

Melanie MEWES

Die volkswirtschaftlichen Kosten einer Stoffausträge in die Ostsee minimierenden Landnutzung – Vorstellung des Forschungsvorhabens

The social costs of land use which minimizes nutrient emission to the Baltic Sea – the project

Abstract

The protection of the Baltic Sea will be optimized with respect to social costs. The main research topic is nutrient emission (nitrogen and phosphorus) from diffuse sources of the catchment area of Mecklenburg-Vorpommern and Schleswig-Holstein. It will be worked out what kind of changes in land use are necessary in order to limit the nutrient immission load to the Baltic Sea to a defined amount. Therefore, the nutrient emissions from diffuse sources are estimated. The contribution of different kinds of land use ("Grundnutzungstypen") to the emission load will be examined upon the development of szenarios for changes in land use, the minimized social costs are calculated.

Keywords: Nitrogen, phosphorus, nutrient emission, diffuse sources, land use, social costs, Baltic Sea, Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein

1 Einleitung

1.1 Die Situation der Ostsee

Hohe Stickstoff und Phosphoreinträge in die Ostsee führen zu ihrer Eutrophierung mit einer Störung des Sauerstoffhaushaltes. Dafür sind eine Reihe von Faktoren verantwortlich. Die Ostsee stellt die größte in sich geschlossene Brackwassermenge der Erde dar (LOZÁN et al. 1996). Es besteht lediglich zwischen den dänischen Inseln eine schmale und flache Verbindung zum Atlantik, was zu einer begrenzten Austauschrate des Ostseewassers mit dem der Nordsee führt. Stoffeinträge aus dem 1.745.000 km² großen Einzugsgebiet bzw. auf atmosphärischem Weg verweilen vergleichsweise lange und reichern sich an. Verschärfend kommt hinzu, dass die Ostsee durch Schwellen in mehrere Becken gegliedert ist. Ein Einbruch von sauerstoffhaltigem Salzwasser (Tiefenwasser) in das Zentralbecken östlich der Darßer Schwelle erfolgt nur unter bestimmten

Wetterbedingungen (anhaltende Weststürme im Winter). Ein langjähriges Ausbleiben solcher Einbrüche wie z.B. zwischen 1977 und 1993 führt zu Sauerstoffarmut im Tiefenwasser und kann zum Absterben der Flora und Fauna in den tieferen Wasserschichten führen (LOZÁN et al. 1996). Neben der Einleitung von Abwässern aus Industrie und Haushalten ist die Ostsee v.a. vom Eintrag eutrophierender Substanzen aus diffusen Quellen betroffen (z.B. Düngemittel aus der Landwirtschaft, atmosphärische Stickstoffeinträge aus Landwirtschaft und Verkehr, Feststoffeinträge durch Erosion). Der jährliche Gesamteintrag von Stickstoff und Phosphor ist während des 20. Jahrhunderts auf das 4- bzw. 8-fache angestiegen (LARSSON et al. 1985). Die Folgen dieser Eutrophierung sind u.a. Massenvermehrungen einzelliger Algen (sog. "Algenblüten") verbunden mit lokalen Fischsterben aufgrund von Sauerstoffzehrung (ROSENBERG et al. 1990).

Der Empfindlichkeit des Ökosystems Ostsee steht eine Vielzahl von Nutzungsinteressen gegenüber. Die Küstenlinie verteilt sich auf neun Staaten, das Einzugsgebiet umfasst 14 Länder mit insgesamt ca. 85 Mio. Einwohnern. Die dicht besiedelten Bereiche (> 200 Einw./km²) umfassen dabei nur ca. 1 % des Einzugsgebietes und konzentrieren sich im südlichen Teil (GREN et al. 2000). Das hohe Belastungsniveau, die Vielfalt der z.T. konkurrierenden Nutzungsinteressen und die große Anzahl der betroffenen Staaten erfordern differenzierte, international abgestimmte Problemlösungsstrategien.

