzentration sind auf wechselnde Grundwasserströmungsverhältnisse zurückzuführen.

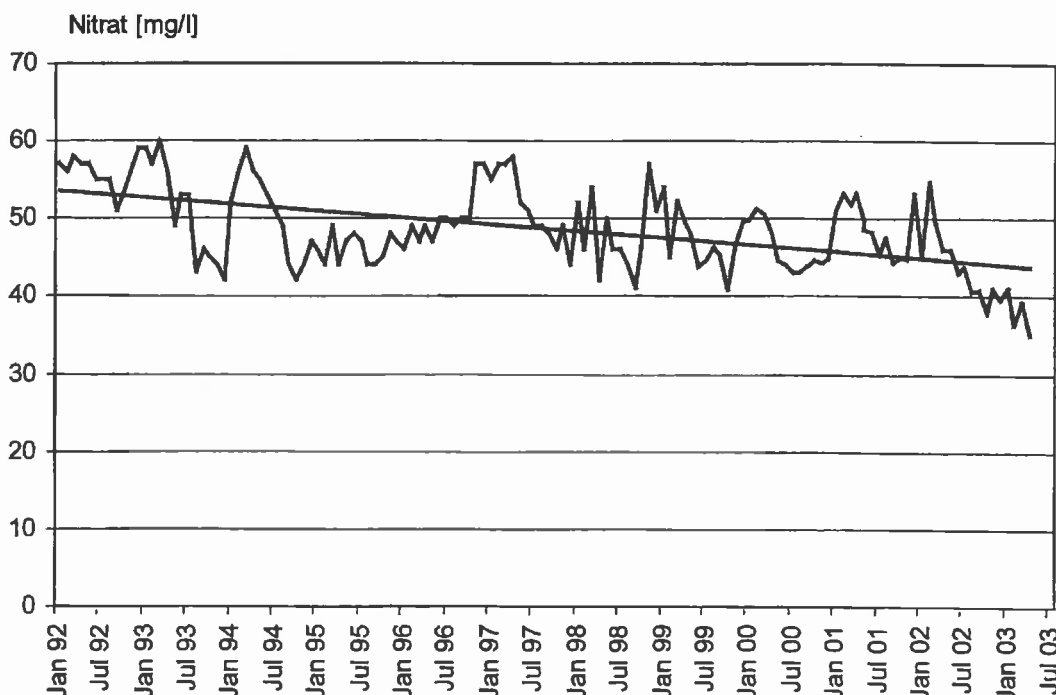


Abb. 6: Entwicklung der Nitratgehalte des geförderten Rohwassers der Brunnen Großenwieden 1, 2 und 3 (gewogenes Mittel und linearer Trend) für die Jahre 1992 bis 2003

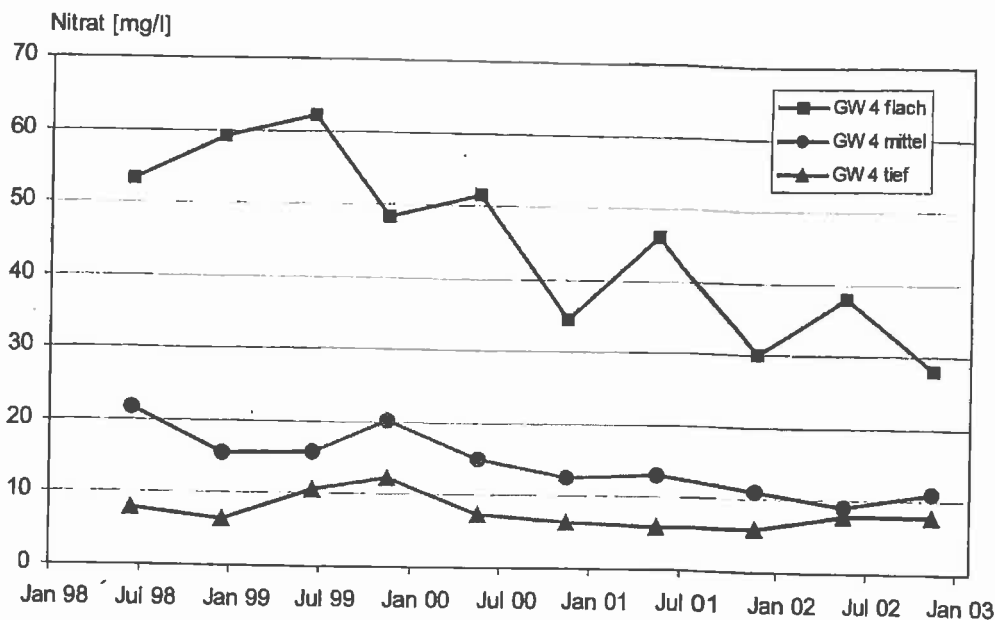


Abb. 7: Entwicklung der Nitratkonzentrationen an einer Dreifach-Grundwassermessstelle im Projektgebiet von 1998 bis 2002

3.2.2 Untersuchungen des Grundwassers

Im Projektgebiet Großenwieden wurden 1997 durch die Stadtwerke Schaumburg-Lippe GmbH elf Grundwassermessstellen als Dreifachmessstellen eingerichtet und in den Folgejahren nach einem festgelegten Beprobungsplan untersucht (zeitliche Auflösung in Abhängigkeit der Grundwasserfließgeschwindigkeit). In Abbildung 7 ist beispielhaft die Entwicklung der Nitratkonzentrationen einer Messstelle an den drei Filterpositionen (vgl. Abb. 2) dargestellt. Auffallend ist die ausgeprägte vertikale Differenzierung, die auf unterschiedliche Teileinzugsgebiete und unterschiedliche Grundwasseralter der jeweiligen Filterposition zurückzuführen ist. Entsprechend weist die Entwicklung der Nitratkonzentrationen im Grundwasser im obersten Grundwasserabschnitt den am stärksten ausgeprägten rückläufigen Trend auf.

3.2.3 Ermittlung der Nitratgehalte in der Dränzone (Nitrattiefenprofile)

Bereits mit Beginn der Zusatzberatung im Jahr 1993 wurden im Projektgebiet Nitrattiefenprofile erstellt, um den Status Quo der Nitratkonzentration in der Dränzone dokumentieren zu können. In den Jahren 1998 wurden auf diesen Flächen Wiederholungsbohrungen durchgeführt. In den Projektjahren 1999 und 2000 wurden aufgrund erster Auswertungen der hydrogeologischen Untersuchungen auf potenziellen

Zielflächen zusätzliche Bohrungen niedergebracht. Die wichtigsten Ergebnisse sind in der Tabelle 2 dargestellt.

