



# NITROLIMIT

## Stickstofflimitation in Binnengewässern

Ist Stickstoffreduktion ökologisch sinnvoll  
und wirtschaftlich vertretbar?

### Diskussionspapier

Band 4, Juni 2016

## Kosten und Nutzen einer verbesserten Gewässergüte am Beispiel der Berliner Unterhavel

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



**FONA**  
Nachhaltiges  
Wassermanagement  
BMBF

## Impressum

### Herausgeber:

Projekt NITROLIMIT  
c/o Brandenburgische Technische  
Universität Cottbus - Senftenberg  
Lehrstuhl Gewässerschutz  
Forschungsstelle Bad Saarow  
Seestraße 45  
15526 Bad Saarow

### Redaktion:

Claudia Wiedner, Jeanette Schließ

### Autoren:

Andreas Horbat, Christian Remy, Daniel  
Mutz, Jürgen Meyerhoff, Nina Kruse, Marisa  
Matranga, Markus Venohr, Pascale Rouault

### Fotos:

Claudia Wiedner, Jeanette Schließ, Stefan  
Barkhoff

### Kontakt:

info@nitrolimit.de

Weitere Informationen finden Sie unter: [www.nitrolimit.de](http://www.nitrolimit.de)

# NITROLIMIT

## Stickstofflimitation in Binnengewässern –

### Ist Stickstoffreduktion ökologisch sinnvoll und wirtschaftlich vertretbar?

#### Projektförderung:

NITROLIMIT wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmenprogramm „Forschung für Nachhaltige Entwicklungen“ (FONA) im Schwerpunkt „Nachhaltiges Wassermanagement“ (NaWaM) gefördert.

Förderkennzeichen: 033L041 A-G (NITROLIMIT I), 0033W015A-N (NITROLIMIT II)

Laufzeit: 01.09.2010 bis 31.08.2013 (NITROLIMIT I),  
01.05.2014 bis 31.10.2016 (NITROLIMIT II)

Projektbegleitung: Projektträgerschaft Ressourcen und Nachhaltigkeit/  
Projektträger Jülich

#### Projektpartner:



Brandenburgische Technische  
Universität Cottbus - Senftenberg



Bundesanstalt für  
Gewässerkunde



Kompetenzzentrum Wasser  
Berlin gGmbH



Leibniz-Institut für Gewässer-  
ökologie und Binnenfischerei



Technische Universität  
Berlin



Technische Universität  
Dresden

#### NITROLIMIT wird von weiteren Partnern unterstützt:

- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (SenStadtUm) Berlin
- Berliner Wasserbetriebe (BWB)
- Landesamt für Umwelt des Landes Brandenburg (LfU)
- Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern (MLUV)
- Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR)
- Naturparkverwaltung Dahme-Heideseen (NP-DH)

NITROLIMIT I wurde von einem wissenschaftlichen Beirat beraten, der sich zu gleichen Teilen aus Wissenschaftlern und Interessenvertretern aus dem Bereich der Gewässerbewirtschaftung zusammensetzte.

# Über NITROLIMIT

Der Großteil der deutschen Binnengewässer wird bis 2015 nicht den guten ökologischen Zustand erreichen, der von der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) gefordert wird. Bisher ging man davon aus, dass die Gewässergüte in erster Linie durch Phosphor bestimmt wird. In jüngster Zeit mehrten sich aber Hinweise, dass in vielen Gewässern auch Stickstoff eine entscheidende Steuergröße darstellt. Daher wurde die Reduzierung von Stickstoffeinträgen gefordert. Ob Stickstoffreduktion ökologisch sinnvoll ist, konnte aufgrund unzureichender Kenntnisse zur Umsetzung und Wirkung von Stickstoff zu Beginn des Projekts nicht eingeschätzt werden. Ebenso war wenig bekannt über die Kosten von Maßnahmen zur Reduktion von Stickstoffeinträgen aus punktuellen (beispielsweise Kläranlagen) und diffusen Quellen (beispielsweise aus der Landwirtschaft) sowie über Nutzen und Akzeptanz einer verbesserten Gewässergüte.

An diesem Punkt setzt NITROLIMIT an. Das interdisziplinäre Forschungsprojekt will dazu beitragen:

- die ökologische Bedeutung von Stickstoff für die Gewässergüte weiter aufzuklären,
- die Einträge von Stickstoff und seine gewässerinternen Umsetzungen weiter aufzuklären,
- die zukünftige Entwicklung der Gewässergüte bei verminderten Stickstoffkonzentrationen abzuschätzen,
- Kosten, Nutzen und Akzeptanz von Stickstoffreduktionsmaßnahmen zu analysieren und
- regionale Konzepte zur Nährstoffreduktion in Modelleinzugsgebieten in Zusammenarbeit mit Maßnahmenträgern zu entwickeln.

Dadurch soll in NITROLIMIT eine fundierte wissenschaftliche Grundlage geschaffen werden, auf der Empfehlungen für eine nachhaltige regionale und überregionale Gewässerbewirtschaftung erarbeitet werden können.

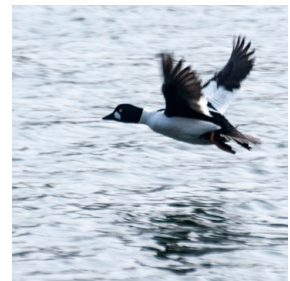
## NITROLIMIT Diskussionspapiere

Die Diskussionspapiere sollen aktuelle Forschungsergebnisse des NITROLIMIT-Projekts zeitnah und kompakt interessierten Fachkollegen sowie Planungsbüros und Behörden zugänglich machen. Sie stellen Arbeitspapiere dar, die Impulse für den aktuellen Wissenschaftsdiskurs geben sollen. Als „work in progress“ spiegeln diese jedoch nicht notwendigerweise die Positionen aller Projektpartner wider. Aufgrund der Kürze erheben die Diskussionspapiere nicht den Anspruch, alle Teilergebnisse, methodischen Details oder einen kompletten Literaturüberblick zu geben.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

# Inhalt

|                                                             |           |
|-------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Einleitung</b>                                           | <b>4</b>  |
| <b>Ergebnisse</b>                                           | <b>5</b>  |
| 1. Status quo der Berliner Unterhavel                       | 5         |
| 2. Kosten und Wirksamkeit von Stickstoffreduktionsmaßnahmen | 9         |
| 3. Nutzen des guten ökologischen Zustandes                  | 13        |
| 4. Kosten-Nutzen-Analyse                                    | 14        |
| <b>Zusammenfassende Diskussion</b>                          | <b>15</b> |
| <b>Danksagung</b>                                           | <b>17</b> |
| <b>Literatur</b>                                            | <b>18</b> |



# Einleitung

Das Projekt NITROLIMIT möchte aufklären, ob Stickstoffreduktion ökologisch sinnvoll und wirtschaftlich vertretbar ist. Bisher wurde gezeigt, dass nicht nur Phosphor (P), sondern auch Stickstoff (N) eine relevante Steuergröße des Phytoplanktons und damit der Gewässergüte darstellt, je nach Jahreszeit und Seetyp (NITROLIMIT-Diskussionspapier Band 1, 2013). Im Frühjahr wird die Biomasse des Phytoplanktons überwiegend durch Phosphor begrenzt. Im Verlauf der Vegetationsperiode steigt der Anteil von Gewässern, in denen Stickstoff die Biomasse des Phytoplanktons begrenzt und in durchmischten Flachseen und Flusseen überwiegt Stickstofflimitation im Sommer sogar. In solchen Gewässern könnte daher eine Minderung der Stickstoffkonzentration zu einer Abnahme der Phytoplanktonbiomasse und einer Verbesserung des ökologischen Zustandes führen.

Zur Beantwortung der Frage, ob Stickstoffreduktion in solchen Gewässern wirtschaftlich vertretbar ist, wurde am Beispiel eines für die Norddeutsche Tiefebene charakteristischen Flussees, der Berliner Unterhavel, untersucht, mit welchen Kosten und Nutzen das Erreichen des guten ökologischen Zustandes verbunden ist.

Hierfür wurde zunächst der Status quo der Stickstoff- und Phosphoreinträge aus dem Einzugsgebiet (EZG) sowie deren Konzentration in der Berliner Unterhavel ermittelt. Darauf basierend wurde berechnet, in welchem Umfang die Einträge reduziert werden müssen, um die gewässerinterne Konzentration auf einen Wert zu senken, ab dem erwartet wird, dass sich der gute ökologische Zustand einstellt. Zielwerte für Stickstoff- und Phosphorkonzentrationen in unterschiedlichen Gewässertypen wurden in einer vorangegangenen Studie ermittelt (modifi-



ziert nach: NITROLIMIT-Diskussionspapier Band 1, 2013; Dolman et al. 2016). Im nächsten Schritt wurden für das Einzugsgebiet der Berliner Unterhavel kosteneffiziente Stickstoffreduktionsmaßnahmen im urbanen und landwirtschaftlichen Bereich identifiziert. Schließlich wurde für verschiedene Kombinationen ausgewählter Maßnahmen ermittelt, wie hoch die Stickstoffreduktionsleistung und die entsprechenden Kosten wären, wenn sie im Einzugsgebiet der Berliner Unterhavel umgesetzt würden.