1.2 Ansätze zum Ostseeschutz

1974 wurde die sogenannte 'Helsinki-Konvention', die 'Convention on the Protection of the Marine Environment of the Baltic Sea Area', beschlossen. Als spezielles Gremium zur Umsetzung der Konvention in konkrete Empfehlungen und zur Koordination der nationalen Maßnahmen wurde die 'Helsinki Commission' (HELCOM) eingerichtet (HELCOM 1983).

Ferner wurde auf der Ronneby-Konferenz beschlossen, den wassergebundenen N-Eintrag bis 1995 um 50 % zu reduzieren und die atmosphärischen N-Emissionen auf dem Niveau zum Ende der 80er Jahre zu stabilisieren (PITKÄNEN & LÄÄNE 2001, ENELL & FEJES 1995). Für Phosphor wurden große Erfolge durch die zunehmende Nährstoffeliminierung in den Kläranlagen erreicht. Die Stickstoffbelastung ist aufgrund des hohen Anteils der diffusen Quellen nach wie vor als hoch einzuschätzen (vgl. PITKÄNEN & LÄÄNE 2001, BACHOR 1996). Für eine weitere Reduzierung der Nährstoffeinträge in die Gewässer ist ein verstärktes Zusammenarbeiten von Land- und Wasserwirtschaft erforderlich (vgl. auch HELCOM 2002). Dies knüpft eng an die Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, am 22.12.2000 mit der Veröffentlichung im Amtsblatt der EG in Kraft getreten) an (vgl. LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER 2001).

Insgesamt gilt es, die landwirtschaftliche Praxis im Ostsee-Einzugsgebiet der Tragekapazität der Ostsee als Nährstoffsенке anzupassen (vgl. GREN et al. 2000). Zukünftig sind die Stoffausträge, die sich aus der Landnutzung ergeben, auf einem

Niveau zu stabilisieren, das einen dauerhaften Erhalt der Funktionsfähigkeit dieses Ökosystems gewährleistet.

1.3 Mögliche Strategien für die Zukunft

Generell spielen bei der Umstellung der Landnutzung auf eine 'ostseegerechte' Wirtschaftsweise Standortfaktoren wie Bodenart, Relief, Grundwasserabstand, Abstand zum nächsten Vorfluter usw. eine wichtige Rolle. Unterschiedliche Möglichkeiten zur Reduzierung ergeben sich zudem aus der Art der Nutzung (z. B. Acker, Grünland, Forst) bzw. dem jeweils angewendeten Verfahren (z. B. Viehbesatzstärke, Düngungsintensität, Bodenbearbeitung) (vgl. DVWK 1994, GÄTH & WOHLRAB 1992, WERNER 1989, KRETZSCHMAR et al. 1985).

Ein vorgegebenes Reduktionsziel kann damit

- durch eine Änderung der Nutzung bis hin zur Nutzungsaufgabe einzelner Flächen
- durch verbesserte Technik und Praxis
- durch Reduktion des Düngemittleinsatzes (Extensivierung) oder durch eine Kombination dieser und anderer Maßnahmen erreicht werden.

2 Zielstellung der Arbeit

Ziel der Arbeit ist es, einen Forschungsbeitrag zur volkswirtschaftlichen Optimierung des Ostseeschutzes zu leisten. Der Forschungsschwerpunkt liegt auf den Einträgen der Nährstoffe Stickstoff und Phosphor aus diffusen Quellen der Landnutzung. Es wird ermittelt, welche Änderungen der land- und forstwirtschaftlichen Flächennutzung im Untersuchungsgebiet (deutsches Ostsee-Einzugsgebiet von Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein) erforderlich sind, um eine festgelegte Reduktion der Immissionsbelastung der Ostsee zu erreichen. Dabei wird eine kostenminimierende Umsetzung approximiert. Hieran schließen sich die Fragen zu der Verteilung der entstehenden Kosten insbesondere zwischen Landnutzern und der Gesamtgesellschaft im Rahmen einer zukünftigen Agrarpolitik, der Finanzierungsbedarf der Maßnahmen, die Abschätzung der Auswirkungen der empfohlenen Maßnahmen auf dritte Belange (Biodiversität, Erholungseignung, CO₂-Bewirtschaftung der Atmosphäre u. a.) sowie die Abschätzung der Effizienz der Maßnahmen aus der Perspektive des gesamten Einzugsgebietes an.

