

# **Belastung von Flüssen: Nährstoffeinträge und Eutrophierung**

Katrin Bieger

Stockkamp 14, 22607 Hamburg, katrin\_bieger@hotmail.com

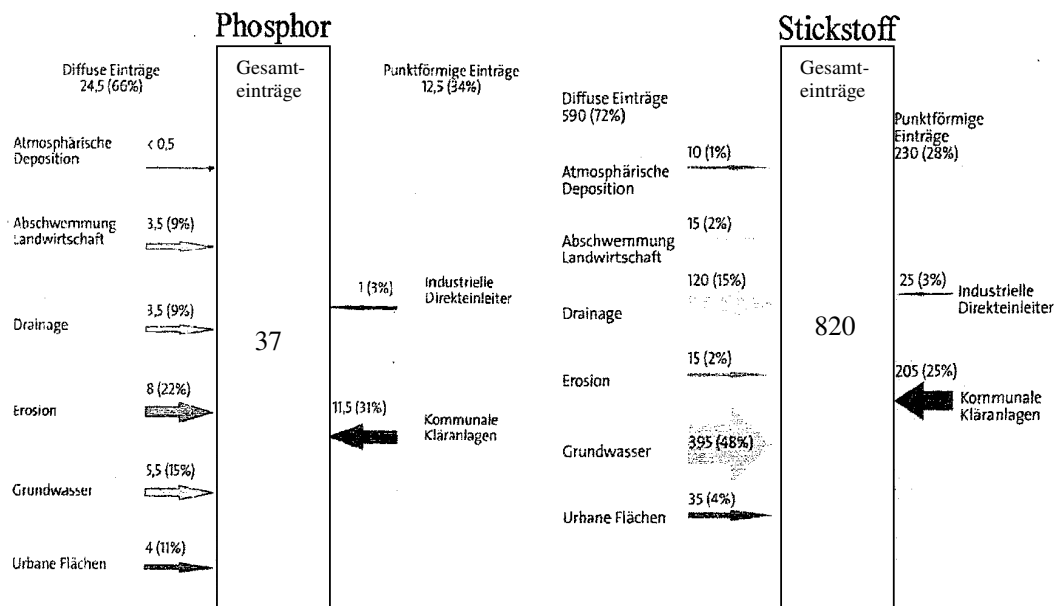
## **1. Einleitung**

Die weitreichenden Auswirkungen der Belastung von Oberflächengewässern durch Nährstoffeinträge wurden in den 1980er Jahren vermehrt erkannt. Alarmiert vom schlechten Zustand der Nord- und Ostsee, haben damals die Anliegerstaaten im Rahmen der Internationalen Nordseeschutzkonferenz (INK) und der Helsinki-Kommission (HELCOM) das Ziel aufgestellt, im Zeitraum von 1985 bis 1995 die Stickstoff- und Phosphateinträge in die Nord- und Ostsee um 50% zu reduzieren (Umweltbundesamt, 2000b). Da dieses Ziel nicht erreicht werden konnte, wurde der Zeitraum bis zum Jahr 2000 verlängert. Aber auch heute noch ist der Zustand vieler Oberflächengewässer äußerst bedenklich, die Eutrophierung von Gewässern durch überhöhte Nährstoffeinträge ist ein weit verbreitetes Umweltproblem. Doch was verstehen wir eigentlich unter Eutrophierung? Allgemein wird mit Eutrophierung die Anreicherung von Nährstoffen in ganzen Ökosystemen oder in Teilen von Ökosystemen beschrieben (Schaefer, 2003). Die Zufuhr von Nährstoffen kann in fruchtbaren Landschaften unter natürlichen Bedingungen zur Eutrophierung von Gewässern führen. Dieser Prozess sorgt für eine Anreicherung von organischem Material und hat somit einen wesentlichen Anteil an der natürlichen Verlandung von Seen und Bildung von Niedermooren. Im engeren Sinne kann man Eutrophierung jedoch als anthropogene Erhöhung des Nährstoffgehaltes verstehen (Schaefer, 2003). Hierdurch kommt es zu einer Umwandlung von oligotrophen, d.h. nährstoffarmen in eutrophe Gewässer und zu einer wesentlichen Steigerung der Intensität der Eutrophierungsvorgänge in von Natur aus eutrophen Gewässern (Scheffer & Schachtschabel, 2002). Im Extremfall führt die Eutrophierung zum sogenannten Umkippen eines Gewässers, d.h. zur vollständigen Sauerstoffzehrung im Gewässer, so dass dort kein Leben mehr möglich ist. Die Vermeidung der Eutrophierung ist heute eine der wichtigsten Aufgaben der Ökologie, der Wasserwirtschaft, der Landwirtschaft und auch der Politik.