Der ökonomische Nutzen wurde anhand der Zahlungsbereitschaft der Berliner und Brandenburger Bevölkerung für das Erreichen des guten ökologischen Zustandes der Berliner Unterhavel ermittelt. Die Zahlungsbereitschaft wurde in einer Umfrage erhoben, bei der auch erfasst wurde, wie häufig Gewässer zur Erholung aufgesucht und welche Aktivitäten dort am liebsten ausgeübt werden. Abschließend wurden die Kosten für Maßnahmen zur Stickstoffreduktion dem Nutzen gegenübergestellt.

In diesem Diskussionspapier werden die wesentlichen Ergebnisse der Studien dargestellt. Eine ausführliche Darstellung aller Ergebnisse und methodischen Details sind im Abschlussbericht von NITROLIMIT I (2014) zu finden (S. 127 - 186).

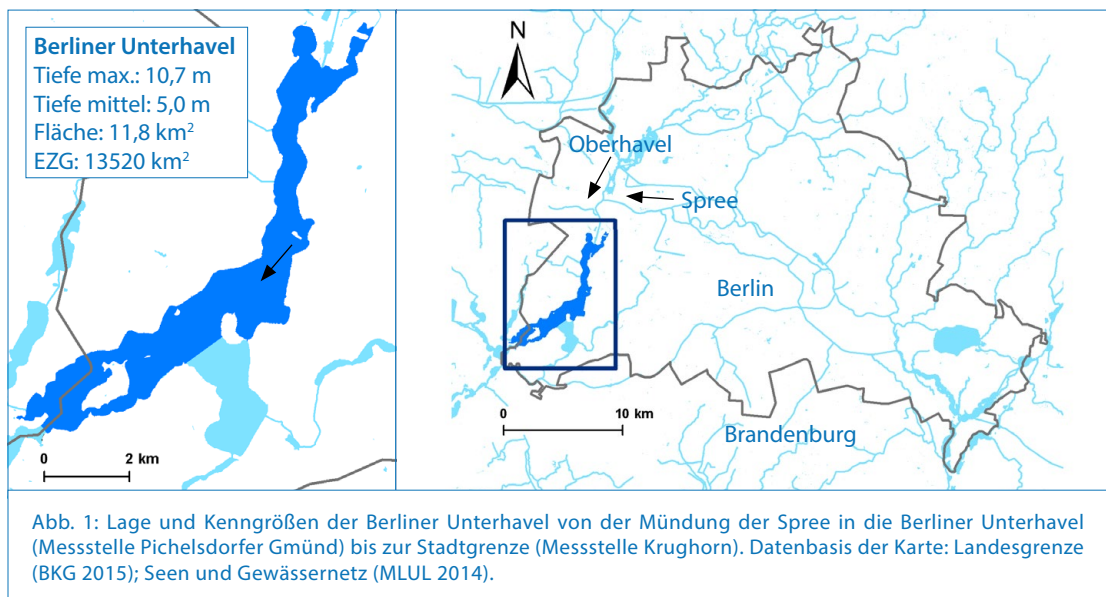


# Ergebnisse

## 1. Status quo der Berliner Unterhavel

Die Berliner Unterhavel ist durch ihre Lage im Ballungsraum Berlin einem hohen Nutzungsdruck ausgesetzt (beispielsweise durch Erholungssuchende, der kommerziellen Schifffahrt oder der Trinkwassergewinnung) und steht im Fokus öffentlicher und wirtschaftlicher Interessen.

Sie beginnt als Fortsetzung der Oberhavel unterhalb der Schleuse Spandau, wo die Spree in die Havel mündet und endet an der Stadtgrenze von Berlin (Abb. 1). Sie ist ein typischer Flussee der Norddeutschen Tiefebene, der, wie der Name besagt, sowohl Eigenschaften von Flüssen als auch von Seen vereint. Im Vergleich zu Flüssen ist ihre Fließgeschwindigkeit gering, das Wasser verweilt zwischen 3-30 Tagen auf der Strecke. Sie weist seeähnliche Ausbuchtungen auf, ihre kurze Wasserverweilzeit und geringe Tiefe unterscheidet sie jedoch von den meisten Seen. Ihr Einzugsgebiet aus Oberhavel und Spree ist sehr groß. Daher gelangen ein Großteil überschüssiger Düngemittel aus der Landwirtschaft sowie Nährstoffe aus kommunalen Kläranlagen und Kanalnetzen über diverse Zuflüsse in die Oberhavel und die Spree und damit letztendlich in die Berliner Unterhavel.



Die Konzentration der Nährstoffe im Gewässer ist ausschlaggebend für den ökologischen Zustand des Gewässers. Bis zur Wiedervereinigung war der Nährstoffeintrag in die Berliner Unterhavel enorm hoch. Sie wurde als hocheutrophes Gewässer eingestuft und war gekennzeichnet durch hohe Biomassen des Phytoplanktons, auch bekannt als Algenmassenentwicklungen. Das Wasser war trübe, sauerstoffarm und roch unangenehm. Sie war für den Menschen unattraktiv und stellte für viele Tiere und Pflanzen keinen geeigneten Lebensraum dar.

Seit 1990 wurde in der Berliner Unterhavel eine Abnahme der Nährstoffkonzentrationen und der Biomasse des Phytoplanktons beobachtet, was insbesondere auf den Rückgang der Industrie, den Ausbau von Kläranlagen im Einzugsgebiet und den Verzicht von Phosphor in Waschmitteln zurückgeführt werden kann.

Der gute ökologische Zustand wird für den Seetyp Flussee nach Ergebnissen von NITROLIMIT schätzungsweise erreicht, wenn die Konzentrationen von Gesamtstickstoff auf 0,9 mg und Gesamt-

phosphor auf 0,07 mg pro Liter (Vegetationsmittelwerte) gesenkt werden (modifiziert nach: NITROLIMIT-Diskussionspapier Band 1, 2013; Dolman et al. 2016). Im Referenzjahr dieser Studie (2009) betrugen in der Berliner Unterhavel die gemessenen Konzentrationen an Gesamtstickstoff 1,7 mg und an Gesamtposphor 0,18 mg pro Liter (Jahresmittelwert, Messstelle Krughorn; Datengrundlage: Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt). Nach den biologischen Qualitätskomponenten der EU-Wasserrahmenrichtlinie kann der ökologische Zustand nach Phytoplankton in dem Jahr nur mit mäßig bis befriedigend und nach Makrophyten lediglich mit unbefriedigend bis schlecht bewertet werden.



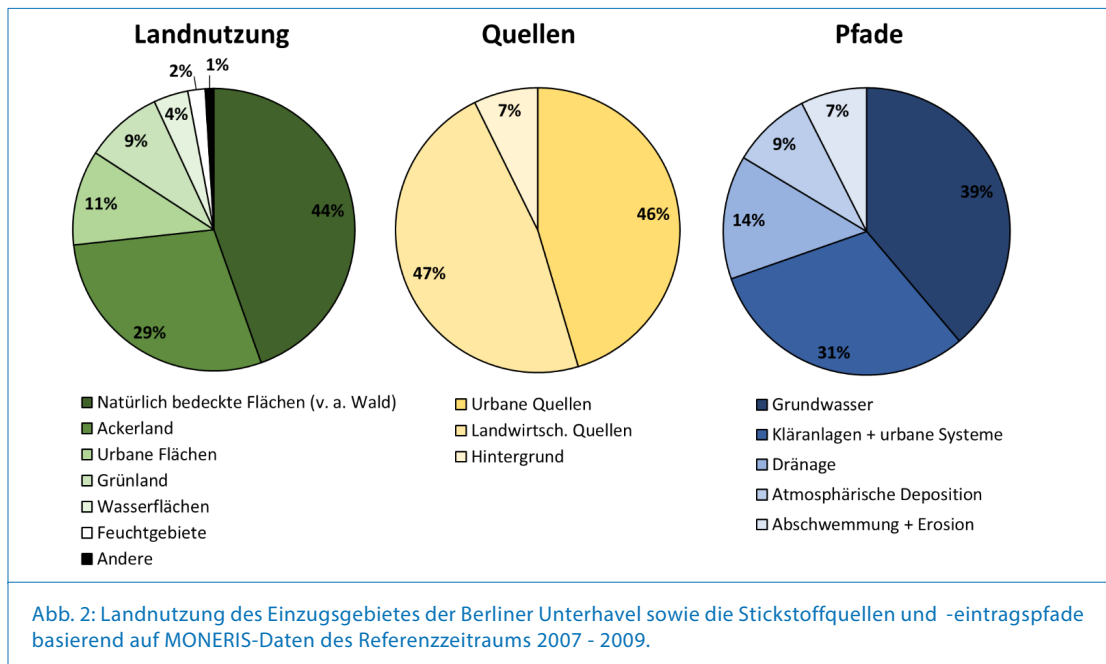
Für die Berliner Unterhavel stellt sich an dieser Stelle die Frage, ob eine Minderung der Stickstoff- oder der Phosphoreinträge zu einer Verbesserung der Gewässergüte führt. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass im Frühjahr Phosphor das Biovolumen des Phytoplanktons begrenzt und damit die Gewässergüte bestimmt (NITROLIMIT-Abschlussbericht I). Allerdings konnte im Fall der Berliner Unterhavel für die Sommermonate weder eine Begrenzung der Biomasse durch Phosphor noch durch Stickstoff nachgewiesen werden. Beide Nährstoffe scheinen im Überfluss zu sein. Das Wachstum des Phytoplanktons kann in solchen Zeiten auch durch Licht begrenzt sein. Nährstoffzugabeexperimente unterstreichen die Begrenzung des Phytoplanktons durch Licht, verdeutlichen jedoch auch, dass unter ausreichendem Lichtangebot das Phytoplankton durch Stickstoff limitiert wird. Theoretisch ist daher eine Verbesserung des ökologischen Zustandes derzeit sowohl durch die Minderung der Phosphor- als auch der Stickstoffeinträge möglich. In der Praxis wird derzeit überwiegend auf die Minderung der Phosphoreinträge gesetzt (SenStadtUm/MLUL 2015: Nährstoffreduktionskonzept BE-BB).