Die Daten belegen einen starken Rückgang der durchschnittlichen Nitratkonzentration unter Flächen mit ackerbaulicher Nutzung (jeweils inklusive Flächen, auf denen Grünland umgebrochen wurde). Zwischen den Jahren 1993 und 1998 ist der Rückgang der Nitratkonzentration in der Dränzone vorrangig auf die durchgeführte Beratung zurückzuführen (geringer Flächenumfang und kurze Laufzeiten der umgesetzten Freiwilligen Vereinbarungen). Der Rückgang zwischen den Jahren 1998 und 2000 ist stärker durch den Abschluss umfangreicher Fruchtfolgevereinbarungen zu begründen (mehrjährige Laufzeit, N-Reduktion in der Fruchtfolge um 30 %, obligatorischer Zwischenfruchtanbau vor Sommerungen). Die Ergebnisse belegen weiterhin den positiven Aspekt einer dauerhaften leguminosenfreien Brachebegrünung, einer extensiven Grünlandnutzung, zeigen aber auch die Problematik von Grünlandumbruch auf.

Vor dem Hintergrund der im damaligen Zielbereich fast flächendeckend abgeschlossenen Fruchtfolgevereinbarungen wurden langjährig genutzte Ackerflächen mit und ohne Fruchtfolgevereinbarungen im Jahr 2000 untersucht und miteinander verglichen.

Die Daten belegen, dass mit dem eingesetzten Instrument der Fruchtfolgevereinbarung eine Senkung der Nitratkonzentration unter den Grenzwert von 50 mg NO₃/l erreicht wird.

Tab. 2: Durchschnittliche Nitratkonzentrationen in der Dränzone unter landwirtschaftlich genutzten Flächen im Projektgebiet Großenwieden

Nutzung	1993		1998		1999/2000	
	[mg NO ₃ /l]	[n]	[mg NO ₃ /l]	[n]	[mg NO ₃ /l]	[n]
Acker	113	16	80	14	63	24
Grünland (Weide)	–	–	–	–	46	2
Grünland (Schnitt)	–	–	7	1	–	–
Brache	–	–	5	1	–	–
Grünlandumbruch	–	–	–	–	124	3

Tab. 3: Wirkung einer reduzierten Stickstoffdüngung in Kombination mit Zwischenfruchtanbau (Fruchtfolgevereinbarung) auf die durchschnittliche Nitratkonzentration in der Dränzone im Projektgebiet Großenwieden

mit Fruchtfolgevereinbarung	Nitrat-	ohne Fruchtfolgevereinbarung	Nitrat-
Anzahl	Konzentration	Anzahl	Konzentration
Schläge	[mg NO ₃ /l]	Schläge	[mg NO ₃ /l]
[n]		[n]	
10	41	8	61

3.2.4 Untersuchungen von Oberflächengewässern

Im Projektgebiet wurde zwischen Dezember 1997 und Juni 2001 ein Fließgewässer, der Welseder Bach, untersucht. Anhand der Ergebnisse wurden die mittels der Grundwasserbeprobungen ermittelten Hauptbelastungsquellen im Bereich der Mittelterrasse nördlich von Welsede bestätigt. Auf eine Fortführung der Wasseruntersuchungen wurde aber verzichtet, da anhand der Oberflächengewässerbeprobung keine neuen Erkenntnisse gewonnen werden konnten und mit den vorhandenen Grundwassermessstellen ein besseres Instrument der Erfolgskontrolle im Gebiet vorhanden ist.

3.2.5 Ermittlung der Nitratgehalte in der Wurzelzone (Herbst-N_{min}-Untersuchungen)

Die Auswertung der Herbst-N_{min}-Untersuchungen aus den Jahren 1997 bis 2002 ist in der folgenden Übersicht dargestellt:

Tab. 4: Durchschnittliche Herbst-N_{min}-Werte (1997-2002) im Projektgebiet auf ackerbaulich genutzten Flächen mit und ohne Fruchtfolgevereinbarungen

mit Fruchtfolgevereinbarung	Herbst-N _{min}	ohne Fruchtfolgevereinbarung	Herbst-N _{min}
Anzahl	[kg N/ha]	Anzahl	[kg N/ha]
[n]		[n]	
87	75	45	76

Die Ergebnisse der Herbst-N_{min}-Untersuchungen auf den Flächen mit und ohne Fruchtfolgevereinbarungen unterscheiden sich nicht voneinander. Festgestellt wurden Unterschiede zwischen den Standorten (lössbürtige Böden, Auenböden) und zwischen den Jahren. Dabei konnte sichergestellt werden, dass aufgrund der hohen Wasserspeicherkapazität der Böden die Herbst-N_{min}-Probenahme jeweils vor Beginn der Sickerwasserspende abgeschlossen war. Für das Projektgebiet kann die Aussage getroffen werden, dass Jahres- und Standorteinflüsse die Bewirtschaftungseinflüsse überprägen.

3.2.6 Flächenbilanzen

Im Rahmen der Erfolgskontrolle wurden in den Jahren 1997 bis 2002 insgesamt 485 Flächenbilanzen ausgewertet. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle 5 dargestellt.

Tab. 5: N-Saldo im Projektgebiet auf ackerbaulich genutzten Flächen mit und ohne Fruchtfolgevereinbarungen

mit Fruchtfolgevereinbarung	Saldo	ohne Fruchtfolgevereinbarung	Saldo
Anzahl	[kg N/ha]	Anzahl	[kg N/ha]
[n]		[n]	
153	-10	332	23

Beim Abschluss der Fruchtfolgevereinbarung wird ein durchschnittlicher N-Saldo von

-10 kg N/ha erzielt; bei praxisüblicher Bewirtschaftung ergibt sich ein Überschuss von 23 kg N/ha. Durch den Abschluss der Fruchtfolgevereinbarungen verringern sich die Salden um durchschnittlich 33 kg N/ha pro Jahr. Der unmittelbare Vergleich der Ergebnisse der Flächenbilanzen und der Herbst-N_{min}-Werte macht deutlich, dass die einzelnen Methoden der Erfolgskontrolle durchaus zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können.