In dieser Arbeit soll die Problematik der Nährstoffeinträge und der durch diese verursachten Eutrophierung näher betrachtet werden. Zunächst wird auf die Nährstoffe eingegangen, die in Bezug auf die Gewässerbelastung die größte Rolle spielen, und ihre Herkunft und Verlagerungspfade beschrieben. Anschließend soll noch einmal ausführlicher auf die Auswirkungen der erhöhten Nährstoffgehalte auf die Gewässer eingegangen werden. Im Anschluss daran werden die rechtlichen Rahmenbedingungen des Gewässerschutzes zusammenfassend dargestellt und nachfolgend die heute gegebenen Möglichkeiten zur Verminderung der Nährstoffeinträge besonders im Bereich der Landwirtschaft vorgestellt. Abschließend folgt eine Zusammenfassung der gewonnenen Erkenntnisse, es wird knapp auf den heutigen Stand der Nährstoffproblematik eingegangen und ein kurzes Fazit gezogen.

## 2. Diffuse Nährstoffeinträge in Flüsse

Es lassen sich zwei Gruppen von Nährstoffeinträgen in die Gewässer unterscheiden, die diffusen und die punktförmigen Einträge. Letztere werden von industriellen Anlagen oder Klärwerken direkt in die Flüsse eingeleitet, während die diffusen Einträge über nicht genau lokalisierbare Wege in die Vorfluter gelangen. Von Bedeutung für die Eutrophierung sind im wesentlichen Stickstoff- und Phosphatverbindungen. Die Herkunft dieser Verbindungen ist auf Abb. 1 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die punktförmigen Quellen lediglich einen Anteil von etwa einem Drittel der Gesamteinträge haben und daher eine untergeordnete Rolle spielen. Dies liegt vor allem daran, dass entsprechend der Forderungen des Wasch- und Reinigungsmittelgesetzes vom 1.1.1987 heute bis auf Maschinengeschirrspülmittel alle Wasch- und Reinigungsmittel phosphatfrei sind (Scheffer & Schachtschabel, 2002). Außerdem ist der Rückgang der Gewässerbelastung durch punktuelle Einträge mit dem Ausbau der Abwasserreinigungsanlagen zu erklären. So sind heute nahezu sämtliche Haushalte an Kläranlagen angeschlossen und eine zusätzliche chemische Reinigungsstufe sorgt für eine starke Reduzierung des Phosphatgehaltes im Abwasser. Als Hauptverursacher der diffusen Nährstoffeinträge gilt heute die Landwirtschaft. Stickstoff und Phosphor sind wichtige Nährelemente und können begrenzende Faktoren für das Pflanzenwachstum sein. Daher bringen Landwirte zur Ertragssteigerung Stickstoff- und Phosphat-Düngemittel auf ihre Felder aus. Da dieses Düngen aber oft zeitlich und mengenmäßig an den Bedarf der Pflanzen angepasst ist, kann ein Teil der Nährstoffe in die Gewässer gelangen (Frede & Dabbert, 1999). Die Verlagerung von Stickstoff und Phosphor von den landwirtschaftlichen Flächen in die Gewässer und die wichtigsten Formen dieser Nährstoffe sollen im Folgenden einzeln betrachtet werden.



**Abb. 1:** Stickstoff- und Phosphoremissionen in die Oberflächengewässer Deutschlands (Schätzungen für 1993 – 1997 in 1000t) (Quelle: Umweltbundesamt, 2000a)

## 2.1 Herkunft und Verlagerung von Stickstoff

Stickstoff liegt im Boden und in der Atmosphäre in den Verbindungen Nitrat, Nitrit, Ammonium, Ammoniak und weiteren Stickoxiden sowie als molekularer Stickstoff vor. Außerdem wird Stickstoff durch organische Substanz gebunden und bei Zersetzung der abgestorbenen Biomasse wieder freigesetzt oder in den bei der Humusbildung entstehenden Huminstoffen weiterhin festgehalten (Scheffer & Schachtschabel, 2002). Der Stickstoffvorrat im Boden unterliegt also einer kontinuierlichen Zufuhr und Abfuhr von verschiedenen Stickstoffverbindungen. Die wesentlichen Prozesse dieses Stickstoffkreislaufes sind in Abb. 2 dargestellt. Der Luftstickstoff ( $N_2$ ) wird durch die Bodenorganismen gebunden und im Zuge des Abbauprozesses nach deren Absterben kommt es zur sogenannten N-Mineralisierung, d. h. zur Überführung durch Ammonifikation in Ammonium-Ionen ( $NH_4^+$ ) und durch Nitrifikation zu Nitrat-Ionen ( $NO_3^-$ ). Diese können nun von den Pflanzen aufgenommen oder in tiefere Bodenschichten ausgewaschen werden. Herrschen dort bestimmte sauerstoffarme Bedingungen, kann auch  $NO_3^-$  durch den Vorgang der Denitrifikation gespalten werden (Schaefer, 2003).