Nach Ergebnissen von NITROLIMIT wäre aber für viele Flusseen auch die Minderung von Stickstoffeinträgen sinnvoll. Im Folgenden wird daher ausgeführt, aus welchen Quellen und über welche Pfade Stickstoff in die Berliner Unterhavel gelangt, durch welche Maßnahmen und in welchem Umfang die Einträge gemindert werden können und wie sich dies auf die gewässerinterne Stickstoffkonzentration und den ökologischen Zustand auswirken könnte. Die Berechnung aller Nährstoffemissionen und Frachten im Einzugsgebiet der Berliner Unterhavel für das Referenzjahr 2009 wurde dabei mit dem Modell MONERIS (Modelling Nutrient Emissions in River Systems; Venohr et al., 2011) unter Berücksichtigung der mittleren hydrologischen Bedingungen der Jahre 2007 – 2009 durchgeführt (Datenbasis: Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt). Die mittlere hydrologische Situation wird hier genutzt, um eine repräsentative Wasserbilanz zu bestimmen, da je nach hydrologischer Situation die Nährstoffeinträge schwanken können.

Mit dem MONERIS-Modell werden die verschiedenen Quellen und Pfade erfasst, über die Nährstoffe in Gewässer gelangen. So kann Stickstoff aus einer Quelle auf unterschiedlichen Pfaden oder aus verschiedenen Quellen auf dem gleichen Pfad ins Gewässer gelangen. Dabei wird zwischen Punktquellen und diffusen Quellen unterschieden: Punktquellen sind beispielsweise Klärwerke, deren Abfluss punktuell in die Gewässer geleitet wird. Aus diffusen Quellen, wie landwirtschaftlichen Flächen, gelangen Nährstoffe auf vielfältige Weise ins Gewässer,



indem sie zum Beispiel ins Grundwasser versickern und darüber ins Gewässer gelangen oder durch Abschwemmung oder Winderosion in Gewässer verfrachtet werden. Darüber hinaus sind viele landwirtschaftliche Flächen zum Schutz vor Vernässung mit Dränagesystemen ausgestattet, über welche Nährstoffe auf direktem Weg in Gewässer gelangen.



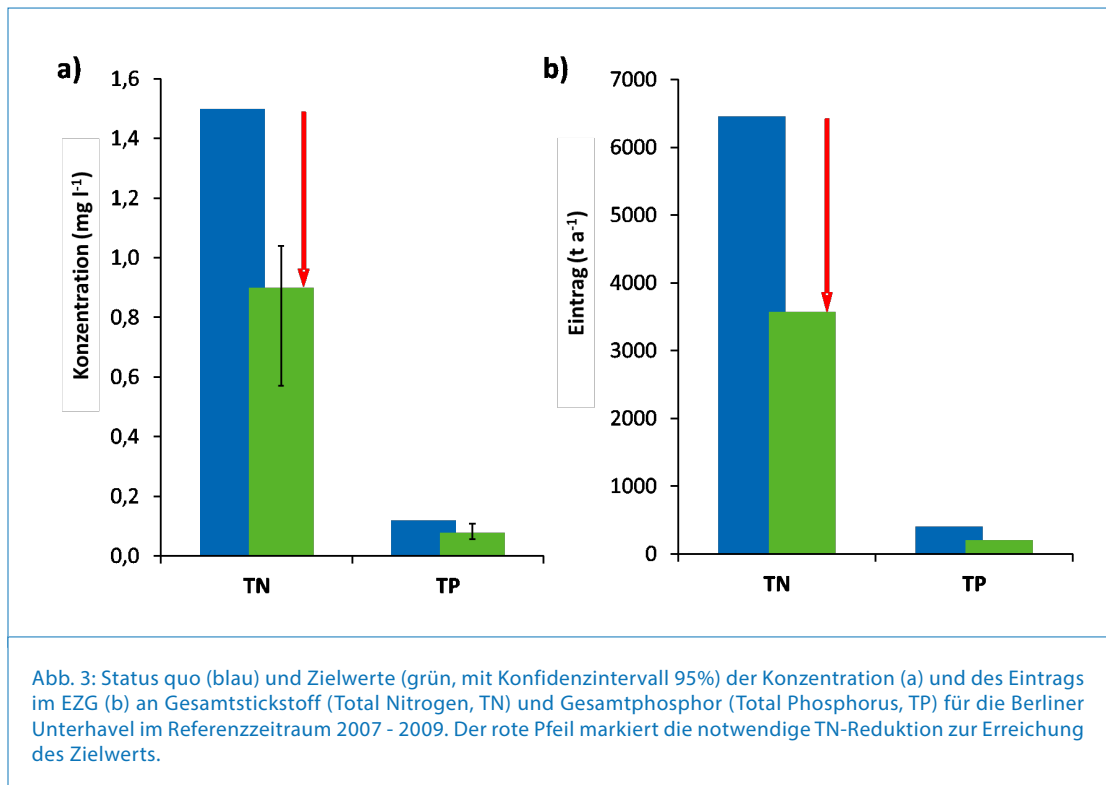
Für das Einzugsgebiet der Berliner Unterhavel sind die Landnutzung sowie die Stickstoffemissionsquellen und Eintragspfade in Abbildung 2 dargestellt. Fast die Hälfte der Fläche des Einzugsgebietes ist bewaldet oder natürlich bedeckt, etwa ein Drittel wird als Ackerland genutzt und etwa ein Zehntel ist bebaut und urban genutzt. Die Stickstoffeinträge in die Berliner Unterhavel (Messstelle Krughorn) stammen nach MONERIS zu 46% aus urbanen und zu 47% aus landwirtschaftlichen Quellen.

Stickstoffemissionen aus der Landwirtschaft resultieren hier überwiegend aus überschüssigen Düngemitteln (Mineraldünger, organischer Dünger und Gärreste aus Biogasanlagen), die entweder direkt oder indirekt über die atmosphärische Deposition auf den Boden gelangen und durch Dränagen, Erosion, Grundwasser und Oberflächenabfluss in die Gewässer eingetragen werden.



In urbanen Bereichen sind relevante Stickstoffquellen durch kommunale Abwässer aus Kläranlagen und der Misch- und Trennkanalisation gegeben (Abb. 2). Auch wenn heute Großkläranlagen bis zu 80% des N- und 95% des P-Gehaltes aus unseren Abwässern entfernen (NITROLIMIT-

Diskussionspapier Band 2, 2013), sind die Stickstoffeinträge aus den Klärwerksabflüssen (23%) und dem Kanalsystem (8%) im Vergleich zu anderen Quellen immer noch relativ bedeutend. Im Einzugsgebiet der Berliner Unterhavel befinden sich insgesamt 114 Kläranlagen, wovon alleine die 4 Kläranlagen der Größenklassen 5 im Berliner Einzugsgebiet mit 2,8 Mio. Einwohnergleichwerten für 69% der gesamten Kläranlageneinträge verantwortlich sind. Die N- und P-Frachten, die aus diesen Kläranlagen in das EZG der Berliner Unterhavel gelangen, basieren im MONERIS-Modell auf gemessenen Abflüssen und Konzentrationen der Kläranlagenbetreiber.