3.2.7 Hoftorbilanzen

Im WSG Großenwieden bewirtschaften allein fünf Betriebe 358 ha und somit ca. 63 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche. Für diese Betriebe wurden Hoftorbilanzen erhoben und ausgewertet. Da im WSG Großenwieden die Viehhaltung eine untergeordnete Rolle spielt, sind in der Auswertung nur der durchschnittliche Mineraldüngerzukauf und der durchschnittliche Stickstoffüberschuss der fünf Betriebe dargestellt:

Tab. 6: Durchschnittlicher Mineraldüngerzukauf und durchschnittlicher Stickstoffüberschuss der fünf flächenstärksten Bewirtschafter im WSG Großenwieden für die Jahre 1997 bis 2002

	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Mineraldüngerzukauf [kg N/ha]	180	151	172	156	168	179
Bilanzüberschuss [kg N/ha]	50	33	37	34	35	51

Es zeigt sich, dass der Stickstoffüberschuss tendenziell mit der zugekauften Düngermenge korreliert. Während die Bilanzen bis zum Jahr 2001 gute Ergebnisse im Sinne des Gewässerschutzes aufzeigen, ist der durchschnittliche Anstieg sowohl des eingekauften Stickstoffes als auch des Bilanzüberschusses im Jahr 2002 negativ zu bewerten. Bei einer durchschnittlichen Betroffenheit der Betriebe von 54 % kann aufgrund dieser Ergebnisse zwar nicht unmittelbar auf eine Verschlechterung der Sickerwassergüte im Projektgebiet geschlossen werden. Die Ergebnisse stellen jedoch einen konkreten Anhaltspunkt für eine zu vertiefende Düngeberatung auf Betriebsebene dar.

3.3 Eignung der Methoden der Erfolgskontrolle für Modellrechnungen

Soll eine Abschätzung der ergriffenen Maßnahmen auf der Ebene des Gesamtgebietes vorgenommen werden, so kann man sich des Instrumentes der Modellrechnung bedienen (zur näheren Vorgehensweise und zu Hintergrundinformationen s. NLÖ, 2004). Eine Modellrechnung ist definiert als die Kalkulation der zu erwartenden Nitratkonzentration des Sickerwassers in einem bestimmten Betrachtungsraum. Modellrechnungen lassen sich nur dann durchführen, wenn jeder Landnutzung innerhalb des Betrachtungsgebietes eine spezifische Sickerwasserrate mit einer spezifischen Nitratkonzentration zugeordnet werden

kann. Vor diesem Hintergrund sind Methoden der Erfolgskontrolle zu verwenden, die parzellenscharfe Aussagen zulassen. Die Nitratkonzentration unter landwirtschaftlich genutzten Flächen kann mittels indirekter Verfahren (Ableitung aus einzelschlagbezogenen N-Salden oder Herbst- N_{min} -Werten) berechnet oder aber direkt gemessen werden (Nitrattiefenprofile). Die Nitratkonzentration unter nicht landwirtschaftlich genutzten Flächen muss i.d.R. der Literatur entnommen werden (NLÖ, 2000).

Indirekte Verfahren

Die Anwendung der indirekten Verfahren zur Berechnung der zu erwartenden Nitratkonzentration im Sickerwasser unter landwirtschaftlich genutzten Flächen führte im Projektgebiet Großenwieden bei beiden Ansätzen (Ableitung aus einzelschlagbezogenen N-Salden und Ableitung aus Herbst- N_{min} -Werten) zu Ergebnissen, die den Trend sinkender Nitratkonzentrationen bestätigen. Die absolute Höhe der Berechnungen stimmte jedoch nicht mit den Messwerten im geförderten Rohwasser überein. Für Modellrechnungen auf Gesamtgebietsebene sind indirekte Verfahren nur eingeschränkt geeignet.

Direkte Verfahren

Modellrechnungen auf der Basis konkreter Messungen (Nitrattiefenprofile) werden als das bestmögliche Verfahren zur Prognose der Sickerwassergüte auf Gesamtgebietsebene angesehen, da die durchschnittliche Nitratkonzentration in der Dränzone die genaueste Aussage zur tatsächlichen Eintrags- bzw. Belastungssituation in den Aquifer zulässt. Dies setzt regelmäßige Untersuchungen auf repräsentativen Flächen voraus. Die Methode kann nicht verwendet werden, wenn aufgrund der Standortverhältnisse (z.B. flachgründigen Verwitterungsböden) keine entsprechenden Daten erhoben werden können. In solchen Fällen muss auf indirekte Verfahren zurückgegriffen werden.

Eine Eignung der Methoden der Erfolgskontrolle für entsprechende Modellrechnungen ist in der folgenden Übersicht dargestellt:

Tab. 7: Eignung der Methoden der Erfolgskontrolle für die Durchführung von Modellrechnungen

Methode der Erfolgskontrolle	Eignung Kriterium Parzellenschärfe	Verfahren
Bilanzierungen auf Hoftorebene	Bedingt geeignet	Indirekt
Wirkungsgrad von Wirtschaftsdüngern	Bedingt geeignet	Indirekt
Bilanzierungen auf Einzelschlagebene	Geeignet	Indirekt
Untersuchungen der Wurzelzone	Geeignet	Indirekt
Untersuchungen der Dränzone	Geeignet	Direkt
Untersuchungen von Messstellen	Bedingt geeignet	Direkt
Untersuchungen des Rohwassers	Ungeeignet	Direkt

Die im Rahmen des Pilotprojektes durchgeführten einfachen Modellrechnungen (z.B. Ableitung der potenziellen Nitratkonzentration im Sickerwasser aus Herbst- N_{min} -Untersuchungen oder Ergebnissen von Flächenbilanzierungen) führten nicht zu befriedigenden Ergebnissen. Anhand der durchgeführten Berechnungen wurden Nitratkonzentrationen errechnet, die den tatsächlichen Verlauf der Entwicklung der Rohwassergüte nicht widerspiegeln. Ein einfaches Verfahren für eine verlässliche Prognose der Entwicklung Sickerwassergüte konnte nicht entwickelt werden. Alle durchgeführten Modellrechnungen eigneten sich daher nur zur Trendermittlung.