Wie in Abb. 1 zu erkennen ist, ist das Grundwasser mit 48% der dominierende Verlagerungspfad von Stickstoff (Umweltbundesamt, 2000b). Das Wasser wird zunächst mit dem Sickerwasserstrom aus der Bodenlösung ausgewaschen. Auf diese Weise wird hauptsächlich Stickstoff in Form von Nitrat und organisch gebundenem Stickstoff mobilisiert, auf stark sandigen Böden mit einer hohen Leitfähigkeit auch Ammonium. Vom Grundwasser wird der Stickstoff dann in die Oberflächengewässer transportiert. Die Nitratauswaschung unterliegt im Jahresgang erheblichen Schwankungen, die sehr stark mit der Grundwasserneubildungsrate korrelieren. Diese Schwankungen beruhen einerseits auf dem Klima als unbeeinflussbarer Größe, andererseits aber auch auf beeinflussbaren Faktoren, wie der Bodennutzung und der Bodenbedeckung, die einen Einfluss auf die Evapotranspiration, d.h. die Verdunstung von freien Landoberflächen und durch die Pflanzen, haben. Mit sinkender Evapotranspiration steigt nämlich die Grundwasserneubildung. Außerdem hat der Mensch durch das Ausbringen von mineralischen und organischen Stickstoffdüngern auf die landwirtschaftlich genutzten Flächen einen wesentlichen Einfluss auf die Höhe der Nitratauswaschung. In den mitteleuropäischen Klimaverhältnissen ist in den Monaten November bis März die höchste Nitratverlagerung zu beobachten (Frede & Dabbert, 1999). Dies lässt sich zum einen durch die geringere Evapotranspiration aufgrund der Verringerung oder des vollständigen Verlustes der Bodenbedeckung nach Abernten des Bestandes oder durch das Absterben der photosyntheseaktiven Pflanzenbestandteile am Ende der Vegetationszeit erklären. Zum anderen steigt die Nitratkonzentration im Boden durch die Mineralisation von Ernterückständen und Laub.

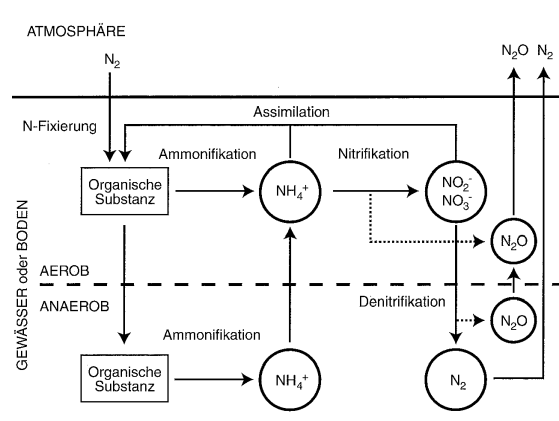


Abb. 2: Der Stickstoffkreislauf im Gewässer oder Boden (aus Schaefer, 2003)

## 2.2 Herkunft und Verlagerung von Phosphor

Der größte globale P-Speicher sind die Gesteine, hauptsächlich das Phosphatmineral Apatit. Aus diesem wird das Phosphat mobilisiert und gelangt in den globalen Phosphorkreislauf. Im Boden liegt Phosphor überwiegend in gebundener Form vor und nur zu etwa 0,1% des Gesamt-P in der Bodenlösung. Das gebundene Phosphor ist als Orthophosphat-Anion in anorganischen Salzen, an Oberflächen von Sorbaten spezifisch gebunden, in organischen Verbindungen oder in Bodenorganismen zu finden (Scheffer & Schachtschabel, 2002). Über die Bodenlösung sind diese verschiedenen Formen des gebundenen Phosphors miteinander verbunden (siehe Abb. 3). Die negativen Ladungen des Orthophosphat-Anions können durch Wasserstoff (H), Metallkationen (Ca, Fe, Al, ...) oder Kohlenstoff (C) ausgeglichen werden. Der P-Gehalt des Bodens wird hauptsächlich vom Ausgangsgestein, der Textur und dem Entwicklungsgrad bestimmt. Außerdem steigt er von der Sand- zur Tonfraktion hin und mit steigendem Humusgehalt an. Auch der pH-Wert und die Sorptionskapazität eines Bodens haben einen Einfluss auf den P-Gehalt und den Anteil der P-Formen (Scheffer & Schachtschabel, 2002). Pflanzenwurzeln können nur gelöstes Phosphat aufnehmen; da der geringe Anteil des Phosphats in der Bodenlösung nicht ausreicht, um den Bedarf der Pflanzen zu decken, versucht man diese Defizite durch P-Dünger-Gaben auszufüllen. Dies hat dazu geführt, dass auf vielen Flächen durch übermäßige Düngung ein Phosphorüberschuss besteht, der in die Gewässer gelangen kann.

Bei Phosphatverbindungen ist der Abtrag von Bodenpartikeln durch Erosion der dominierende Verlagerungspfad (Umweltbundesamt, 2000b). Dies ist durch die starke Bindung von Phosphat an die Bodenpartikel und den geringen Anteil von Phosphat in der Bodenlösung zu erklären. Zur Bodenerosion kommt es, wenn ein Niederschlag von starker Intensität und gewisser Dauer auf eine geneigte Fläche fällt. Durch die kinetische Energie der Regentropfen werden die Bodenaggregate zerschlagen und verspritzt. Übersteigt die Niederschlagsmenge die Infiltrationskapazität des Bodens kommt es zur Ansammlung von Wasser auf der Bodenoberfläche und schließlich zu einem oberflächlichen Abfluss, der die losgelösten Bodenpartikel mit sich führt. Verstärkt wird dies noch durch die Verschlammung des Oberbodens, wenn feinste Bodenpartikel in die Grobporen gespült werden und diese verstopfen, so dass keine Infiltration mehr möglich ist. Mit den vom Oberflächenabfluss abgetragenen Bodenpartikeln gelangen die Phosphate in die Vorfluter und schließlich in die Flüsse. Die Menge an Phosphat, das in die Gewässer gelangt, hängt sehr stark von der Bodenart ab.