3 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt im Norddeutschen Tiefland und umfasst den Anteil der Länder Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein am deutschen Einzugsgebiet der Ostsee.

Gletscher der letzten nordeuropäischen Eiszeit (Weichsel-Eiszeit, 115.000 bis 10.000 vor heute) formten diese Jungmoränenlandschaft mit ausgeprägten Oberflächenformen (z. B. Oser, Sölle, Endmoränen).

Ca. 3/4 des Landes Mecklenburg-Vorpommerns liegen im Einzugsgebiet der Ostsee. Dabei entwässert Mecklenburg-Vorpommern eine Fläche von 18 297 km² zur Ostsee mit den größten Ostseezuflüssen von Peene (Einzugsgebiet ca. 5.100 km²) und Warnow (Einzugsgebiet ca. 3.300 km²) (vgl. LUNG 2001, BACHOR 1996). In Schleswig-Holstein liegt das Einzugsgebiet weitestgehend in dem Naturraum "Östliches Hügelland" mit den in die Ostsee entwässernden Flüssen Schlei und Trave. Dieser Hauptnaturraum nimmt ca. 42 % der Landesfläche ein (FILIPINSKI et al. 1997).

4 Vorgehensweise und Methode

4.1 Darstellung des Status-quo

Ausgangspunkt der Arbeit ist eine Ermittlung des derzeitigen Austrags eutrophierender Substanzen aus diffusen Quellen. Die Datengrundlage stellen aktuelle Veröffentlichungen und Forschungsprojekte mit Modellberechnungen für Nährstoffeinträge aus diffusen Quellen (eine Bewertung verschiedener Verfahren findet sich z. B. in SCHEER (1999)). Zusätzlich wird der Datenbestand im Interesse einer möglichst differenzierten Darstellung des Status-quo durch die Befragung von Wissenschaftlern, Experten, Ämtern und gegebenenfalls auch landwirtschaftlicher Betriebe soweit nötig erweitert und verfeinert. Eigene Messungen werden nicht durchgeführt.

4.2 Definition von Grundnutzungstypen

In einem *ersten* Schritt werden verschiedene Formen der Landnutzung auf ihren Beitrag zum Gesamtstoffaustrag hin untersucht. Innerhalb dieser Grundnutzungstypen wird auch die modifizierende Wirkung von Detailfragen der Bewirtschaftung beurteilt. Im Rahmen dieser Erhebung und Zusammenstellung physischer und ökologischer Daten sollen folgende Hypothesen geprüft werden:

Hypothesen:

- Intensiver Marktfruchtbau auf Mineralböden ist mit scharfen Zielvorgaben prinzipiell verträglich.
- Eine Erhöhung der Viehdichte erhöht das Problempotenzial.
- Die Nutzung entwässerter Niedermoore trägt in besonderem Maße zur Eutrophierungsproblematik bei.
- Regional kann zum Schutz der Ostsee auch ein größerer Waldanteil empfohlen werden.
- Details der Nutzungsformen spielen eine große Rolle.

Signifikante Unterschiede ergeben sich vermutlich durch die Art des Substrates am Standort, durch landwirtschaftliche oder forstliche Nutzung, durch die Ausrichtung der landwirtschaftlichen Produktion und das gewählte Anbauverfahren (ökologisch oder konventionell).

Mögliche Grundnutzungstypen:

Landwirtschaftliche Nutzung auf *durchlässigen* Mineralbodenstandorten (z. B. Sand)

- Marktfruchtbau
Anbauverfahren konventionell/ökologisch
- Veredelungswirtschaft / Futterbau
Verfahren konventionell/ökologisch

Landwirtschaftliche Nutzung auf *undurchlässigen* Mineralbodenstandorten (z. B. Lehm)

- Marktfruchtbau
Anbauverfahren konventionell/ökologisch
- Veredelungswirtschaft / Futterbau
Verfahren konventionell/ökologisch

Landwirtschaftliche Nutzung auf Niedermoorstandorten

- entwässert
Grünlandnutzung intensiv/extensiv
- nicht oder nur schwach entwässert

Forstwirtschaftliche Nutzung

Möglicherweise sind einzelne Nutzungstypen zusammenzufassen oder aber weiter zu untersetzen. Dies wird im Zuge der Datenerhebung geklärt. Wichtig sind innerhalb der einzelnen Nutzungstypen Detailfragen der Bewirtschaftung wie z. B. die Einhaltung von Mindestabständen zu Oberflächengewässern bei der Düngung.