3.4 Bewertung der Effizienz von Grundwasserschutzmaßnahmen

Bei der Effizienzbetrachtung von Grundwasserschutzmaßnahmen werden die Kosten der Maßnahme den erzielten Erfolgen gegenübergestellt. Prinzipiell ergeben sich zwei mögliche Bezugsebenen für die Effizienzbewertung:

Kosten f. d. Reduktion von Frachten:

€/kg N (Saldo, Herbst- N_{min})

Kosten f. d. Reduktion von Konzentrationen:

€/mg NO_3/l (Tiefenprofil)

Liegen die Ausgangskonzentrationen im Grund- oder Sickerwasser über dem Grenzwert, so ist zusätzlich zu bewerten, ob mit der angebotenen Maßnahme die Vorgaben der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) erreicht werden:

Qualitativer Effekt:

Senkung der Nitratkonzentrationen unter 50 mg NO_3/l

Quantitativer Effekt:

Senkung der Nitratkonzentration um einen Betrag X

Wie bei der Erfolgskontrolle kann prinzipiell zwischen der Bewertung der Maßnahme »an sich« (Flächenbezug) und der Bewertung der Effizienz auf der Ebene des Gesamtgebietes unterschieden werden. Für die Effizienzbetrachtung im Projektgebiet wurde folgende Vorgehensweise gewählt:

Bewertung flächenbezogener Maßnahmen

Als Bezugsgröße der Effizienzbetrachtung auf »Maßnahmenebene« wurde die Verringerung um ein Kilogramm Stickstoff gewählt. Aus diesem Grund wurde bei den Nitrattiefenprofilen nicht die Verringerung der Konzentration, sondern die Verringerung der Stickstofffracht bewertet. Aufgrund dieser Vorgehensweise können die Ergebnisse der Auswertungen der einzelschlagbezogenen Bilanzen, der Herbst- N_{min} -Werte und der Nitrattiefenprofile miteinander verglichen werden. In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Auswertungen im Rahmen der Effizienzbewertung aus dem Projektgebiet für alle flächenbezogenen Maßnahmen zusammengetragen.

Tab. 8: Effizienz der Verringerung des N-Saldos, des Herbst-N_{min}-Wertes und der N-Fracht durch Freiwillige Vereinbarungen im Projektgebiet in den Jahren 1997 bis 2002

Maßnahme	Qualitätsziel erreichbar Ja/nein	Erreichbare Konzentration [mg NO ₃ /l]	Kosten [€/ha]	Kosten der Verringerung von		
				N-Saldo [€/kg N]	Herbst-N _{min} [€/kg N]	N-Fracht [€/kg N]
Fruchtfolgevereinbarung	Ja	40	214,7	6,5	214,7	17,9
Zwischenfruchtanbau	***	***	86,9	***	2,2	***
Zwischenfruchtanbau und Mulchsaat	***	***	127,8	***	3,2	***
Grünlandextensivierung Grundpaket	Ja	5-15	76,7	3,8	***	7,7
Grünlandextensivierung Zusatzpaket	Ja	5-15	127,8	3,2	***	***
Red. N-Düngung Raps	***	***	158,5	3,2	***	***
Leguminosenfreie Brachebegrünung*	Ja	5-15	76,7	3,8	1,9	***
Anlage zusätzlicher Brachen**	Ja	5-15	400,0	10,0	6,7	15,4
Umwandlung von Ackerland	Ja	5-15	500,0	8,3	8,3	18,5

* Verdrängung einer leguminosenhaltigen Brache

** Verdrängung einer Rapsfruchtfolge

*** konnte anhand der durchgeführten Untersuchungen nicht bewertet werden

Nicht für alle Maßnahmen können sichere Aussagen hinsichtlich der Erreichung des Qualitätszieles (Senkung der Nitratkonzentration in der Dränzone unter 50 mg NO₃/l) getroffen werden. Auch die Effizienz konnte nicht für alle Maßnahmen berechnet werden, da nicht für alle angebotenen freiwilligen Vereinbarungen die entsprechenden Erhebungen bzw. Untersuchungen durchgeführt wurden. Die entstehenden Kosten weisen sowohl zwischen den Maßnahmen als auch zwischen den Betrachtungsebenen deutliche Schwankungen auf. Im Projektgebiet liegen die Kosten für die durchgeführten Maßnahmen zwischen 3 €/kg N und 10 €/kg N, wenn die Verringerung des N-Saldos als Bezugsgröße gewählt wird. Wird die Verringerung der N-Fracht als Bezugsgröße gewählt, liegen die Kosten zwischen 8 €/kg N und 18 €/kg N und somit auf einem deutlich höheren Niveau. Eine eindeutige Aussage, welche Maßnahmen an welchem Standort zu bevorzugen sind, läßt sich nur gebiets-spezifisch treffen. Es wird zwar deutlich, dass die Umwandlung von Ackerland in Grünland ein hervorragendes Ergebnis liefert; es liegt aber auch auf der Hand, dass nicht alle ackerfähigen Standorte in Grünland umgewandelt werden können. Zur Bewertung der Effizienz sollen daher nur grundlegende Aussagen getroffen werden:

1. Langfristig werden nur diejenigen Grundwasserschutzmaßnahmen zu einem Erfolg führen, die sowohl den Eintrag (Emission, z. B. Verringerung des N-Saldos) als auch den Austrag (Immission, z. B. Verringerung der N-Fracht) von Stickstoff nachhaltig verringern. Mit der Verringerung des Herbst-

N_{min}-Wertes wird weder die Verringerung des Eintrages noch die Verringerung des Austrages dokumentiert bzw. garantiert. Vor diesem Hintergrund wird empfohlen, nur die Emissions- bzw. Immissionsgrößen (N-Saldo und N-Fracht) für eine Effizienzbetrachtung heranzuziehen. Da die Verringerung der N-Fracht unmittelbar aus den Verringerungen der Nitratkonzentration in der Dränzone abgeleitet wird, besitzt diese Bewertung die größte Aussagekraft, sofern keine denitrifizierenden Verhältnisse in der Dränzone zu beobachten sind.

2. Nur wenn die Belastungssituation vor Beginn von Maßnahmen hinreichend bekannt ist, kann der Erfolg abgeschätzt und bewertet werden. Es ist daher unerlässlich, eine Status-Quo-Erhebung vor der Einführung bzw. Umsetzung von Grundwasserschutzmaßnahmen durchzuführen.
3. Die mögliche Verringerung der Kosten bzw. die mögliche Erhöhung der Effizienz ist durch die Kooperation im Rahmen der Kontroll- und Anpassungsprozesse durchzuführen (Bewertung des wirtschaftlichen Nachteiles, Modifikation der Bewirtschaftungsbedingungen, Umstellung der Fruchtfolge).