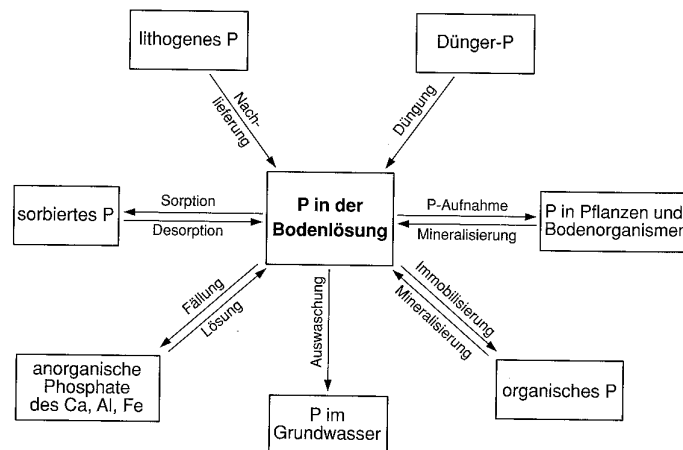


Abb. 3: Phosphatformen und ihre Verknüpfung mit der Bodenlösung (aus Scheffer & Schachtschabel, 2002)

### 3. Ökologische Wirkungen des Nährstoffeintrags

Es lassen sich zwei unterschiedliche Arten von Wirkungen des Nährstoffeintrages unterscheiden, die direkten und die indirekten (Hamm, 1991). Beeinträchtigt ein Stoff selber biologische Prozesse und Systeme oder die Nutzung der Organismen bzw. der Umwelt, spricht man von direkten Wirkungen. Hier ist zum einen die akute und chronische toxische Wirkung zu nennen, die einige anorganische Stickstoffverbindungen auf aquatische Organismen haben können. Zum anderen kann die Gesundheit des Menschen durch anorganische Stickstoffverbindungen im Trinkwasser beeinträchtigt werden. Beispielsweise besteht bei Nitrat-Konzentrationen von über 100 mg/l die Gefahr der Methämoglobinämie (Blausucht), wenn es zur bakteriellen Reduktion von Nitrat zu Nitrit kommt. Außerdem nimmt man an, dass Nitrit im Verdauungstrakt des Menschen in krebserregende Stoffe umgewandelt wird (Kilian, 2000). Sorgt nicht der Stoff selber, sondern durch ihn ausgelöste Effekte für Beeinträchtigungen, spricht man von indirekten Wirkungen. Durch die Anreicherung der Gewässer mit Nährstoffen kommt es wie oben bereits erwähnt zur Eutrophierung. Diese sorgt für ein starkes Wachstum von autotrophen, d.h. sich durch die Umwandlung von anorganischen in organische Stoffe ernärende Organismen, vor allem von Algen in den oberen, lichtdurchfluteten Bereichen der Gewässer. Die Pflanzen nehmen die Nährstoffe auf und produzieren Sauerstoff, so dass die Gewässer zu diesem Zeitpunkt sehr sauerstoffreich und nährstoffarm sind. Stirbt das Phytoplankton jedoch ab, sinkt es auf den Boden des Gewässers und wird dort von heterotrophen Organismen, die sich von der organischen Substanz anderer Organismen ernähren, abgebaut. Dabei wird Sauerstoff verbraucht und Kohlendioxid freigesetzt, es entstehen anaerobe, sauerstoffarme Verhältnisse. Erreicht die Sauerstoffarmut ein extremes Ausmaß, kann es zum Fischsterben kommen. Die Nährstoffe werden durch die bakterielle Zersetzung des Phytoplanktons wieder freigesetzt und stehen im kommenden Frühjahr dem Algenwachstum wieder zur Verfügung (Scheffer & Schachtschabel, 2002). Außerdem kann die Eutrophierung eine Verschiebung der Artenzusammensetzung in einem Gewässer verursachen. Spezialisierte, stenöke Arten werden zugunsten von euryöken Arten verdrängt, die Schwankungen lebenswichtiger Umweltfaktoren innerhalb weiter Grenzen ertragen können. Es kommt zu einer hohen Individuenanzahl bei geringer Artendiversität (Nusch et al., 1991).