Die effektive Belastung der Ostsee hängt nicht nur von der Flächenausdehnung der Grundnutzungstypen sowie der jeweiligen Detailbewirtschaftung ab, sondern auch von ihrer Lage. Höher am Oberlauf der Vorfluter liegende Flächen belasten in geringerem Maße als solche in unmittelbarer Küstennähe, da in den Vorflutern Abbau- (z. B. Denitrifizierung) oder Sedimentierungsvorgänge (besonders beim Phosphor) ablaufen. Dies lässt eine Konsistenzprüfung (Vergleich Emission/Immission) der Daten nur näherungsweise zu. Zusätzliche Komplexitäten ergeben sich aus Immissionen über den Luftweg sowie durch den direkten Grundwasserabfluss.

4.3 Umstellungsszenario

Im *zweiten* Schritt werden ein bzw. gegebenenfalls mehrere Umstellungsszenarien entworfen. In diesen Szenarien werden

- erstens Emissionsminderungsmaßnahmen innerhalb der Nutzungstypen eingeführt. Diese können Bestandteile der guten fachlichen Praxis sein, soweit sie noch nicht voll implementiert ist (z. B. bedarfsgerechte Düngerezufuhr), oder über diese hinausgehen (z. B. Einführung von Gewässerrandstreifen).
- zweitens Umkombinationen der Nutzungstypen vorgenommen. Diese können z. B. eine Rücknahme von Viehdichten in gewissen Regionen beinhalten (eher in Schleswig-Holstein als in Mecklenburg-Vorpommern). Bestimmte Grund-

nutzungstypen wie Ackerbau auf Niedermoorstandorten können gänzlich ausgeschlossen werden.

Zur Ermittlung des maximalen, zukünftig zu tolerierenden *Soll-Eintrags* eutrophierender Substanzen in die Ostsee (critical load) wird auf Vorschläge aus der Literatur zurückgegriffen. In der Regel wird von einem historischen Referenzzustand ausgegangen, wie er um 1950 bestanden hat (WULFF & NIEMI 1992). Von dieser Zielgröße muss auf den anzustrebenden *Soll-Austrag* aus der Landnutzung zurückgeschlossen werden. Die Bestimmung dieses Wertes hängt von mehreren, teils oben schon genannten Faktoren ab.

- I. nationaler Anteil am zukünftigen Soll-Eintrag
- II. Verteilung des zukünftigen Soll-Eintrages auf Hauptquellen (darunter Landnutzung)
- III. Verhältnis von diffusen Austrägen (wassergebunden und atmosphärisch) zu tatsächlichen Einträgen in die Ostsee aus diesen Quellen (z. B. Verluste durch Deposition in Transportkanälen)

Die erforderliche Emissionsminderung ergibt sich als Differenz aus bisherigem Ist-Austrag und zukünftig erwünschtem Soll-Austrag. Dem müssen die erarbeiteten Szenarien entsprechen.

4.4 Kosten

Im *dritten* Schritt werden die volkswirtschaftlichen Kosten einer Umstellung der Landnutzung auf eine ostseeschonende Wirtschaftsweise berechnet. Im Interesse einer Optimierung im Sinne der kostengünstigsten Strategie sollen prioritäre Ansatzpunkte zur Minimierung der Stoffausträge herausgearbeitet werden. An ein geschlossenes Optimierungsmodell ist nicht gedacht. Dieses wäre zu unflexibel und erbrächte eine übermäßige Belastung mit rein rechentechnischen Fragestellungen, ohne dass fundamental höherwertige Sachergebnisse absehbar wären. Ein iteratives Vorgehen bei einer Modellierung überschaubarer Teilkomplexe auf betrieblicher Ebene erscheint angemessener.