Bewertung auf Gebietsebene

Da schon die Modellrechnungen im Bereich der Erfolgskontrolle keine zufriedenstellenden Ergebnisse geliefert haben, wurde auf eine Effizienzbetrachtung auf Gebietsebene verzichtet.

4 Übertragbarkeit auf andere Gebiete

Zentrales Anliegen jeden Pilotprojektes ist es, zu prüfen, ob bzw. unter welchen Voraussetzungen die gewonnenen Erkenntnisse auf andere Gebiete übertragen werden können. Im Folgenden wird die Übertragbarkeit für die angewandte Methodik im Bereich der Zielflächenidentifikation skizziert.

4.1 Zielflächenidentifikation

Hydrochemisch/hydrogeologische Untersuchungen

■ Die für das Pilotprojekt neu angewandte Methodik (horizontal und vertikal differenzierte Analyse von Grundwasserströmung und Grundwassergüte) zum Nachweis der Veränderungen von Nitrat-Konzentrationen hat sich bewährt und bedarf bei der Übertragung auf vergleichbare Flussterrasseneinzugsgebiete keiner wesentlichen Veränderung.

■ Im Laufe des Pilotprojektes hat sich ergeben, dass eine monatliche Beprobung nicht zwingend erforderlich ist. Je nach Abstand der Potenzialfläche von der Wasserfassung ist aber eine viertel- bis halbjährliche Auswertung zu empfehlen, wenn die Fließzeit im Projektgebiet zwischen den Mehrfachmessstellen und der Wasserfassung ca. ein Jahr beträgt.

■ Die räumliche und zeitliche Auflösung stofflich-analytischer Untersuchungen in der gesättigten Zone ist bei der Übertragung auf andere Flussterrasseneinzugsgebiete u.a. von der Geometrie des Grundwasserleiters, den spezifischen Strömungsbedingungen des Grundwassers sowie der Schwankungsbreite der Grundwasserstandshöhen abhängig. Die Anzahl der erforderlichen Mehrfachmessstellen muss der Größe des Einzugsgebietes, der wassererfüllten Mächtigkeit des Grundwasserleiters sowie den eventuell vorhandenen Stockwerksteilungen angepasst werden.

■ Die Entfernung zwischen den Messstellen lag im Projektgebiet bei ca. 150 m. Dieser Abstand hat sich bei der Zuordnung konkreter Flächenareale zu den Nitratgehalten im Grundwasser der Mehrfachmessstellen bewährt.

Bodenkundlich/bodenchemische Untersuchungen

■ Für die Festlegung der Anzahl der bodenkundlichen Untersuchungen ($N_{\min}$ -Untersuchungen, Nitrat-tiefenprofile) muss das Gebiet hinsichtlich seiner relevanten Bodentypen bzw. -gesellschaften und dem standörtlichem Verlagerungspotenzial bewertet werden (z. B. Differenzierung von Löss- und Auenböden, Hohe Geest und Niederungsflächen). Innerhalb der Bodeneinheiten muss überprüft werden, ob zusätzliche Standorteigenschaften wie z. B. das Mineralisations- oder Denitrifikationspotenzial bei der Auswahl bzw. der Anzahl der Flächen berücksichtigt werden müssen. Anzustreben ist eine Mindestanzahl von Referenzflächen, die ein Monitoring ermöglicht, mit dem optimalerweise eine Prognose der Sickerwassergüte unter ackerbaulich genutzten Flächen erstellt werden kann.

■ Die Anzahl der Referenzflächen ist abhängig von den Bewirtschaftungsverhältnissen (Fruchtfolgen, Problemfrüchte) und der Anzahl der prioritär zu beratenden Betriebe. Auf den Dauerbeobachtungsflächen

sollten (wenn möglich) alle Methoden der Erfolgskontrolle eingesetzt werden, um die Nachteile der einzelnen Methoden gegenseitig zu kompensieren.

■ Die Anzahl der prioritär zu beratenden Betriebe sollte sich an einer anzustrebenden Beratungsfläche im WSG orientieren. Die Anzahl der prioritär zu beratenden Betriebe ist abhängig von der Größe des Einzugsgebietes und der Betriebsstruktur. Für diese Betriebe muss eine innergebietliche Prioritätenliste erstellt werden, die die Bewirtschaftungs- und Standortverhältnisse im Wassergewinnungsgebiet berücksichtigt (vgl. NLÖ, 2001). Für alle Betriebe mit hoher Beratungspriorität sollte eine Düngeplanung auf Gesamtbetriebsebene angestrebt werden.

■ Hinsichtlich der zeitlichen Auflösung ist es ausreichend, Tiefenprofile im Bereich der lössbürtigen bzw. lehmigen Böden je nach Fruchtfolge alle drei bis vier Jahre durchzuführen. Auf »leichten«, d.h. Böden mit sandigen Substraten müssen Tiefenprofile dagegen in Abhängigkeit der Klimaverhältnisse (Bsp.: Region Weser-Ems: hohe Sickerwasserraten; Region Braunschweig: geringe Sickerwasserraten) und der Bohrteufe in der Regel alle zwei Jahre durchgeführt werden.

4.2 Konzept zur Planung und Durchführung der Erfolgskontrolle

Unter Berücksichtigung der im Pilotprojekt gemachten Erfahrungen werden die Methoden der Erfolgskontrolle im Folgenden bewertet (s. Tab. 9). Gleichzeitig wird ein Schema zur zeitlichen und räumlichen Auflösung der Häufigkeit der durchzuführenden Untersuchungen vorgestellt (s. Tab. 10). Das Konzept baut auf den Vorgaben des »Prioritätenprogrammes Trinkwasserschutz« auf, in dem die Wassergewinnungsgebiete hinsichtlich ihrer Handlungspriorität eingestuft werden (NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM, 1999). Das Prioritätenprogramm sieht folgende Differenzierungen vor:

Handlungsbereich C: Sanierung erforderlich
Handlungsbereich B: Verbesserung erforderlich
Handlungsbereich A: Sicherung erforderlich

Die Tabelle 10 gibt Anhaltspunkte zu Art und Umfang der durchzuführenden Maßnahmen im Bereich der Erfolgskontrolle. Gebietsspezifische Anpassungen aufgrund besonderer Gegebenheiten müssen berücksichtigt werden. Grundvoraussetzung für die Erfolgskontrolle muss die Erfassung des Ausgangszustandes (Status Quo) vor Beginn der Maßnahmen sein.