In Flüssen gibt es bestimmte Bereiche, in denen die Nährstoffe ihre negativen Auswirkungen hervorrufen können und andere, in denen die Bedingungen hierfür sehr ungünstig sind. Die Eutrophierungsneigung der einzelnen Abschnitte eines Fließgewässers hängt wesentlich vom Abflusscharakter und den Lichtverhältnissen ab. Im Quellbach sind in der Regel keine großen Mengen an Nährstoffen zu finden, oder es ist eine ausreichende Beschattung durch Bäume oder Felsen vorhanden, um eine Eutrophierung zu verhindern. Auch im Oberlauf kann eine Beschattung die Eutrophierungsneigung weitgehend eindämmen, fehlt diese, kann es unter Umständen zu einer hohen Produktion von Makrophyten und Plankton kommen. Ebenso besteht diese Gefahr bei gestautem Oberlauf, da hier weder Beschattung noch ein freies Fließen gegeben ist. Auch im Mittellauf ist eine Beschattung nicht mehr vollständig möglich, so dass es hier zu hohen Produktionsmengen kommen kann, insbesondere, wenn das Wasser gestaut ist. Das gleiche gilt für den Unterlauf. Stauseen und Flusstäue haben hier eine besonders hohe Eutrophierungsneigung (Nusch et al., 1991). Allgemein lässt sich sagen, dass jeder Fluss immer größere Nährstofffrachten mit sich führt, je größer der Abstand zur Quelle ist. Gefährdet von diesen Nährstoffen sind diejenigen Abschnitte eines Flusses, die sich durch langsames Fließen und ausreichende Lichtverhältnisse für Planktonalgen auszeichnen. Ein großes Problem ergibt sich auch durch das Eintreten von Nährstoffen mit dem Flusswasser in die Meere. Gerade in der Nord- und Ostsee kommt es immer wieder zu kritischen Nährstoffgehalten, was im Extremfall zur Bildung von großen Algentepichen führen kann.

Zur Beurteilung der Gewässergüte von Fließgewässern dient eine von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) herausgegebene Einteilung, die in Tab. 1 zusammengefasst ist:

**Tab. 1:** Merkmale der Gewässergüteklassen

Güteklasse	Grad der Verschmutzung	Sauerstoffminima in mg/l	Ammoniumgehalt in mg/l	Kennfarbe
I	unbelastet bis sehr gering belastet	über 8	höchstens Spuren	Dunkelblau
I – II	gering belastet	über 8	um 0,1	Hellblau
II	mäßig belastet	über 6	Unter 0,3	Dunkelgrün
II – III	kritisch belastet	über 4	unter 1	Hellgrün
III	stark verschmutzt	über 2	0,5 bis mehrere mg	Gelb
III – IV	sehr stark verschmutzt	unter 2	mehrere mg	Orange
IV	übermäßig verschmutzt	unter 2	mehrere mg	Rot

(nach: Baur, 1997)

Frede und Dabbert (1999) nennen Gefährdungsklassen, die sie anhand von Eintragungsgrenzwerten festgelegt haben (siehe Tab. 2):

**Tab. 2:** Klassen der potentiellen Gewässergefährdung durch Nitrat-Konzentration im Sickerwasser und P-Abtrag

Gefährdungsklasse	Nitrat im Sickerwasser [mg/l]	P-Abtrag [kg/(ha*a)]
Sehr gering	<15	<2
Gering	15 - <25	2 - <4
Mittel	25 - <35	4 - <6
Hoch	35 - <50	6 - <8
Sehr hoch	>50	>8

(nach Frede & Dabbert, 1999)

Um diese Gefährdungsstufen zu bestimmen, muss der Nährstoffeintrag in die Flüsse zunächst abgeschätzt werden. Dazu besteht eine ganze Reihe von Modellen, die meist auf Geographischen Informationssystemen basieren und auf unterschiedlichen Maßstäben die Nährstoffverlagerung bilanzieren. Es gibt zwei verschiedene Möglichkeiten, an die Abschätzung der Nährstoffeinträge heranzugehen, die Emissionsmethode und die Immissionsmethode (Umweltbundesamt, 2000b). Bei der Emissionsmethode werden die Einträge aus allen punktuellen und diffusen Quellen im Einzugsgebiet ermittelt. Bei der Immissionsmethode geht man hingegen von den Flussfrachten aus, die an der letzten möglichen Flussmessstelle gemessen werden. Diese werden anschließend in ihre Anteile aus punktuellen und diffusen Einträgen aufgeteilt. Zu beiden Methoden gibt es dann einige unterschiedlich arbeitende Modelle, wobei man sich heute noch nicht vollständig auf eine einheitliche Vorgehensweise oder die Anwendung eines einheitlichen Modells einigen konnte.

#### 4. Rechtliche Grundlagen zum Gewässerschutz

Eine Reihe von Gesetzen beschäftigt sich mit den Belangen des Gewässerschutzes und formuliert Zielvorgaben in Bezug auf die Gewässerqualität. Die sogenannte **Nitratverordnung**, die Richtlinie 91/676/EWG der Europäischen Gemeinschaft zum Schutz der Gewässer vor Nitrat-Verunreinigungen aus landwirtschaftlichen Quellen vom 12.12.1991 verfolgt das Ziel, Gewässerverunreinigungen durch Nitrat aus der Landwirtschaft vorzubeugen (Frede & Dabbert, 1999). Dazu sind die Landwirte

aufgefordert, auf freiwilliger Basis die Regeln der „guten fachlichen Praxis“ zu beachten, die von den Mitgliedsstaaten nach den allgemeinen Vorgaben der Verordnung individuell formuliert werden. Diese Regeln beinhalten in erster Linie Vorschläge für Düngungshöhe und –zeitpunkt, Fruchtfolge und Bodenbearbeitung. Um ihrer Verpflichtung hinsichtlich dieser Nitratverordnung nachzukommen, hat die Bundesrepublik Deutschland die sogenannte Düngeverordnung sowie ergänzende Länderregelungen erlassen.