Im Anschluss an die oben in Abschnitt 4.2 formulierten Hypothesen soll den agrar- und umweltpolitischen Entscheidungsträgern ein Flächennutzungs-Mix empfohlen werden, welcher wesentliche Verbesserungen gegenüber dem Status quo hinsichtlich des Ostseeschutzes beinhaltet, innerhalb der gegebenen Wirtschafts- und Sozialstrukturen ohne übermäßige Friktionen umsetzbar und volkswirtschaftlich begründet ist.

Zwei Kostenkomponenten sind zu erwarten:

- Es wird das Volumen der Mindererzeugung landwirtschaftlicher Produkte errechnet und zu Weltmarktpreisen (oder einem noch besser begründeten Proxy) bewertet. Hierbei muss ein gegebener technologischer Stand zu einem Stichjahr unterstellt werden. Künftige Änderungen der Rahmenbedingungen (Fortentwicklungen der landwirtschaftlichen Technologie, Verzicht auf künftige Ertragssteigerungen) sind qualitativ zu berücksichtigen.

- Der höhere Aufwand beim Übergang zu emissionsärmeren Verfahren ist zu erheben und mit Näherungsgrößen für Effizienzpreise zu bewerten.

Die zweite Aufgabe ist wesentlich komplexer als die erste und wird sich auf die Klärung ausgewählter, besonders relevanter Gesichtspunkte beschränken müssen. Auch künftige technische Entwicklungen und Umorientierungen können nur qualitativ angesprochen werden. Um hier ein nicht unwichtiges Detail zu nennen: Die rasanten Leistungssteigerungen in der Milchkuhhaltung in Mecklenburg-Vorpommern – angestrebt und sogar schon realisiert sind in Betrieben Werte von über 10.000 kg pro Tier und Jahr – könnten zur Folge haben, dass die Grünlandnutzung zugunsten des Ackerfutterbaus eingeschränkt wird. Eine Ausdehnung des Silomaisanbaus kann zu einer Austragsvermehrung gegenüber Grünland führen (vgl. BOUWER et al. 1997, KRETZSCHMAR et al. 1985).

Es bietet sich an, sich in einer ersten Rechnung allein der ersten der beiden obigen Aufgaben zuzuwenden, indem die Mindererzeugung von Produkten errechnet wird, die sich bei bloßer Umkombination der Grundnutzungstypen – Vermehrung der emissionsarmen, Verminderung der emissionsreichen – ergäbe. Dies liefert die *Obergrenze* des Produktausfalls, wenn von der plausiblen Annahme ausgegangen wird, dass geeignete technische Verfeinerungen innerhalb der Grundnutzungstypen zu Emissionsminderungen ohne deren notwendige Umkombination führen können.

Jede ökonomische Analyse im Agrarsektor besitzt einen Doppelcharakter: Es müssen sowohl die volkswirtschaftlichen Kosten zu Effizienzpreisen (näherungsweise Weltmarktpreisen) als auch die erforderlichen Finanzströme einschließlich begleitender Umverteilungen nachgezeichnet werden. Die Probleme der Umsetzung sind zu erörtern. Dabei sind die während der Bearbeitungszeit zu erwartenden Weiterentwicklungen des Konzeptes der „guten fachlichen Praxis“ (z. B. BBodenSchG, § 17 DüngeVO) sowie künftige Fortentwicklungen zu beachten. Diese entscheiden nämlich darüber, wer für die Kosten des Ostseeschutzes aufkommen muss. Wird es als Bestandteil der „guten fachlichen Praxis“ definiert, auch die Eutrophierung des Meeres zu vermeiden, so haben die Betriebe selbst die Kosten zu tragen – gelten diese Maßnahmen jedoch als über die „gute fachliche Praxis“ hinausgehend, so lösen sie einen Anspruch auf Honorierung aus. Insoweit kann die geplante Arbeit auch Beiträge für ein sehr aktuelles Feld der Agrarpolitik leisten.