Im Gegensatz zu den Aussagen im Anwenderhandbuch für die Zusatzberatung Wasserschutz (NLÖ, 2001) wird die Herbst $N_{\min}$ -Untersuchung auf den im Projektgebiet vorherrschenden Löss- und Auenböden als ein weniger gut geeignetes Instrument der Erfolgskontrolle angesehen. Im Projektgebiet wurde die Erfahrung gemacht, dass die Standort- bzw. Witterungseinflüsse die Bewirtschaftungseinflüsse überprägen, und daher den Nachweis der Wirksamkeit von Maßnahmen zum Grundwasserschutz erschweren bzw. unmöglich machen (vgl. Tab. 4).

Tab. 9: Bewertung von Methoden der Erfolgskontrolle

Stofflich-analytische Erfolgskontrolle	Geest Lockergestein	Börde Lockergestein	Hügelland Festgestein
Rohwasser	0(+)	0(+)	+(+)
Vorfeldmessstellen	++	++ (wenn möglich)	++ (wenn möglich)
Nitrattiefenprofile	++	++	++ (wenn möglich)
Dränausläufe	0 (nicht notwendig)	+(+)	+(+)
Oberflächengewässer	0 (nicht notwendig)	+	+
Herbst $N_{\min}$	-(0)	0(-)	0(-)
<i>Kalkulatorische Erfolgskontrolle</i> Keine Differenzierung notwendig			
Hoftorbilanz/Wirkungsgrad von Wirtschaftsdünger	++	++	++
Flächenbilanz	0(+)	0(+)	0(+)

++ gut geeignet; + geeignet; 0 bedingt geeignet; - ungeeignet

Tab. 10: Vorschläge zur Bemessung der zeitlichen und räumlichen Auflösung der Maßnahmen

Stofflich-analytische Erfolgskontrolle	Auflösung	Handlungsbereich C	Handlungsbereich B	Handlungsbereich A
Rohwasser	Zeit	Monatlich bis vierteljährlich	Vierteljährlich bis Halbjährlich	Halbjährlich bis jährlich
	Raum	Nicht möglich	Nicht möglich	Nicht möglich
Vorfeldmessstellen	Zeit	Vierteljährlich bis halbjährlich	Halbjährlich bis jährlich	Jährlich
	Raum	Räumliche Auflösung i. A. von der Fließgeschwindigkeit des Grundwassers und dessen stofflicher Belastung		
Nitrattiefenprofil	Zeit*	Alle 2 bis 3 Jahre	Alle 3 bis 4 Jahre	Alle 3 bis 4 Jahre
	Raum**	10-5	5-2	< 2
Dränausläufe	Zeit	mind. monatlich in der SW-Periode	monatlich in der SW-Periode	Nicht notwendig
	Raum	Nicht möglich	Nicht möglich	Nicht möglich
Oberflächen-gewässer	Zeit	Vierteljährlich	Vierteljährlich bis halbjährlich	Nicht notwendig
	Raum	Räumliche Auflösung i. A. von der Anzahl der Vorfluter		
Herbst- $N_{\min}$	Zeit	Jährlich	Jährlich	Jährlich
	Raum**	10-5	5-2	< 2
<i>Kalkulatorische Erfolgskontrolle</i>				
Hoftorbilanz/Wirkungsgrad von Wirtschaftsdüngern	Zeit	Jährlich	Jährlich	Jährlich
	Raum**	60-40	40-20	20-0
Flächenbilanz	Zeit	Jährlich	Jährlich	Jährlich
	Raum**	60-40	40-20	20-0

* Die anzustrebenden Intervalle und Beprobungstiefen sind abhängig von der jährlichen Verlagerungstiefe in der Dränzone

** Angaben in Prozent des anzustrebenden flächenhaften Deckungsgrades ackerbaulich genutzter Standorte; die Bewertungskriterien sind Bodenareale, Fruchtfolgen, prioritäre Betriebe

5 Integriertes Schutzgebietsmanagement

In die Umsetzung gewässerschutzorientierter Maßnahmen im Projektgebiet Großenwieden konnten in den letzten Jahren neben der Landwirtschaft und der Wasserwirtschaft weitere Akteure eingebunden werden. Es zeigte sich, dass ein- und mehrjährige Grundwasserschutzmaßnahmen eine effektive Ergänzung durch Kombination mit naturschutzfachlichen Maßnahmen erhalten können. So bewirken z.B. Maßnahmen des Gewässerschutzes wie die Anlage von Gewässerrandstreifen zugleich eine Aufwertung des Naturhaushaltes, des Landschaftsbildes sowie der Erholungsfunktion von Natur und Landschaft. Die Verknüpfung der Zielgebiete auf Basis hydrogeologischer und bodenkundlich/landwirtschaftlicher Daten mit Zielen der Fachplanungen aus Agrarstruktur (Agrarstrukturelle Entwicklungsplanung, AEP) und Landschaftsplanung (Landschaftsrahmenplanung) führte zur Definition eines Suchraumes von Zielflächen des Wasserschutzes mit Entwicklungspotenzial für Natur und Landschaft. Auf dieser Grundlage ist eine gezielte Lenkung und die Realisierung von dauerhaften und kostenintensiven Maßnahmen im Rahmen der Umsetzung von Kompensationsmaßnahmen möglich.

Langfristig wird dieser Ansatz nur Erfolg haben, wenn in multilateralen Kooperationen abgestimmte Entwicklungskonzepte angestrebt werden und deren Umsetzung unter engagierter Beteiligung der örtlichen Landwirtschaft erfolgt. Darüber hinaus kommt es häufig im ländlichen Raum zu einem erhöhten Flächenruck durch Siedlungsentwicklung, welcher durch sinnvolle Bündelung von Maßnahmen Entschärfung erfahren kann. Dies schafft außerdem Planungssicherheit für die landwirtschaftlichen Betriebe.

Durch die Zusammenführung der Nutzungsinteressen eines Raumes lassen sich Synergieeffekte nutzen, die gezielt in die Ausarbeitung von integrierten Entwicklungskonzepten für Zielbereiche im Wasserschutzgebiet münden können. Im Folgenden ist der Weg von der bilateralen zu einer multilateralen Kooperation im Projektgebiet beschrieben, welcher grundsätzlich von allen Kooperationen in Wassereinzugsgebieten mit dem Ziel der Realisierung eines integrierten Schutzgebietsmanagement beschriftet werden kann.