In der **EG-Trinkwasser-Richtlinie** (80/778/EWG) vom 15.7.1980 sind die Anforderungen an die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch festgelegt (Frede & Dabbert 1999). Sie umfasst Höchstkonzentrationen und strengere Richtwerte für 56 Substanzen, die im Wasser enthalten sein können. Für Nitrat liegt die zulässige Höchstkonzentration beispielsweise bei 50 mg/l, der Richtwert hingegen bei nur 25 mg/l. In Deutschland regelt die Trinkwasserverordnung die Anforderungen an die Beschaffenheit und die Aufbereitung des Trinkwassers.

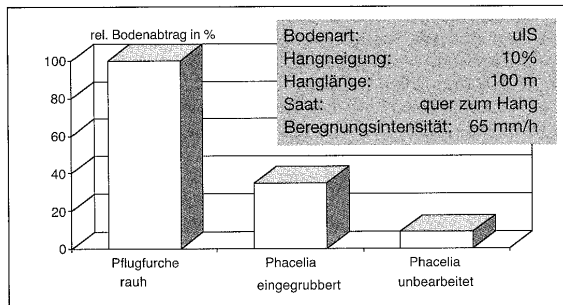
Das **Wasserhaushaltsgesetz** (WHG) der Bundesrepublik Deutschland dient unter anderem dem Schutz des Grundwassers und der Oberflächengewässer vor anthropogenen Belastungen (Kilian, 2000). Außerdem ist die Verunreinigung von Gewässern im **Strafgesetzbuch** (StGB) als Straftat festgelegt und auch das **Bundes-Immissionsschutzgesetz** (BImSchG) soll unter anderem auch das Wasser vor schädlichen Umwelteinwirkungen schützen.

Einen auf europäischer Ebene einheitlichen Rahmen hat der Gewässerschutz aber erst mit Inkrafttreten der **Wasserrahmenrichtlinie** (WRRL) am 22. Dezember 2000 erhalten. Sie ist für alle Mitgliedsstaaten der Europäischen Union verbindlich und wird derzeit in deutsches Recht umgewandelt. Laut Artikel 4 der WRRL wird ein gutes ökologisches Potential und ein guter chemischer Zustand der Gewässer angestrebt. Außerdem ist eine Verschlechterung des Gewässerzustandes zu verhindern. Temporäre Verschlechterungen, die mit verbessernden Maßnahmen einhergehen, werden jedoch geduldet. Auf der Grundlage eines nachhaltigen Schutzes der Gewässer soll eine nachhaltige Wassernutzung ermöglicht werden. Stark anthropogen überformte Gewässer wie zum Beispiel Hafenanlagen sind aus der WRRL ausgenommen. In Artikel 10 wird näher auf Einträge in die Gewässer aus diffusen und punktuellen Quellen eingegangen. Die Staaten der EU werden hier verpflichtet, die Emissionen mit der besten verfügbaren Technik und entsprechend der besten verfügbaren Umweltpraxis so weit wie möglich zu begrenzen. Die WRRL gibt also keine finiten Grenzwerte vor. Trotzdem ermöglicht sie zum ersten Mal einen effektiven Gewässerschutz, da dieser nun auf Einzugsgebietsbasis statt auf Länderbasis betrieben wird. Gleichzeitig kommen die vorigen Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft auch weiterhin zum Tragen.

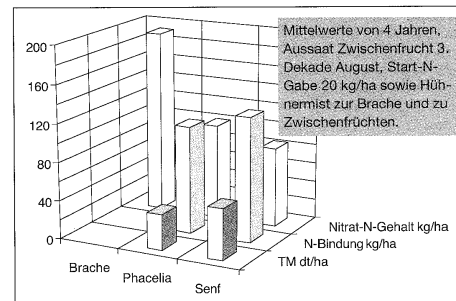
## **5. Möglichkeiten zur Verminderung der Nährstoffeinträge in Flüsse**

Es bestehen zahlreiche Möglichkeiten zur Verminderung der Nährstoffeinträge in die Oberflächengewässer. Diese müssen vor allem an den Quellen der Nährstoffe ansetzen. Da die Landwirtschaft wie bereits erwähnt heute der Hauptverursacher der Nährstoffeinträge ist, möchte ich zusammenfassend einige Möglichkeiten vorstellen, die sich in diesem Bereich bieten.

