

Melanie MEWES

Kosten-Wirksamkeitsanalyse von Gewässerschutzmaßnahmen zur diffusen Nährstoffreduktion – deutsches Ostseeinzugsgebiet

Cost-effectiveness-analysis of water protection measures according to diffuse nutrient reduction – German Baltic Sea catchment area

Abstract

For the protection of the Baltic Sea the reduction of nutrient emissions by diffuse sources is a key factor. In this paper an extended summary of a doctoral thesis is presented dealing with cost-effective solutions for diffuse nutrient load reductions to the German part of the Baltic Sea by minimal social costs. The calculation of these costs is of great importance for policy-makers willing to achieve an obliged reduction goal at minimal costs. Therefore, after determining the load case (nutrient surplus, nutrient emissions and immissions) the reduction potential of the investigated area is found out by linking land use and soil types. A cost-effectiveness-analysis of considered abatement measure is carried out for different reduction objectives. Concluding, policy recommendations can be derived by the results of this study delivering a first insight and basic information for the strategic orientation of the water protection policy. For example the results show a great influence of the measure “advisory service” and its rate of implementation, so the cooperation between land- and water management has to be strengthened. The approach of this study is also of significance for the implementation of the European Water Framework Directive.

Keywords: Baltic Sea, Mecklenburg-West-Pomerania, Schleswig-Holstein, cost-effectiveness, diffuse nutrient inputs

1 Einleitung

In die Ostsee werden trotz großer Reduktionsanstrengungen noch hohe Nährstoffmengen an Stickstoff und Phosphor eingetragen, die z. B. zu Algenblüten und Sauerstoffzehrung führen. Da vor allem im Bereich der punktuellen Quellen Reduktionserfolge erzielt wurden, haben in den letzten Jahren Nährstoffausträge aus

diffusen Quellen der Landnutzung in die Ostsee an Bedeutung gewonnen. Maßnahmen zur Reduktion dieser Einträge umfassen Änderungen innerhalb der Flächennutzung oder machen eine Umwandlung der bestehenden Nutzung erforderlich. Reduktionsmaßnahmen rufen dabei Kosten z. B. durch Ertragsrückgänge und/oder einen höheren Aufwand bei der Bewirtschaftung hervor. Diese Thematik wurde im Rahmen eines Promotionsstipendiums der Deutschen Bundesstiftung Umwelt bearbeitet (vgl. Mewes 2006a,b, 2002). Ziel der Arbeit war es, Landnutzungsszenarien mit minimalen volkswirtschaftlichen Kosten für feststehende Nährstoffreduktionsziele zu entwickeln. Den agrar- und umweltpolitischen Entscheidungsträgern wird so ein Flächennutzungs-Mix empfohlen, welcher wesentliche Verbesserungen gegenüber dem Status Quo hinsichtlich des Ostseeschutzes beinhaltet.

Im Folgenden wird eine erweiterte Zusammenfassung der gesamten Promotionsarbeit präsentiert. Nach einer kurzen Darstellung der einzelnen Vorgehensschritte (Status Quo mit Nährstoffbilanzen, Emissionen und Immissionen, Reduktionspotenzial, Kosten-Wirksamkeits-Berechnungen) wird auf die Ergebnisse der Kosten-Wirksamkeitsanalyse und daraus abzuleitender Empfehlungen eingegangen.

2 Vorgehensweise

Die Studie basiert auf verfügbaren Nährstoffemissionsdaten für sechs diffuse Eintragungspfade für das deutsche Ostsee-einzugsgebiet von Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein (eingeteilt in 19 Flussgebiete), auf digitalen Landnutzungs- und Bodendaten für das Untersuchungsgebiet (Bodenübersichtskarte 1:1.000.000, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und für Mecklenburg-Vorpommern zudem die „Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung“ 1:100.000, Geologisches Landesamt Mecklenburg-Vorpommern) und zusätzlich auf Literaturlauswertungen. Für die Kostenberechnungen werden standardisierte Kalkulationstabellen für die Landwirtschaft zugrunde gelegt (vgl. Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein 2003, Lfa-MV 2003). Fünf der betrachteten Flussgebiete liegen mit einem Anteil von 23 % in Schleswig-Holstein, die übrigen mit einem Anteil von 77 % in Mecklenburg-Vorpommern (die Flussgebiete Uecker und Randow entfallen zu einem kleinen Teil auch auf Brandenburg) (Abb. 1).