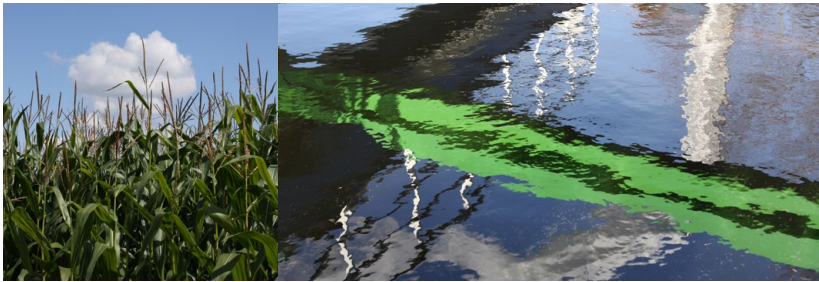


Der Eintrag von Stickstoff und Phosphor in das EZG der Berliner Unterhavel betrug im Referenzjahr 2009 insgesamt 6453 Tonnen TN (total nitrogen = Gesamtstickstoff) und 403 Tonnen TP (total phosphorus = Gesamtphosphor) (Abb. 3). Unter Berücksichtigung der mittleren hydrologischen Daten 2007 - 2009 ergibt sich danach in MONERIS im Unterschied zu den gemessenen Werten (1,7 mg l<sup>-1</sup> TN und 0,19 mg l<sup>-1</sup> TP) eine mittlere Konzentration von 1,5 mg l<sup>-1</sup> TN und 0,12 mg l<sup>-1</sup> TP in der Unterhavel. Diese Modellkonzentration wird für die weiteren Betrachtungen als Ist-Zustand (Status quo) für das Referenzjahr 2009 benutzt.

Um den gewässerinternen Zielwert von 0,9 mg l<sup>-1</sup> TN (modifiziert nach: NITROLIMIT-Diskussionspapier Band 1, 2013) für den guten ökologischen Zustand zu erreichen, müssen die Stickstoffeinträge im EZG der Berliner Unterhavel im Vergleich zum Status quo (Referenzjahr 2009) um 45% auf 3573 t pro Jahr reduziert werden (Abb. 3). Um dieses Ziel zu erreichen, müssten entsprechende Maßnahmen zur Nährstoffreduktion auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen und aus dem urbanen Bereich umgesetzt werden. Im Folgenden werden daher die Kosten und Wirksamkeit potentieller Einzelmaßnahmen und Maßnahmenkombinationen zur Stickstoffstoffreduktion mit unterschiedlichem Umsetzungsumfang ermittelt, um deren Wirtschaftlichkeit abschätzen zu können.

## 2. Kosten und Wirksamkeit von Stickstoffreduktionsmaßnahmen

Um die Stickstoffeinträge im EZG der Berliner Unterhavel signifikant zu reduzieren, werden insbesondere die Hauptpfade der Einträge (Landwirtschaft, urbane Quellen) betrachtet und für diese Pfade verfügbare Maßnahmen zur Stickstoffreduktion analysiert. Diese Einzelmaßnahmen werden hinsichtlich ihrer jeweiligen Kosten und der Wirksamkeit der Eintragsreduktion charakterisiert, um ihre relative Kosteneffizienz ( $\text{€ kg}^{-1} \text{ N}$ ) zu ermitteln. Dann werden kosteneffiziente Einzelmaßnahmen in bestimmten ausgewählten Maßnahmenkombinationen zusammengestellt, um letztlich die mögliche Gesamtreduktion, die erwarteten Gesamtkosten und damit die relative Kosteneffizienz dieser Maßnahmenkombinationen ermitteln zu können.



Für die Reduktion der Stickstoffeinträge auf der landwirtschaftlichen Fläche wurden Agrarumweltmaßnahmen betrachtet, für die im Rahmen des Kulturlandschaftsprogrammes (KULAP

2007-14) vom Land Brandenburg Förderungen angeboten wurden. Die entsprechenden mittleren Reduktionspotentiale auf das N-Saldo (Differenz zwischen Nährstoffzufuhr und Nährstoffabfuhr) sind dem Maßnahmenkatalog von Osterburg & Runge (2007) entnommen und um einen ortsspezifischen Faktor für Brandenburg reduziert worden. Darüber hinaus wurde außerhalb der Förderung durch KULAP für drainierte Flächen die Anlage von Dränteichen zur Reduktion der Stickstoffeinträge betrachtet (siehe Tab. 1).

Für die Stickstoffreduktion aus urbanen Gebieten wurde hier nur der Ausbau bzw. die Optimierung von Kläranlagen berücksichtigt. Nicht berücksichtigt wurden Maßnahmen im urbanen Kanalnetz (z.B. Regenwasserbehandlung, Rückhalt von Überläufen aus dem Mischsystem). Aus wirtschaftlicher Sicht sind Maßnahmen im Kanalnetz zur Reduktion der N-Einträge nicht sinnvoll, da die Stickstoffkonzentration im Regenwasser relativ gering ist (ca. 5 mg TN pro Liter bei Dach- und Straßenablauf) bzw. die Gesamteinträge aus den Mischwasserüberläufen niedrig sind, so dass sich die spezifischen Kosten pro reduziertem Kilogramm Stickstoff für diesen Typ von Maßnahmen auf über 1000 € belaufen (NITROLIMIT-Diskussionspapier Band 2, 2013).

Eine Übersicht zu allen für das EZG der Berliner Unterhavel ausgewählten potentiellen Maßnahmen zur Stickstoffreduktion, ihren spezifischen Kosten und Stickstoffreduktionsleistung (Wirksamkeit) bei unterschiedlichem Umsetzungsumfang ist in Tabelle 1 zu finden. Ihre Kosteneffizienz wird in Abbildung 4 verglichen. Dabei werden diejenigen Maßnahmen als am effizientesten angesehen, die pro reduziertem Kilogramm Stickstoff die geringsten Kosten verursachen (Hansjürgens et al. 2012). So kosten beispielsweise landwirtschaftliche Maßnahmen zwischen 17 € (Freiwillige Gewässerschutzleistungen) und 147 € (Grünlandextensivierung) pro reduziertem Kilogramm Stickstoff, wobei „Freiwillige Gewässerschutzleistungen“ und „Ökolandbau“ am besten abschneiden. Des Weiteren ergeben die Vergleiche, dass die Ausweitung von Dränteichen aufgrund des hohen Anteils an drainierten Ackerland- und Grünlandflächen im Einzugsgebiet der Unterhavel sinnvoll wäre. Maßnahmen im Bereich der Klärwerke zur weiteren Senkung der Stickstoffeinträge weisen im Vergleich eine gute Kosteneffizienz auf. Allerdings wird auf Großkläranlagen bereits bis zu 80% des Stickstoffs entfernt, so dass für eine zusätzliche Stickstoffentfernung in diesen Anlagen technische Grenzen zu beachten sind.

Tab. 1: Übersicht ausgewählter potentieller Maßnahmen zur Stickstoffreduktion für das EZG der Berliner Unterhavel sowie ihrer Kosten und Wirksamkeit.

| Maßnahme                                              | Erklärung                                                                                                                                                                                     | Kosten<br>(pro Hektar und Jahr)                                                                        | Wirksamkeit<br>(Reduzierung N-Saldo/<br>N-Fracht pro Hektar und<br>Jahr)          |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Grünland-<br>extensivierung<br>(GrEx)                 | Extensive<br>Grünlandbewirtschaftung, z.B.<br>Vermeidung bzw. Verringerung von<br>Düngemiteleinsatz                                                                                           | 120 € <sup>3)</sup>                                                                                    | - 15 kg <sup>1)</sup>                                                             |
| Ökolandbau (Öko)                                      | Umstellung von<br>konventionellen auf ökologische<br>Bewirtschaftungsformen                                                                                                                   | 140 € (Grünland) <sup>3)</sup><br>135 € (Ackerland) <sup>3)</sup>                                      | - 30 kg <sup>1)</sup>                                                             |
| Zwischenfruchtanbau<br>(ZwAn)                         | Anbau von Stoppelfrüchten oder<br>Untersaaten zur Verminderung der<br>Erosion sowie der N-Auswaschung<br>während der Wintermonate                                                             | 75 € <sup>3)</sup>                                                                                     | - 10 kg <sup>1)</sup>                                                             |
| Freiwillige<br>Gewässerschutz-<br>leistungen (FrGe)   | Düngungsplanung und<br>-management für Ackerflächen zum<br>Einhalten oder Unterschreiten eines<br>vorgegebenen N-Saldos                                                                       | 65 €                                                                                                   | - 30 bzw. 20 kg <sup>2)</sup>                                                     |
| Dränteiche (Drän)                                     | Anlage von Teichen zwischen<br>landwirtschaftlichen Flächen<br>und Gewässer zur Reduzierung<br>der Nährstofffracht (u.a. durch<br>Sedimentation; Denitrifikation)                             | 19,50 € - 78 €                                                                                         | Spezifisch, je nach<br>vorgelagerter dräniertes<br>Fläche <sup>4)</sup>           |
| Klärwerkoptimierung<br>und Klärwerksausbau<br>(KO+KA) | Optimierungsmaßnahmen<br>(kleinere Investitionen<br>in Belüftungsaggregate<br>oder Steuerungstechnik);<br>Ausbaumaßnahmen (Bau von<br>Klärbecken oder nachgeschalteten<br>Filtrationsanlagen) | KO: 2 € - 50 € kg <sup>-1</sup> N <sup>5)</sup><br>KA: 11 € - 56 € kg <sup>-1</sup><br>N <sup>5)</sup> | Spezifisch, für jede<br>Kläranlage je nach<br>Maßnahme und<br>bestehender Technik |

<sup>1)</sup> Die Angabe basiert auf dem mittleren Reduktionspotential des N-Saldos nach Osterburg & Runge (2007). Diese Angaben sind standortbedingt nach Absprache mit dem LfU um 50% verringert worden, da die N-Ausgangssalden in Brandenburg im Vergleich zu den anderen Bundesländern bereits relativ niedrig sind und daher nur geringere Reduktionspotentiale zulassen. (Quelle: [http://literatur.vti.bund.de/digbib\\_extern/bitv/zi042939.pdf](http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/bitv/zi042939.pdf); Stand: 20.10.2015)

<sup>2)</sup> Das Reduktionspotential der Maßnahme FrGe orientiert sich an den N-Salden für die jeweiligen landwirtschaftlichen Flächen (nach M. Bach, Univ. Gießen, schriftl. Mittlg.) Bei N-Salden von mehr als 45 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> wird das Maximum auf 30 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> reduziert. Bei Flächen mit N-Salden unter 45 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> wird das Maximum auf 20 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> gesetzt.