Auf Ackerflächen kann man zunächst die Fruchtfolge so gestalten, dass zum einen der Abtrag von Boden durch Erosion verhindert wird und zum anderen die Nährstoffe möglichst dauerhaft festgelegt werden (Frede & Dabbert, 1999). Es wird daher eine vielgliedrige Fruchtfolge mit langer Bodenbedeckung angestrebt. Dies lässt sich zum Beispiel durch das Einbringen von Phacelia oder Gelbsenf als Zwischenfrucht erreichen (siehe Abb. 4 & 5) Auf diese Weise ist für eine erosionsmindernde Bodenbedeckung gesorgt und ein Teil der Nährstoffe, die beim Abbau der



**Abb. 4:** Wirkung des Zwischenfruchtanbaus auf den Bodenabtrag (aus: Frede & Dabbert, 1999)



**Abb. 5:** Trockenmasseertrag, N-Fixierung und Nitrat-Stickstoffgehalt im Boden im Dezember bei Zw.-Fruchtanbau und Brache (aus: Frede & Dabbert, 1999)

Ernterückstände freiwerden, werden in der Zwischenfrucht gleich wieder festgelegt. Auch eine Mulchdecke aus Ernterückständen oder Stallmist kann vor Bodenerosion schützen. Außerdem sollte der Anbau von Mais oder Zuckerrüben, die erst spät im Jahr für eine ausreichende Bodenbedeckung sorgen, auf erosionsgefährdeten Flächen vermieden werden, denn die erosiven Niederschläge treten vor allem im Frühjahr und im Frühsommer auf. Zusätzlich ergibt sich bei diesen Beständen ein weiteres Risiko durch die großen Reihenabstände. Die erosionsgefährdeten Zwischenräume können zum Beispiel durch Klee oder Gräser als Untersaat geschützt werden. Auch durch eine reduzierte Bodenbearbeitungsintensität und durch eine Bearbeitung quer zum Gefälle des Schlages lassen sich Nährstoffausträge durch Erosion und Auswaschung vermeiden. So mindert das Direktsaatverfahren zum Beispiel die Austräge und wirkt sich bei geringerem Aufwand an Maschinen- und Arbeitskraftstunden gleichzeitig positiv auf die Erträge aus (Frede & Dabbert, 1999). Eine entscheidende Rolle spielt auch die Düngung selbst. Diese sollte in Bezug auf Art, Menge und Zeitpunkt auf den Bedarf der Pflanzen abgestimmt sein. Hierzu muss zunächst für jede Fläche eine Nährstoffbilanz aus Zufuhr und Abfuhr erstellt werden, damit der Düngebedarf der jeweiligen Kultur auf diesem Schlag präzise abgeschätzt werden kann. Des Weiteren müssen beim Ausbringen von Düngern die Vorgaben der Düngeverordnung beachtet werden, die auf ein termingerechtes Düngen zum Zeitpunkt des größten Bedarfs und bei günstigen Witterungsverhältnissen und das Einhalten eines Mindestabstands zu Gewässern abzielen. Vom 15. November bis zum 15. Januar besteht ein generelles Ausbringungsverbot für flüssige, tierische Wirtschaftsdünger.

Auf Grünlandflächen ist durch fehlende Bodenbearbeitung und ganzjährige Bodenbedeckung eine ganz andere Situation gegeben als auf Ackerflächen. In erster Linie muss eine leistungsfähige Grasnarbe gegeben sein, die sich durch ihre Fähigkeit zur Fixierung hoher Stickstoffkonzentrationen auszeichnet (Frede & Dabbert, 1999). Diese wird durch eine angepasste Düngung, mehrjährige Mahd zur Verjüngung des Pflanzenbestandes und die Vermeidung einer Verletzung erreicht. Bei Nutzung des Grünlandes als Weide für Tiere muss hierzu natürlich auf einen der Fläche angepassten Tierbestand und nicht zu ausgedehnte Weideperioden geachtet werden, um einer Überweidung und Verletzung durch Tritt vorzubeugen. Verletzte Grasnarben sollten umgehend durch Nachsaat gestärkt werden. Auf Weideflächen muss das Problem der Rückführung von Nährstoffen durch tierische Exkremate besonders im Bereich der Futterplätze und Tränken beachtet werden. Diese sollten daher gelegentlich einem Standortwechsel unterzogen und in möglichst großem Abstand zu Gewässern aufgestellt werden.

Kann der Abtrag von Boden nicht auf den Flächen verhindert werden, so kann man versuchen, durch die Anlage von Uferrandstreifen zumindest einen Teil der Nährstoffe aus dem Wasser herauszufiltern. Dies hat jedoch in der Regel keinen Einfluss auf die Einträge, die mit dem Grundwasser in die Flüsse gelangen. Eine weitere Verbesserung der Nährstoffproblematik kann in landwirtschaftlichen Betrieben durch eine fachgerechte Tierhaltung und Lagerung der Futtermittel und nährstoffärmere Fütterung erreicht werden. Doch auch von Seiten der Abwasserbehandlung und der Infrastruktur sind weitere verbessernde Maßnahmen notwendig.