Es ist durchaus damit zu rechnen, dass die in den Szenarien ermittelten Umorientierungen auch positive Wirkungen auf andere Belange als die Ostsee ausüben werden. Eine landwirtschaftliche Stilllegung von Niedermooren (zumindest eine starke Reduktion der Nutzungsintensität) wird von Naturschützern seit langem auch mit Blick auf den Artenschutz gefordert. Sehr positive Wirkungen dieser Art wären auch von großzügigen Gewässerrandstreifen zu erwarten. Eine Aufforstung auf geeigneten Standorten (oder die Gewährung natürlicher Wiederbewaldung durch Sukzession) läge im Interesse einer Reduzierung des globalen atmosphärischen CO₂-Anstiegs.

Schließlich sind die Ergebnisse der Arbeit teilweise auch auf andere Länder übertragbar. Der quantitativ größte Belaster der Ostsee ist wegen des großen Anteils am Einzugsgebiet, der hohen Bevölkerung und noch geringer Ausprägung von Emissionsminderungsstrategien Polen.

5 Erste Ergebnisse

5.1 Historische Entwicklung

Die Zeit um 1940 wird in der Literatur als eine Art Wendepunkt für den Nährstoffaustrag angegeben (vgl. KRETZSCHMAR et al. 1985). Das traditionelle landwirtschaftliche Betriebssystem wies einen fast geschlossenen Stickstoffkreislauf auf (Koppelung der Bodenproduktion und tierischer Veredelung= Düngelieferant). Durch den Zwang zu Steigerung der Nahrungsproduktion in den Nachkriegsjahren und zur Orientierung an den ökonomischen Gegebenheiten des Marktes wurden die Kreisläufe geöffnet. Es setzte eine Intensivierung der landbaulichen Nutzung (v. a. der Düngung) ein, daneben wurden neue Anbau- und Bodenbearbeitungsmethoden entwickelt. Als Ursachen für die zunehmende Belastung des Grundwassers mit Stickstoff werden undichte Abwasserleitungen, Abfälle der Nahrungsmittelindustrie, Massentierhaltung und ein großflächiger Einsatz von Stickstoffdüngemitteln zur Steigerung der Nahrungsproduktion genannt (KRETZSCHMAR et al. 1985).

5.2 Ist-Zustand

Stickstoff- und Phosphorverbindungen werden mit Flusswasser und durch direktes Abwasser in die Ostsee eingeleitet und stammen aus kommunalen, industriellen und landwirtschaftlichen Quellen (LOZÁN 1996). Den größten Phosphoreintrag lieferten Punktquellen. Durch den Einsatz phosphatfreier Waschmittel und den (Aus-) Bau neuer Kläranlagen wurde dieser Anteil in den letzten Jahren wesentlich reduziert (BACHOR 1996). Für eine weitere deutliche Reduzierung der Phosphorbelastung sind künftig Maßnahmen zur Verminderung der Belastung aus diffusen Quellen durchzuführen (BACHOR 1996). Phosphor-Bilanzüberschüsse in der Landwirtschaft sorgen jährlich für die Akkumulation von Phosphor im Boden. Die mit Phosphor angereicherten Böden müssen langsam wieder abgereichert werden und weitere Akkumulationen verhindert werden (vgl. RUPP et al. 2000).

Für Stickstoffverbindungen sind die diffusen Quellen ausschlaggebend, hier spielt neben der Landwirtschaft zusätzlich der atmosphärische Eintrag eine große Rolle. Stickstoffeinträge in die Atmosphäre kommen nach ENELL & FEJES (1995) zu 60 % aus dem Ostsee-Einzugsgebiet, die restliche Menge aus den angrenzenden Gebieten. Dabei macht die atmosphärische Deposition auf das Ostseewasser 21 % des gesamten zugeführten Stickstoffs aus. Deutschland sei für 23 % der Deposition verantwortlich. Die Höhe der diffusen Emissionen aus der Landnutzung wird in Mecklenburg-Vorpommern zu 40-60 % durch Einträge aus Entwässerungssystemen, besonders aus den zu DDR-Zeiten künstlich angelegten Drainflächen verursacht (BEHRENDT 1996).

5.3 Stoffausträge aus verschiedenen Formen der Landnutzung

Neben der Landnutzung spielen die Standortbedingungen für den Stoffaustrag eine entscheidende Rolle, z. B. weist die dänische Studie von KRONVAG et al. (1993) auf die Bedeutung unterschiedlicher Bodentypen auf die Nährstoffauswaschung hin. Lehmboden führte zu einer geringeren Auswaschung von Nährstoffen als Sandboden.