5.1 Ziele

Durch die Integration der Anforderungen des Naturschutzes in die bestehende Kooperation Wasserwirtschaft/Landwirtschaft sollten folgende Ziele verfolgt werden:

- Prüfung der Kombinierbarkeit von Grundwasserschutzmaßnahmen auf den nach bodenkundlichen und hydrogeologischen Kriterien identifizierten Zielflächen mit Maßnahmen für Eingriffe in Natur und Landschaft.
- Erweiterung der vorhandenen Kooperationen Wasserwirtschaft/Landwirtschaft um kommunale, naturschutzfachliche, agrarstrukturelle Entscheidungsträger im Raum zur Etablierung eines Dialoges zur künftigen Integration der Maßnahmen des Grundwasserschutzes in Kompensationskonzepte.

- Erarbeitung eines Konzeptes zur Einrichtung und Verwaltung sowie des Instrumentariums von Kompensationsflächenpools in Zusammenarbeit der Wasserwirtschaft mit den Kommunen.
- Entwicklung und Erprobung eines unterstützenden Instrumentes für die Verwaltung eines Kompensationsflächenpools auf Grundlage einer Datenbank.
- Überprüfung, ob die Bündelung von Maßnahmen des Wasser- und Naturschutzes, der Landschafts- und Siedlungsentwicklung in Zusammenarbeit mit der Landwirtschaft ein langfristiges Modell darstellen kann.

5.2 Vorgehensweise

- Erweiterung der bestehenden Kooperation Wasserwirtschaft/Landwirtschaft um kommunale, naturschutzfachliche und agrarstrukturelle Entscheidungsträger. Etablierung und Moderation eines »Runden Tisches« als zentrales Element eines integrierten Schutzgebietsmanagements.
- Auswertung der vorhandenen Fachplanungen (z. B. Regionale Raumordnungsprogramme und Landschaftsrahmenpläne der Landkreise Schaumburg und Hameln-Pyrmont, Landschaftsplan Stadt Rinteln, AEP Wesertal) hinsichtlich ihrer Aussagen zum Entwicklungspotenzial von Natur und Landschaft sowie potenziellen Kompensationsflächen.
- Verschneidung der nach bodenkundlichen und hydrogeologischen Kriterien identifizierten Zielflächen für Maßnahmen des Grundwasserschutzes mit den Aussagen der Fachplanungen.
- Aufstellung von Maßnahmen- und Entwicklungsplänen für Zielflächen des Grundwasser-, Naturschutzes und der Landschaftsentwicklung im Rahmen eines Kompensationsflächenpools.
- Aufstellung eines Bewertungsschemas zum Aufwertungspotenzial der Zielflächen und ihrer Eignung als Kompensationsflächen für Eingriffe in Natur und Landschaft.
- Aufbau einer GIS-gestützten Datenbank zur effizienten Verwaltung eines Kompensationsflächenpools.

5.3 Einrichtung eines Kompensationsflächenpools im Rahmen der multilateralen Kooperation im WSG Großenwieden

Aus der Gesamtheit der aus wasserwirtschaftlicher Sicht vorhandenen Zielflächen, deren Identifikation nach bodenkundlichen und hydrogeologischen Kriterien erfolgt, lassen sich im Wasserschutzgebiet Großenwieden Flächen mit gleichzeitigem Entwicklungspotenzial für Naturschutz und Landschaftsentwicklung identifizieren. Die für die Flächen erarbeiteten Entwicklungskonzepte sollen künftig durch eine gezielte Lenkung von Kompensationsmaßnahmen in diese Gebiete umgesetzt werden. Im Kompensationsflächenpool können die Flächen verwaltet und ihre Entwicklung dokumentiert und visualisiert werden.

Grundsätzlich steht der Flächenpool sämtlichen Vorhabensträgern zur Deckung ihres Kompensationsbedarfes aus Eingriffen in Natur und Landschaft offen.

Das Straßenbauamt Hameln nutzt diese Möglichkeit bereits mit der Umsetzung von Kompensationsmaßnahmen im Brunnenbereich des Wasserschutzgebietes. In Ergänzung bestehender Feldgehölze wird die Anpflanzung weiterer Heckenstrukturen erfolgen. Die Stadtwerke Schaumburg-Lippe GmbH übernehmen nach Kostenerstattung die Durchführungsverpflichtung der Kompensation vom Straßenbauamt und gewährleisten die Herstellung und langfristige Pflege der Maßnahme.

Der Aufbau eines Kompensationsflächenpools auf der Basis des Vorgehens im Projektgebiet Großenwie-den ist grundsätzlich auf alle Wassereinzugsgebiete übertragbar.

Dies verdeutlicht das beigelegte Faltblatt **»Synergien nutzen durch Kompensationsflächenpools in Wassereinzugsgebieten«**. Es wendet sich z. B. an Kommunen, Wasserversorgungsunternehmen, Fachbehörden und Vorhabensträger. In ihm werden u. a. die einzelnen Schritte der Einrichtung eines Kompensationsflächenpools und dessen Verwaltung mittels einer GIS-gestützten Datenbank erläutert.

6 Fazit

Nach Einführung der Wasserentnahmegebühr und des niedersächsischen Kooperationsmodells vor über 10 Jahren wurden die Inhalte und die Methoden der Zusatzberatung Wasserschutz ständig erweitert und weiterentwickelt.

In Ergänzung zur Ermittlung der Nitrataustragsgefährdung von Böden wurden weitere Parameter wie z.B. das Mineralisations- und das Denitrifikationspotenzial der Böden in die Standortbewertung einbezogen. Die Untersuchungen in der Wurzelzone (N_{min}) wurden auf die Dränzone (Nitrattiefenprofile) und die Grundwasseroberfläche ausgedehnt. Ziel war und ist die möglichst lückenlose Dokumentation der Wege des Nitrates vom Boden über die ungesättigte Zone bis ins Grundwasser.

Im Pilotprojekt Großenwieden wurde dokumentiert, dass die bodenkundlichen Methoden zur Zielflächenidentifikation durch hydrogeologische Methoden zu ergänzen sind.

Die zunächst bilaterale Kooperation zwischen Wasserversorgern und Landwirten wurde um weitere Partner ergänzt (Naturschutz, Agrarstruktur). Diese multilaterale Kooperation kann auch als medien-

übergreifendes Schutzgebietsmanagement bezeichnet werden und ermöglicht den Austausch und die Bündelung verschiedener Interessen.