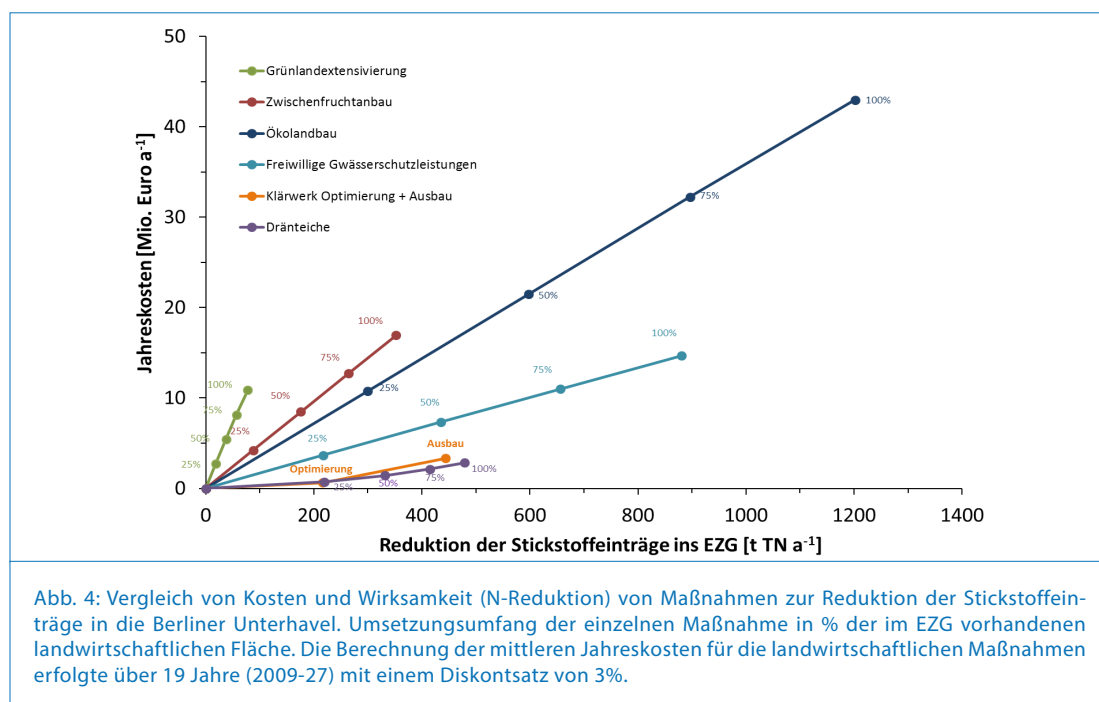
<sup>3)</sup> Die angegebenen Kosten beziehen sich auf die im KULAP Programm (2007–14) der Länder Berlin und Brandenburg angegebenen Ausgleichszahlungen für die Teilnahme an den Maßnahmen. Mit diesen Zahlungen werden mögliche Ertragsverluste sowie mit den Maßnahmen verbundene Aufwendungen ausgeglichen.

<sup>4)</sup> Für dränierte Flächen beziehen sich die Reduktionspotentiale der Maßnahme Dränteiche auf die Größe der angeschlossenen Teichfläche. Dabei wird angenommen, dass 150 m<sup>2</sup> Teichfläche pro Hektar vorgelagerte dränierte Fläche ausreichen, um die direkten N-Einträge zu verhindern.

<sup>5)</sup> Verschiedene Maßnahmen für Optimierung und Ausbau je nach Größenklasse und vorhandener Technik möglich (NITROLIMIT-Diskussionspapier Band 2, 2013)



Basierend auf der Kosteneffizienz der potentiellen Einzelmaßnahmen wurden sieben Maßnahmenkombinationen zusammengestellt (Tab. 2) und analysiert, in welchem Maß diese zur Reduktion der Stickstoffeinträge beitragen und mit welchen Kosten sie verbunden sind. Eine genaue Analyse der Machbarkeit der einzelnen Kombinationen wurde dabei vernachlässigt, hier sollte nur die generelle Methodik aufgezeigt werden. Dabei wurde für jede Maßnahmenkombination ein unterschiedlicher Umfang der Umsetzung einzelner Maßnahmen auf der zur Verfügung stehenden landwirtschaftlichen Fläche angenommen. Beispielsweise beinhaltet die Maßnahmenkombination 6 (MK6), dass auf der gesamten zur Verfügung stehenden Grünlandfläche zu jeweils 50% die Maßnahmen Extensive Grünlandbewirtschaftung und Ökolandbau umgesetzt werden sowie auf der gesamten Ackerlandfläche ebenfalls 50% Ökolandbau. Für die gesamten vorhandenen dränierten Flächen werden in MK6 Dränteiche angelegt, und zusätzlich erfolgt ein weiterer Ausbau der Klärwerke (vgl. Tab. 2).



Für die sieben Maßnahmenkombinationen wurden mit MONERIS für das EZG der Berliner Unterhavel Szenarien zu Stickstoffreduktionsleistung und Kosten berechnet (Tab. 2; Abb. 5). Es zeigt sich, dass selbst bei voller Nutzung der landwirtschaftlichen und dränierten Fläche mit der wirksamsten Maßnahme sowie der höchsten Ausbaustufe der Klärwerke der Zielwert von 0,9 mg l<sup>-1</sup> TN nicht erreicht werden kann. Allerdings führt die Stickstoffreduktionsleistung bei vier von sieben Maßnahmenkombinationen (MK4–7) zu Stickstoffkonzentrationen, die innerhalb des Konfidenzintervalls des Zielwertes (0,74 – 1,1 mg l<sup>-1</sup> TN) zum Erreichen des guten ökologischen Zustands liegen.



Tab. 2: Kosten, Reduktion der TN-Einträge, Kosten-Wirksamkeit und erreichbare TN-Konzentration verschiedener Maßnahmenkombinationen (MK) für das EZG Berliner Unterhavel. Für jede Maßnahme ist angegeben mit welchem %-Anteil der zur Verfügung stehenden landwirtschaftlichen Fläche sie umgesetzt wird. Maximal sind 100% pro Maßnahme möglich. (Maßnahmenkürzel siehe Tab. 1)

| Maßnahmenkombinationen | Maßnahmenumfang auf der landwirtschaftlichen Fläche |      |      |       | Klärwerksmaßnahmen | Kosten (Mio. € a <sup>-1</sup> ) | Reduktion der TN-Einträge (t N a <sup>-1</sup> ) | Kosten-Wirksamkeit (€ kg <sup>-1</sup> N <sub>red</sub> ) | Erreichbare TN-Konz. (mg l <sup>-1</sup> ) |
|------------------------|-----------------------------------------------------|------|------|-------|--------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
|                        | FrGe                                                | Öko  | GrEx | Drän  |                    |                                  |                                                  |                                                           |                                            |
| MK 1                   | 100 %                                               |      |      | 25 %  | Optimierung        | 21                               | 1200                                             | 18                                                        | 1,25                                       |
| MK 2                   | 75 %                                                | 25 % |      | 25 %  | Ausbau             | 33                               | 1506                                             | 22                                                        | 1,14                                       |
| MK 3                   | 50 %                                                | 50 % |      | 50 %  | Ausbau             | 44                               | 1646                                             | 26                                                        | 1,11                                       |
| MK 4                   | 50 %                                                | 50 % |      | 100 % | Ausbau             | 45                               | 1723                                             | 26                                                        | 1,10                                       |
| MK 5                   | 50 %                                                | 50 % | 25 % | 100 % | Ausbau             | 49                               | 1729                                             | 28                                                        | 1,10                                       |
| MK 6                   |                                                     | 50 % | 50 % | 100 % | Ausbau             | 52                               | 1761                                             | 30                                                        | 1,09                                       |
| MK 7                   |                                                     | 100% |      | 100 % | Ausbau             | 64                               | 1887                                             | 34                                                        | 1,06                                       |