Zu berücksichtigen ist auch die Hintergrundbelastung an Nährstoffen, die ohne menschlichen Einfluss existiert. Geogen bedingte Konzentrationen bzw. Emissionen für die verschiedenen Stoffe lassen sich aber nur schwer bestimmen, weil die diffusen Eintragspfade heute stark anthropogen beeinflusst sind (BEHRENDT et al. 1999).

Die Landnutzung, insbesondere die Bodennutzung, beeinflusst die stoffliche Zusammensetzung des Wassers, das in den Vorflutern abfließt. Mit steigender Intensität der Bodennutzung nimmt der Konflikt zwischen Landwirtschaft und Gewässerschutz zu. Nach SCHEFFER et al. (1984) und DEUTSCHE BODENKUNDLICHE GESELLSCHAFT (1992) ergibt sich die nachstehende Reihenfolge mit zunehmendem N-Belastungspotential von landwirtschaftlichen Produktionssystemen in Abhängigkeit von der Kulturart:

Nadelwald < Laubwald = verbuschtes Brachland < ungedüngtes Grünland < gedüngtes Grünland (bis 200kg N/ha) < Acker (Hackfrüchte, Getreide) < Acker mit Zwischenfrucht (Nichtleguminosen, Abernten der Zwischenfrucht) < Acker ohne Zwischenfrucht < mehrjährige Ackerbrache (zum Zeitpunkt des Umbruches) < Schwarzbrache

In Bezug auf die Phosphorbelastung müssen vor allem die viehhaltenden Betriebe genannt werden.

Danksagung

Prof. Dr. U. Hampicke und Dipl. Biologe T. Beil danke ich für ihre Unterstützung bei der Ausarbeitung dieses Forschungsvorhabens.

Literatur

- BACHOR, A. (1996): Nährstoffeinträge aus Mecklenburg-Vorpommern in die Ostsee 1990-1995. – Wasser & Boden, 48: 33-36.
- BEHRENDT, H. (1996): Quantifizierung der Nährstoffeinträge aus Flußgebieten des Landes Mecklenburg-Vorpommern. – Materialien zur Umwelt in Mecklenburg-Vorpommern; Schwerin (Landesamt für Umwelt und Natur Mecklenburg-Vorpommern).
- BEHRENDT, H., GELBRECHT, J., HUBER, P., LEY, M., UEBE, R. & FAIT, M. (1999): Geogen bedingte Grundbelastung der Fließgewässer Spree und Schwarze Elster und ihrer Einzugsgebiete. – Studien und Tagungsberichte, Potsdam (Landesumweltamt Brandenburg).
- BOUWER, W., GÄTH, S. & FREDE, H.-G. (1997): Vergleich dreier Instrumente zur Abschätzung und Kontrolle der nutzungsbedingten Nitratauswaschung auf auswaschungsgefährdeten Standorten. – Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung, 38: 154-160; Berlin (Blackwell Wissenschafts-Verlag).
- DEUTSCHE BODENKUNDLICHE GESELLSCHAFT (1992): Strategien zur Reduzierung standort- und nutzungsbedingter Belastungen des Grundwassers mit Nitrat. – Arbeitsgruppe Bodennutzung in Wasserschutz- und -schongebieten, Oldenburg.