Die Vorgehensweise zur Planung, Durchführung und Erfolgsbewertung von Wasserschutzmaßnahmen auf der Maßstabsebene Wasserschutzgebiet kann prinzipiell auch auf größere Räume wie die Grundwasserkörper gemäß der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) übertragen werden. Hier ist insbesondere auf die Grundwasserkörper hinzuweisen, für die aufgrund der diffusen Belastungen eine intensive Untersuchung in der weitergehenden Beschreibung vorzunehmen ist. Das Methodenspektrum kann somit der Umsetzung der EG-WRRL zum Erreichen eines guten chemischen Zustands des Grundwassers dienen.

Zu fast allen Grundwasserschutzmaßnahmen können Aussagen zur ökologischen Effektivität und zur ökonomischen Effizienz getroffen werden. Auch die Zusammensetzung der multilateralen Kooperation kann als Vorbild für die Umsetzung von Wasserschutzmaßnahmen im Sinne eines flächendeckenden Gewässerschutzes herangezogen werden.

7 Literatur

- DIN 4049 (1994): Hydrologie; Teil 3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie. Beuth-Verlag Berlin.
- DIN 19687 (1998): Berechnung der Sickerwasserrate aus dem Boden. Beuth-Verlag Berlin.
- DIN 19732 (1997): Bodenbeschaffenheit – Bestimmung des standörtlichen Verlagerungspotentials von nicht sorbierbaren Stoffen. Beuth-Verlag Berlin.
- DÖRHÖFER, G. & V. JOSOPAIT (1980): Eine Methode zur flächendifferenzierten Ermittlung der Grundwasserneubildungsrate. Geol. Jb., C 27, 45-65. Schweizerbart, Stuttgart.
- DÖRHÖFER, G., R. KUNKEL, B. TETZLAFF & F. WENDLAND (2001): Der natürliche Grundwasserhaushalt in Niedersachsen, Arbeitshefte Wasser, Heft 2001/1, S. 109-167, Hannover.
- HÖLTING, B., T. HAERTLE, K.-H. HOHBERGER, H. ECKL, J. HAHN & C. KOLDEHOFF (1995): Konzept zur Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung. Geol. Jb., C 63, 5-24. Schweizerbart, Stuttgart.
- KETELSEN, H., U. MÜLLER, D. SEITZ, M. HORSTKÖTTER & T. HARTUNG (2003): Zur Aussagekraft des N_{min} -Herbstwertes als Instrument der Erfolgskontrolle im Grundwasserschutz. Wasser & Boden 55, 46-52.
- LAURENZ, L. (2001): Ermittlung des Düngewirkungsgrades der N-Ausscheidungen – Ein neues Verfahren zur Bewertung der Stickstoffdüngung in Betrieben mit Tierhaltung. In: Kooperation Landwirtschaft und Wasserwirtschaft im Einzugsgebiet der Stevertalsperre, Hrsg.; Bericht über die Ergebnisse der Beratung in 2001. Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe.
- MÜLLER, U. & F. RAISSI (2002): Arbeitshilfe für bodenkundliche Stellungnahmen und Gutachten im Rahmen der Grundwassernutzung. Arbeitsheft Boden, Heft 2002/2, Hannover.
- NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE, NLÖ (2000): Pilotprojekt Mechtshausen – Erforschung einer auf den Grundwasserschutz ausgerichteten Land- und Forstwirtschaft im WEG Mechtshausen. Endbericht zum NLÖ-Pilotprojekt, unveröff.
- NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE, NLÖ (2001), Hrsg.: Anwenderhandbuch für die Zusatzberatung Wasserschutz. Grundwasserschutzorientierte Bewirtschaftungsmaßnahmen in der Landwirtschaft und Methoden zu ihrer Erfolgskontrolle. Hildesheim.
- NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE, NLÖ (2004): Pilotprojekt Interdisziplinäres Sanierungskonzept für ein hoch nitratbelastetes Trinkwassereinzugsgebiet im Bereich des unteren Wesertales (Schutzgebietsmanagement Großenwieden). Zwischen- und Endbericht zum NLÖ-Pilotprojekt, unveröff.
- NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM (1999): Effizienzkontrolle der Maßnahmen in der Landwirtschaft aus der Wasserentnahmegebühr – Prioritätenprogramm Trinkwasserschutz. Statusbericht und Vorschläge des ad-hoc-Arbeitskreises 'Prioritätenprogramm'.
- TRINKWASSERVERORDNUNG (2001): Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung). Bundesgesetzblatt I 2001, 959.
- WELL, R., J. AUGUSTIN, J. DAVIS, S. GRIFFITH, O. MEHRANFAR & K. MEYER (1999): Bewertung des denitrifikativen Nitratabbaus in der gesättigten Zone hydromorpher Böden auf der Basis von in situ Messungen des Denitrifikationspotenzials. Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges. 91, 1363-1366.
- WELL, R., H. HÖPER & O. MEHRANFAR (2001): Empirische Modelle zur Prognose der Denitrifikation im oberflächennahen Grundwasser. Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges. 96, 667-668.
- WELL, R., J. AUGUSTIN, K. MEYER & D.D. MYROLD (2003): Comparison of field and laboratory measurement of denitrification and N_2O production in the saturated zone of hydromorphic soils. Soil Biology and Biochemistry 35, 783-799.

AnsprechpartnerInnen

Dipl. Ing. agr. Detlef Seitz und Dr. Knut Meyer
Tel.: 05592 / 927636 und 927637
E-mail: seitz@geries.de; meyer@geries.de
Geries Ingenieure GmbH
Kirchberg 12
D-37130 Gleichen-Reinhausen
Fax: 05592 / 927611

Dipl. Ing. Wasserwirtschaft Petra Hannig
Bezirksregierung Hannover, Außenstelle Hildesheim
Langelinien-Wall 26
D-31134 Hildesheim
Tel.: 05121 / 164111
Fax: 05121 / 164100
E-mail: petra.hannig@br-h-hi.niedersachsen.de

Dipl. Ing. agr. Hubertus Schültken
Niedersächsisches Landesamt für Ökologie
An der Scharlake 39
D-31135 Hildesheim
Tel.: 05121 / 509-798
Fax: 05121 / 509-794
E-mail: hubertus.schueltken@nloe.niedersachsen.de