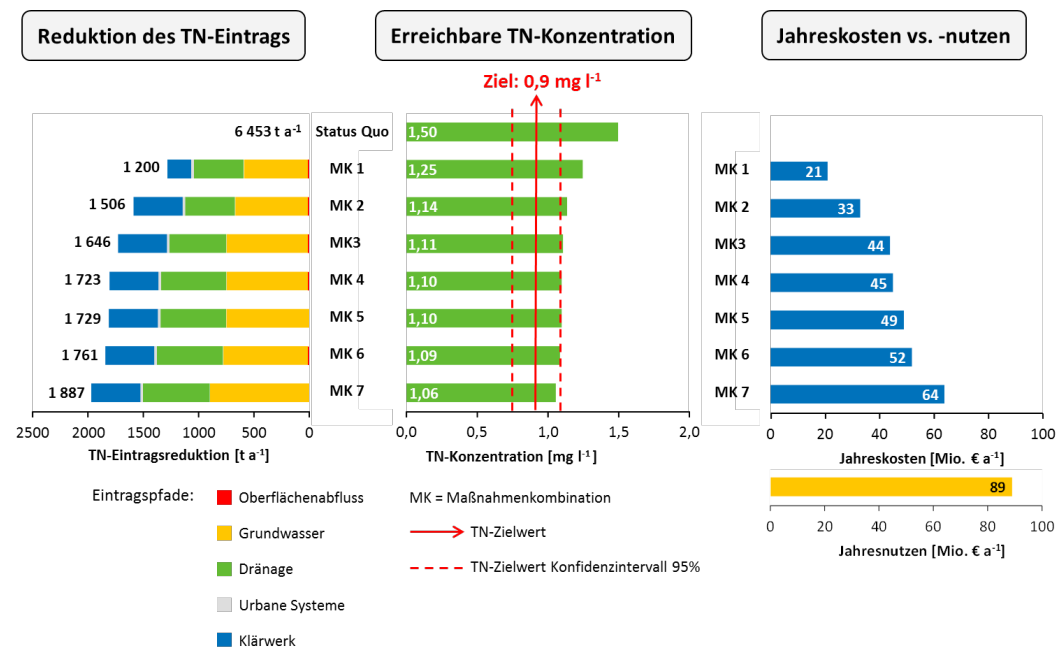
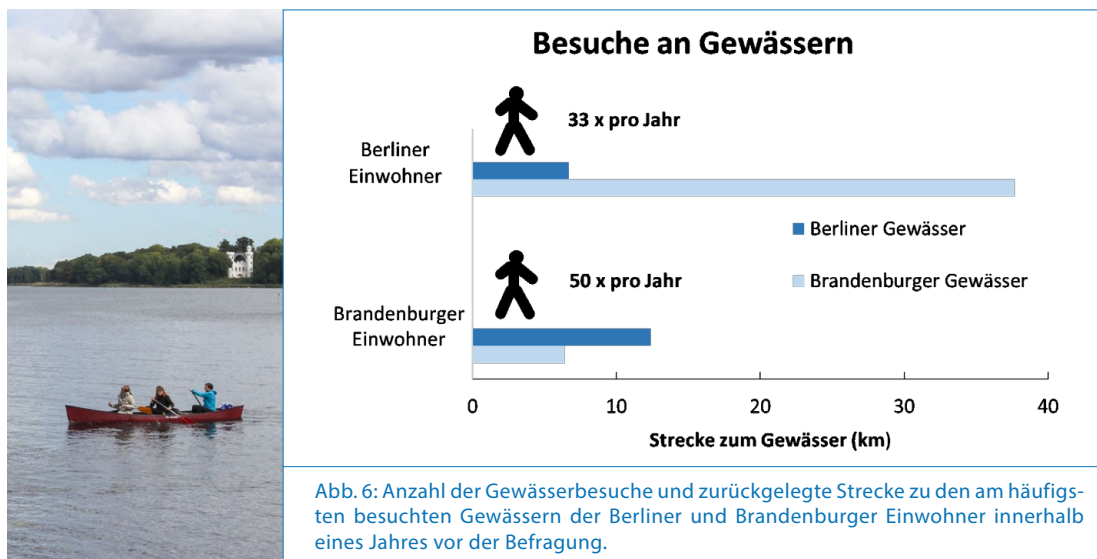


Abb. 5: Vergleich von sieben Maßnahmenkombinationen zur Stickstoffreduktion und somit zur Qualitätsverbesserung der Berliner Unterhavel hinsichtlich ihrer TN-Eintragsreduktion, erreichbaren TN-Konzentration sowie Kosten mit dem Nutzen. Die Reduktion der TN-Einträge der verschiedenen Maßnahmenkombinationen wird hier nach Eintragspfaden unterteilt. Nutzen = ökonomischer Nutzen (vgl. Kap. 3). Jahreskosten (berechnet über 19 Jahre) und Jahresnutzen (berechnet über 10 Jahre) beziehen sich auf unterschiedliche Zeiträume.



### 3. Nutzen des guten ökologischen Zustandes

Um den Kosten einer Verbesserung der Gewässerqualität einen ökonomischen Nutzen gegenüberstellen zu können, wurde eine Bevölkerungsumfrage durchgeführt. So wurde ermittelt, in welchem Umfang die Berliner und Brandenburger Bevölkerung Gewässer zu Erholungszwecken nutzt und wie hoch ihre Zahlungsbereitschaft ist, um den ökologischen Zustand der Gewässer zu verbessern. Die Zahlungsbereitschaft wird hierbei als Maß für den ökonomischen Nutzen betrachtet.



### Erholungsnutzung

In 1883 Telefoninterviews wurde erfragt, wie oft die Einwohner an welche Gewässer fahren und welche Aktivitäten sie dort ausüben. Die Umfrage ergab, dass der Nutzungsdruck auf die Berliner und Brandenburger Gewässer hoch ist. Brandenburger besuchen pro Jahr häufiger ein Gewässer als Berliner, welche bei ihren Gewässerbesuchen größere Distanzen zurücklegen als die Brandenburger (Abb. 6). Die Mehrzahl der Befragten hat ein Gewässer im eigenen Bundesland besucht.



Die beliebtesten Aktivitäten an Gewässern sind Spaziergehen, gefolgt von Schwimmen, Radfahren und anderen Aktivitäten wie Boot fahren, Joggen und Wandern (vgl. Abb. 7). Am wenigsten wird von den Berlinern und Brandenburgern das Angeln ausgeübt.

## Zahlungsbereitschaft

In einer Online-Befragung, an der sich 752 Einwohner beteiligten, wurde die Zahlungsbereitschaft für eine Verbesserung der Gewässerqualität der Berliner Unterhavel ermittelt. Details zur Befragung und Berechnung der Zahlungsbereitschaft finden sich in Meyerhoff et al. (2014) oder im NITROLIMIT I-Abschlussbericht (2014). Die Befragung ergab, dass Berliner und Brandenburger bereit sind, pro Haushalt jedes Jahr eine Summe von 31 € über einen Zeitraum von 10 Jahren zu zahlen, damit die Wasserqualität der Berliner Unterhavel vom jetzigen Zustand (schlecht/mäßig) auf einen guten Zustand verbessert wird. Rechnet man diese Zahlungsbereitschaft auf die Anzahl der Haushalte in Berlin und Brandenburg hoch, ergibt sich ein Nutzen für die Region von jährlich insgesamt 89 Mio. € (Abb. 8).

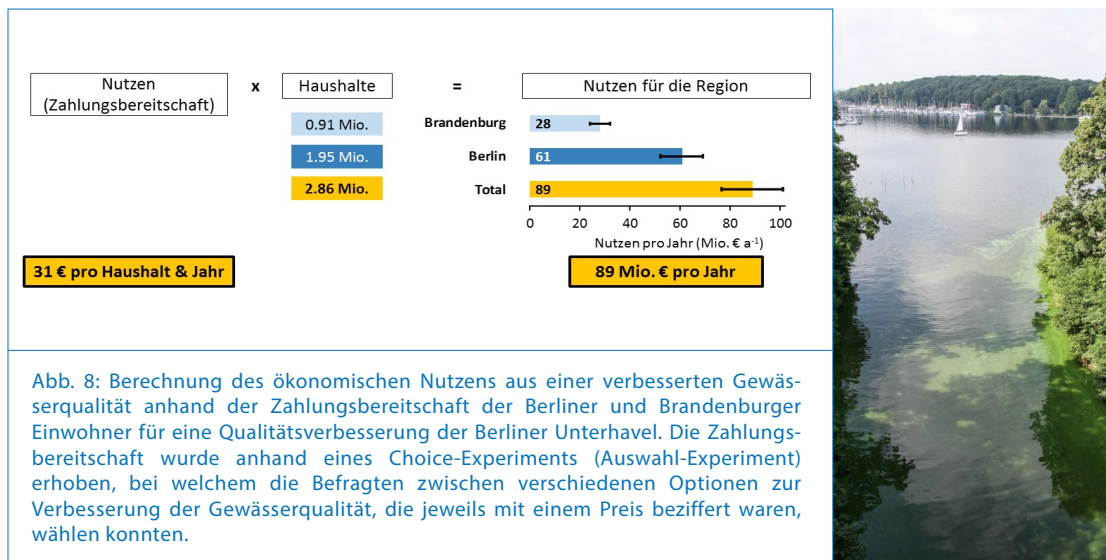


Abb. 8: Berechnung des ökonomischen Nutzens aus einer verbesserten Gewässerqualität anhand der Zahlungsbereitschaft der Berliner und Brandenburger Einwohner für eine Qualitätsverbesserung der Berliner Unterhavel. Die Zahlungsbereitschaft wurde anhand eines Choice-Experiments (Auswahl-Experiment) erhoben, bei welchem die Befragten zwischen verschiedenen Optionen zur Verbesserung der Gewässerqualität, die jeweils mit einem Preis beziffert waren, wählen konnten.