## **6. Zusammenfassende Schlussbetrachtung**

Die Eutrophierung der Oberflächengewässer stellt heute ein großes Umweltproblem dar, das nicht allein eine Verantwortung der Wasserwirtschaft, sondern auch der Landwirtschaft und der Umweltpolitik darstellt und von diesen Bereichen gemeinsam bearbeitet und vermindert werden muss. Denn die größten Anteile der in diesem Zusammenhang bedeutsamen Nährstoffe Stickstoff und Phosphor gelangen heute von den landwirtschaftlichen Flächen in die Gewässer. Mit der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie ist von Seiten der Gesetzgebung ein geeigneter Rahmen zur Bekämpfung des Problems gegeben. Nun liegt es vor allem in der Hand der Landwirtschaft, die vorhandenen Möglichkeiten zu nutzen. Denn die Oberflächengewässer Deutschlands wie auch zahlreicher anderer Länder befinden sich noch immer nicht in einem ökologisch vertretbaren Zustand, der eine langfristige Nutzung der Ressource Wasser sichern könnte. Zwar hat das Umweltbundesamt in einer Studie aus dem Jahr 1999 durchaus Verminderungen der Einträge feststellen können, doch stellen diese nur einen ersten Schritt in die richtige Richtung dar (Umweltbundesamt, 1999). So liegt der N-Gesamteintrag in den Jahren 1993-1997 um 25% niedriger als in den Jahren 1983-1987. Dies ist in erster Linie durch den starken Rückgang der punktuellen Einträge um 46% zu erklären. Die diffusen Einträge wurden insgesamt nur um 10% vermindert, im Bereich der Ostseeküste immerhin um 22%, in den Gebieten der Donau, Ems und Weser hingegen nur maximal 5%. Die Phosphoreinträge konnten im gleichen Zeitraum immerhin um insgesamt 60% vermindert werden, es wurde also das Ziel der Internationalen Nordseeschutzkonferenz und der Helsinki-Kommission erreicht. Allerdings liegt der Rückgang auch hier vor allem in der Verminderung der punktuellen Einträge begründet (Umweltbundesamt, 1999). Es wird also deutlich, dass auf Seiten der Landwirtschaft noch ein großer Handlungsbedarf besteht, damit auch diese ihren Beitrag zur nachhaltigen Verbesserung der Qualität der Binnengewässer und der Meere leistet. Ich denke hierzu ist zunächst eine Stärkung des Problembewusstseins vor allem bei den Landwirten nötig und eine verbesserte Information, Beratung und Weiterbildung in Bezug auf die Möglichkeiten, die sich einem Landwirt nach neuestem wissenschaftlichen und technischen Stand bieten. Durch ökologische Prämienzahlungen oder die Zahlung höherer Subventionen an Bauern, die Verfahren zur Verminderung von Nährstoffausträgen, wie zum Beispiel Extensivierung, Flächenstilllegung, die Anlage von Gewässerrandstreifen oder die Berücksichtigung spezieller Auflagen in empfindlichen Gebieten anwenden, könnte ein wirkungsvoller Anreiz geschaffen werden. Hier ist es wieder Aufgabe der Regierung, für eine Ordnung der nationalen Agrarpolitik zu sorgen, die derartige Maßnahmen fördert. Außerdem muss die Gesetzgebung im Bereich der Tierhaltung, des Pflanzenbaus und der Bodenbearbeitung an die Problematik der Nährstoffeinträge von landwirtschaftlichen Flächen angepasst werden. Allgemein ist meiner Meinung nach eine starke Zusammenarbeit und Kooperation verschiedener Institutionen und Behörden von größter Bedeutung, und zwar nicht nur innerhalb einzelner Länder, sondern flusseinzugsgebietsweit. Nur so kann das Problem der Belastung von Flüssen durch Nährstoffe dauerhaft und effektiv bekämpft werden.

## **Literatur:**

- Baur, W.H. (1997): Gewässergüte bestimmen und beurteilen. Parey Buchverlag, Berlin, 209 p.
- Frede, H.-G. & Dabbert, S. (1999): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft. Landsberg/Lech, 451 p.
- Hamm, A. (ed.) (1991): Studie über Wirkungen und Qualitätsziele von Nährstoffen in Fließgewässern. Academia Verlag, Sankt Augustin, 830 p.
- Kilian, B. (2000): Betriebswirtschaftliche Beurteilung von Maßnahmen für einen flächendeckenden Gewässerschutz in der Landwirtschaft. In: Agrarwirtschaft, Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Marktforschung und Agrarpolitik, Sonderheft 165. Agrimedia, Bergen/Dumme, 221 p.
- Nusch, E.A. et al (1991): Eutrophierung gestauter und freifließender Gewässer. In: Hamm, A. (ed.) (1991): Studie über Wirkungen und Qualitätsziele von Nährstoffen in Fließgewässern. Academia Verlag, Sankt Augustin, pp. 331-563.
- Schaefer, M. (2003): Wörterbuch der Ökologie (4. Aufl.). Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg/Berlin, 452 p.
- Scheffer, F. & Schachtschabel, P. (eds.) (2002): Lehrbuch der Bodenkunde (15. Aufl.). Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg/Berlin, 593 p.
- Umweltbundesamt (ed.)(2000a): Daten zur Umwelt – der Zustand der Umwelt in Deutschland. Berlin.
- Umweltbundesamt (ed.)(2000b): Nährstoffemissionen in die Oberflächengewässer – Workshop des Umweltbundesamtes am 29. und 30. November 1999 in Berlin. Berlin, 160 p.
- Umweltbundesamt (ed.)(1999): Nährstoffbilanzierung der Flussgebiete Deutschlands. Berlin, 288p.