- DVWK (1994): Verminderung des Stickstoffaustrags aus landwirtschaftlich genutzten Flächen in das Grundwasser – Grundlagen und Fallbeispiele. – DVWK-Fachausschuss "Bodennutzung und Nährstoffaustrag". Schriften, 106; Bonn (Wirtschafts- und Verl.-Ges. Gas und Wasser).
- ENELL, M. & FEJES, J. (1995): The Nitrogen Load to the Baltic Sea – Present Situation, Acceptable Future Load and Suggested Source Reduction. – *Water, Air and Soil Pollution*, 85: 877-882.
- FILIPINSKI, M., CORDSON, E. & GRUNWALDT, H.-S. (1997): Bodennutzung und Nutzungswandel in Schleswig-Holstein. – *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 84: 211-214.
- GREN, I.-M., TURNER, K. & WULFF, F. (Hrsg.) (2000): *Managing a Sea; The Ecological Economics of the Baltic*. – London (Earthscan).
- HELCOM (1983): *Convention on the Protection of the Marine Environment of the Baltic Sea Area; Helsinki Convention 1974 – 1984; Goals and Achievements*. – Helsinki Commission.
- HELCOM (2002): *Activities 2001– Overview*. – *Baltic Sea Environment Proceedings*, 84.
- KRETZSCHMAR, R., NEUHAUS, H., SCHEFFER, B., SCHMIDT, W.-D. & WALTHER, W. (1985): *Bodennutzung und Nitrataustrag*. – DVWK Schriften; (Paul Parey).
- KRONVAG, B., ÆRTEBJERG, G., GRANT, R., KRISTENSEN, P., HOVMAND, M. & KIRKEGAARD, J. (1993): *Nationwide Monitoring of Nutrients and Their Ecological Effects: State of the Danish Aquatic Environment*. – *Ambio*, 22 (4): 176-187.
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (2001): *Arbeitshilfe zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie*. – Unterausschüsse des EU-Kontaktausschusses Vorarbeiten zur fachlichen und rechtlichen Umsetzung der EG – Wasserrahmenrichtlinie – Stand: 20.02.2001.
- LANDESAMT FÜR UMWELT, NATUR UND GEOLOGIE MECKLENBURG-VORPOMMERN (LUNG) (2001): *Kommunale Abwasserentsorgung im Land Mecklenburg-Vorpommern. Lagebericht 2001*. – Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie; Güstrow.
- LARSSON, U., ELMGREN, R. & WULFF, F. (1985): *Eutrophication and the Baltic Sea: Causes and Consequences*. – *Ambio*, 14 (1): 9-14.
- LOZÁN, J., LAMPE, R., MATTHÄUS, W., RACHOR, E., RUMOHR, H. & v.WESTERNHAGEN, H. (Hrsg.) (1996): *Warnsignale aus der Ostsee*. – 384 S.; Berlin (Parey).
- PITKÄNEN, H. & LÄÄNE, A. (2001): *Evaluation of the Implementation of the 1988 Ministerial Declaration regarding Nutrient Load Reductions – Working Document – for Helsinki Commission*. – Finnish Environment Institute.
- ROSENBERG, R., ELMGREN, R., FLEISCHER, S., JONSSON, P., PERSSON, G. & DAHLIN, H. (1990): *Marine Eutrophication Case Studies in Sweden*. – *Ambio*, 19 (3): 102-108.
- RUPP, H., KALBITZ, K. & MEISNER, R. (2000): *Folgewirkungen einer veränderten Landnutzung im Drömling auf den Phosphoreintrag in die Gewässer*. – *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 92: 190-193.
- SCHEER, C. (1999): *Bewertung verschiedener Verfahren zur Quantifizierung diffuser Nährstoffeinträge in Oberflächengewässer*. – Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.(DVWK). Materialien; Bonn (DVWK).
- SCHEFFER, B., WALTHER, W., KRETZSCHMAR, R., SCHMIDT, W.-D. & HEUHAUS, H. (1984): *Zum Einfluß der Bodennutzung auf den Nitrataustrag*. – *Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung*, 25: 227-235; Berlin, Hamburg (Paul Parey).
- WERNER, W. (1989): *Stickstoff- und Phosphorbelastung der Fließgewässer aus der Landwirtschaft und die Möglichkeiten zur Verminderung*. – [In:] AMK Berlin (ed.): *Symposium "Wasser"*. Vorabdruck des Manuskriptes.
- WULFF, F. & NIEMI, A. (1992): *Priorities for the Restoration of the Baltic Sea – A Scientific Perspective*. – *Ambio*, 21 (2): 193-195.

Autorin

Melanie Mewes
 Botanisches Institut
 Lehrstuhl für Landschaftsökonomie
 Universität Greifswald
 Grimmer Str. 88
 D-17487 Greifswald

E-mail: mewes@uni-greifswald.de