## 4. Kosten-Nutzen-Analyse

Anhand einer Kosten-Nutzen-Analyse (KNA) sollte herausgefunden werden, ob bei einer Qualitätsverbesserung der Berliner Unterhavel die hierfür erforderlichen Maßnahmen aus ökonomischer Sicht zu größerem Nutzen als Kosten führen würden. Dafür wurden die Kosten der einzelnen Maßnahmenkombinationen für eine Qualitätsverbesserung (Tab. 2) mit dem Nutzen für die Region (Abb. 8) verglichen. Für alle Maßnahmenkombinationen ist jeweils ein höherer Nutzen im Vergleich zu den Kosten zu verzeichnen (vgl. Abb. 5).

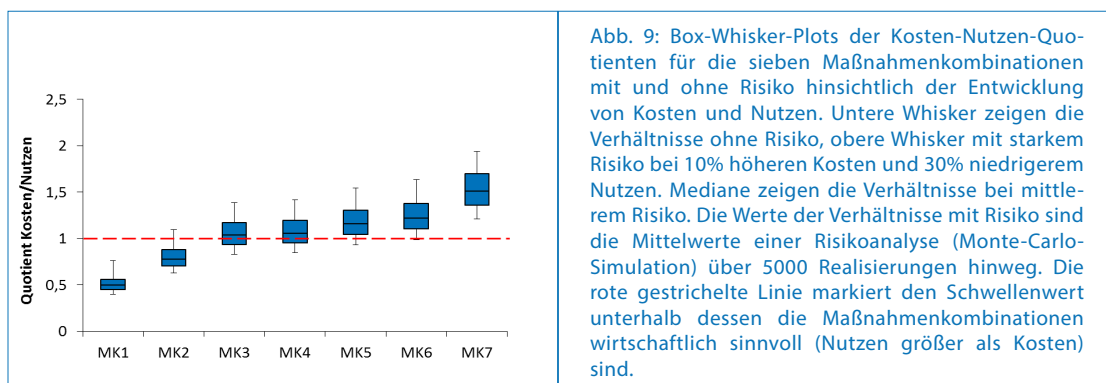


Abb. 9: Box-Whisker-Plots der Kosten-Nutzen-Quotienten für die sieben Maßnahmenkombinationen mit und ohne Risiko hinsichtlich der Entwicklung von Kosten und Nutzen. Untere Whisker zeigen die Verhältnisse ohne Risiko, obere Whisker mit starkem Risiko bei 10% höheren Kosten und 30% niedrigerem Nutzen. Mediane zeigen die Verhältnisse bei mittlerem Risiko. Die Werte der Verhältnisse mit Risiko sind die Mittelwerte einer Risikoanalyse (Monte-Carlo-Simulation) über 5000 Realisierungen hinweg. Die rote gestrichelte Linie markiert den Schwellenwert unterhalb dessen die Maßnahmenkombinationen wirtschaftlich sinnvoll (Nutzen größer als Kosten) sind.

Um die Wirtschaftlichkeit der Stickstoffreduktionsmaßnahmen noch besser einschätzen zu können, wurde eine Risikoanalyse durchgeführt, bei der von einem mittleren und einem starken Risiko hinsichtlich der Entwicklung der Kosten und Nutzen ausgegangen wurde (Abb. 9). Es wird hierbei berücksichtigt, dass die Kosten um bis zu 10% steigen können und der Gesamtnutzen sich um bis zu 30% reduzieren kann. Ist das Kosten-Nutzen-Verhältnis größer als 1, können die Maßnahmen nicht mehr als wirtschaftlich sinnvoll angesehen werden. Ohne Risiko wären alle Maßnahmenkombinationen bis auf MK7 als wirtschaftlich sinnvoll anzusehen. Bereits bei mittlerem Risiko wären nur noch die Maßnahmenkombinationen MK1 und MK2 und bei hohem Risiko nur noch MK1 wirtschaftlich sinnvoll.



## Zusammenfassende Diskussion

Am Beispiel der Berliner Unterhavel wurde untersucht, welche Kosten und Nutzen mit dem Erreichen des guten ökologischen Zustandes verbunden sind. Hierfür wurde zunächst der Status quo der Stickstoffeinträge aus landwirtschaftlich genutzten und urbanen Flächen im Einzugsgebiet der Berliner Unterhavel ermittelt, die insgesamt 6453 Tonnen Stickstoff pro Jahr betrugen, sowie eine gewässerinterne Stickstoffkonzentration von 1,5 mg pro Liter.

Darauf basierend wurde berechnet, dass die Einträge um 45% ( $3573 \text{ t a}^{-1}$ ) reduziert werden müssen, um den gewässerinternen Zielwert von 0,9 ( $0,74 - 1,1$ ) mg pro Liter zu erreichen, ab dem erwartet wird, dass sich der gute ökologische Zustand einstellt.

Um dies zu erreichen, wurden für das Einzugsgebiet der Berliner Unterhavel potentielle Maßnahmen zur Stickstoffreduktion analysiert. Schließlich wurden aus kosteneffizienten Maßnahmen sieben verschiedene Kombinationen zusammengestellt und jeweils deren Gesamtreduktion von Stickstoffeinträgen und die zu erwartenden Gesamtkosten berechnet. Dabei konnte eine maximale Reduktion der N-Einträge um 1887 Tonnen pro Jahr ermittelt werden, was zu einer Senkung der gewässerinternen Konzentration auf 1,06 mg pro Liter führen und mit jährlichen Kosten von 64 Mio. € verbunden sein würde. Diese Kosten wurden dem ökonomischen Nutzen gegenübergestellt. Für die Ermittlung des ökonomischen Nutzens, welcher aus der Verbesserung der Gewässerqualität entsteht, wurde eine Bevölkerungsumfrage in Brandenburg und Berlin durchgeführt. Für die Erreichung des guten ökologischen Zustandes in der Berliner Unterhavel konnte eine jährliche Zahlungsbereitschaft von 31 € pro Haushalt ermittelt werden. Bezogen auf alle Brandenburger und Berliner Haushalte ergibt sich daraus ein jährlicher Gesamtnutzen von 89 Mio. €. Demnach wäre der Nutzen deutlich höher als die Kosten. Berücksichtigt man jedoch zusätzlich die Ergebnisse der Risikoanalyse, verschiebt sich das Verhältnis und die Kosten überwiegen.

Bei der Betrachtung der Kosten und Nutzen müssen allerdings Unsicherheiten bezüglich der vorliegenden Daten und Annahmen berücksichtigt werden.

Zunächst muss festgestellt werden, dass durch keine der berücksichtigten Maßnahmenkombinationen zur Minderung der Stickstoffeinträge der gewässerinterne Zielwert von 0,9 mg pro Liter erreicht wird, sondern lediglich Konzentrationen von 1,06 mg pro Liter, was im Konfidenzintervall des Zielwertes liegt. Der Zielwert wurde jedoch nicht spezifisch für die Berliner Unterhavel, sondern allgemein für den Gewässertyp Flusseen ermittelt, da der Datensatz zur Berliner Unterhavel für die Ableitung eines Zielwertes nicht ausreichte. Es ist daher möglich, dass der spezifische Zielwert für die Berliner Unterhavel von dem des Gewässertyps abweicht, was zu einer Verschiebung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses führen würde. In der Tat zeichnet sich für die Berliner Unterhavel seit 2010 eine Verbesserung des ökologischen Zustands bei Nährstoffkonzentrationen ab, die weit oberhalb des TN-Zielwertes für den Gewässertyp Flusseen liegen.



Im Hinblick auf die Zusammenstellung der betrachteten Maßnahmenkombinationen im Einzugsgebiet der Berliner Unterhavel muss zudem angemerkt werden, dass eine Umsetzung von Agrarumweltmaßnahmen auf bis zu 100% der verfügbaren Flächen durchaus wünschenswert erscheint, jedoch nicht als realistisch eingeschätzt werden kann. Die getroffene Annahme hatte hier das vorrangige Ziel, das maximale Reduktionspotential landwirtschaftlicher Maßnahmen und die damit verbundenen Kosten zu bestimmen, ohne die tatsächliche Umsetzbarkeit zu berücksichtigen. Des Weiteren existieren gewisse Unsicherheiten bezüglich der genauen Nährstoffreduktion der einzelnen Maßnahmen, besonders in der Landwirtschaft. Begründet wird dies durch die nicht genau zu ermittelnden tatsächlichen N-Salden eines Standortes und den unterschiedlichen Standortverhältnissen, welche auf die Wirksamkeit einen hohen Einfluss haben können. Die in der Studie getroffene Annahme bezüglich der verminderten Wirksamkeit der betrachteten landwirtschaftlichen Maßnahmen muss weiter untersucht werden, um den Einfluss unterschiedlicher Standortfaktoren (maßgeblich beeinflusst durch die Bodenverhältnisse) zu ermitteln.

Ebenfalls zu bedenken ist, dass eine gute Gewässerqualität nach Definition der EU-WRRL ggf. mehr als eine Reduktion der Nährstoffeinträge erfordert. Zu welchen zusätzlichen Kosten dies führen würde, wurde hier nicht untersucht. Entsprechend kann auch keine Aussage über den Einfluss auf das Kosten-Nutzen-Verhältnis getroffen werden.

Es gibt jedoch auch Gründe, die vermuten lassen, dass der Nutzen der Stickstoffreduktion hier unterschätzt wurde. So ist der zusätzliche Nutzen einer Verbesserung der Gewässergüte stromabwärts der Berliner Unterhavel nicht berücksichtigt worden. Weiterhin ist möglich, dass sich der gute ökologische Zustand bereits bei Nährstoffkonzentrationen oberhalb des hier angenommenen Zielwertes einstellt, wodurch das Kosten-Nutzen-Verhältnis zugunsten des Nutzens verschoben werden würde. Auch eine Verlängerung des Zeitraumes der Zahlungsbereitschaft für eine Verbesserung der Gewässerqualität würde sich positiv auf das Kosten-Nutzen-Verhältnis auswirken. In der Umfrage wurde ein Zeitraum von 10 Jahren für die Zahlungen angegeben. Der Grund hierfür war, dass Personen sich meist ungern über sehr lange Zeiträume an Ausgaben binden, da zum Beispiel Unsicherheiten bezüglich der eigenen ökonomischen Verhältnisse

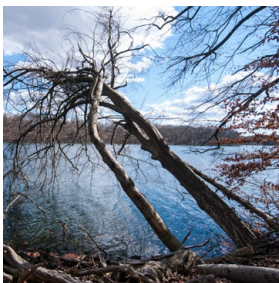


bestehen. Es wäre jedoch möglich, dass die Gesellschaft auch über den Zeitraum von zehn Jahren hinaus eine positive Zahlungsbereitschaft für eine gute Wasserqualität hat.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass mit Maßnahmen zur Reduktion der Nährstoffeinträge im urbanen und landwirtschaftlichen Bereich der ökologische Zustand der Berliner Unterhavel verbessert werden kann. Die vorgestellte Kosten-Nutzen-Analyse kommt aufgrund der gegebenen Unsicherheiten zu keinem eindeutigen Ergebnis. Die Studie konnte aber ein Vorgehen herausarbeiten, um die Kosteneffizienz verschiedener Maßnahmenkombinationen zu prüfen und diese der Zahlungsbereitschaft für die Erreichung des guten ökologischen Zustandes in einem Gewässer gegenüberzustellen. Damit wird Entscheidungsträgern eine Möglichkeit aufgezeigt, die verbesserte Gewässergüte eines Gewässers auch hinsichtlich des Nutzens für die Bevölkerung zu beurteilen.

## Danksagung

Für die Bereitstellung von Daten und Informationen, sowie für die Unterstützung der Studie möchten wir der Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt sowie dem Landesamt für Umwelt des Landes Brandenburg danken. Für die Erstellung der Karte des Untersuchungsgebietes (Abb. 1) danken wir Jacqueline Rücker (BTU Cottbus – Senftenberg).





# Literatur

BKG (2015) Bundesamt für Kartographie und Geodäsie; Landesgrenze. Heruntergeladen am 23.11.2015 unter: [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_download/vg/vg1000-ew\\_3112/utm32s/shape/vg1000-ew\\_3112.utm32s.shape.kompakt.zip](http://sg.geodatenzentrum.de/web_download/vg/vg1000-ew_3112/utm32s/shape/vg1000-ew_3112.utm32s.shape.kompakt.zip)

Dolman, A. M., Mischke, U. & Wiedner, C. (2016) Lake-type specific seasonal patterns of nutrient limitation in north German lakes and target nitrogen and phosphorus concentrations for a good ecological status. *Freshwater Biology* 61: 444–456.

Hansjürgens, B., Neßhöver, C. & Schniewind, I. (2012) Der Nutzen von Ökonomie und Ökosystemleistungen für die Naturschutzpraxis - Workshop I: Einführung und Grundlagen. Heruntergeladen am 12.01.2014 unter: <http://www.bfn.de/fileadmin/MDb/documents/service/skript318.pdf>

KULAP (2007-14) Richtlinie zur Förderung umweltgerechter landwirtschaftlicher Produktionsverfahren und zur Erhaltung der Brandenburger Kulturlandschaft. Heruntergeladen am 20.10.2015 unter: [http://www.mlul.brandenburg.de/media\\_fast/4055/Richtlinie\\_KULAP\\_2007\\_05-02-2014.pdf](http://www.mlul.brandenburg.de/media_fast/4055/Richtlinie_KULAP_2007_05-02-2014.pdf)

Mathes J., Plambeck, G. & Schaumburg, J. (2002) Das Typisierungssystem für stehende Gewässer in Deutschland mit Wasserflächen ab 0,5 km<sup>2</sup> zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. In: Nixdorf, B. & Deneke, R. (Hrsg.), *Ansätze und Probleme bei der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie*. BTUC-AR 5/2002, BTU Cottbus: 15-24.

Meyerhoff, J., Boeri, M. & Hartje, V. (2014) The value of water quality improvements in the region Berlin-Brandenburg as a function of distance and state residency. *Water Resources and Economics* 5: 49–66.

MLUL Brandenburg (2014) Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg; Seen und Gewässernetz. Heruntergeladen am 09.09.2014 unter: <http://www.mugv.brandenburg.de/luas/gis/seen25.zip> und <http://www.mlul.brandenburg.de/luas/gis/gewnet25.zip>

NITROLIMIT (2014) Stickstofflimitation in Binnengewässern - Ist Stickstoffreduktion ökologisch sinnvoll und wirtschaftlich vertretbar? Abschlussbericht NITROLIMIT I. 208 pp.

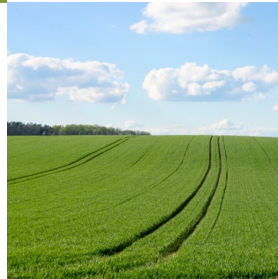
NITROLIMIT-Diskussionspapier, Band 1 (2013): Einfluss von Stickstoff und Phosphor auf die Gewässergüte von Seen. 21 pp.

NITROLIMIT-Diskussionspapier, Band 2 (2013): Maßnahmen zur Reduktion der Nährstoffeinträge urbaner Bereiche. 42 pp.

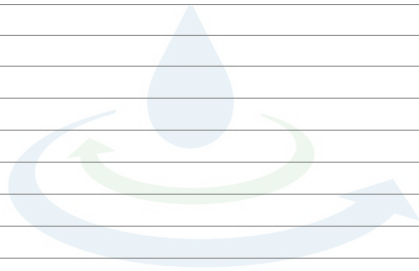
Osterburg, B. & Runge, T. (2007) Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in Gewässer- eine wasserschutzorientierte Landwirtschaft zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. *Landbauforschung Völknerode*: 307 pp.

Venohr, M., Hirt, U., Hofmann, J., Opitz, D., Gericke, A., Wetzig, A., Natho, S., Neumann, S., Hürdler, J., Matraga, M., Mahnkopf, J., Gadegast, M. & Behrendt, H. (2011) Modelling of Nutrient Emissions in River Systems – MONERIS – Methods and Background. *International Review of Hydrobiology* 96: 435-483.

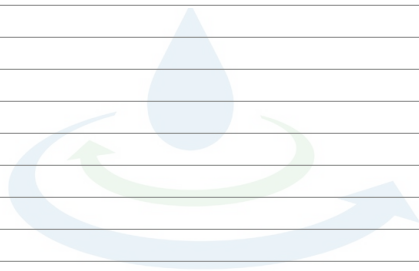
SenStadtUm/MLUL (2015) Reduzierung der Nährstoffbelastungen von Dahme, Spree und Havel in Berlin sowie der Unteren Havel in Brandenburg, Gemeinsames Handlungskonzept der Wasserwirtschaftsverwaltungen der Bundesländer Berlin und Brandenburg, Teil 3: Maßnahmen und Strategien zur Reduzierung der Nährstoffbelastungen. Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (SenStadtUm), Brandenburgisches Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft (MLUL). Berlin/Potsdam.



## Notizen:



NITROLIMIT



NITROLIMIT



Weitere Informationen finden Sie unter:  
[www.nitrolimit.de](http://www.nitrolimit.de)

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