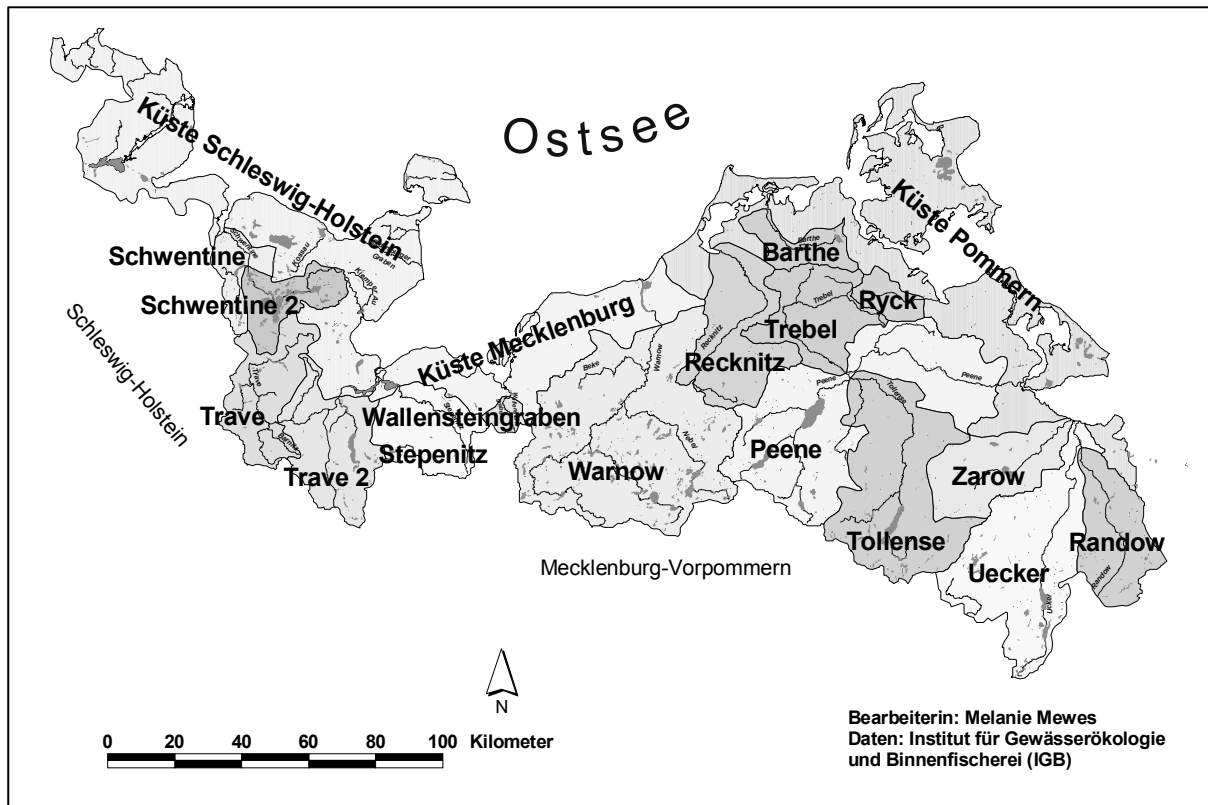


Abb. 1 Untersuchungsgebiet: Ostsee-einzugsgebiet von Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein aufgeteilt in 19 Flussgebiete

Abbildung 2 veranschaulicht in verkürzter Form die Vorgehensweise der Arbeit (ausführlich vgl. Mewes 2006). Ausgangspunkt ist die Bestandsaufnahme der Nährstoffbelastung mit der Abfolge Nährstoffüberschüsse auf der Fläche, der Austrag von Nährstoffen von der Fläche in die Fließgewässer und unter Berücksichtigung von Retentionsprozessen anschließend der Eintrag von Nährstoffen in das Meer. Hieran schließt sich die Definition eines bzw. mehrerer alternativer gewünschter Reduktionsziele für den Nährstoffeintrag in die Ostsee an. Nach einer Umrechnung der Emissionen auf Landnutzungsformen sind Reduktionspotenziale des Untersuchungsgebietes zu ermitteln. Zur Erreichung eines Reduktionszieles werden Reduktionsmaßnahmen und deren Wirksamkeit, d. h. die reduzierbare Nährstoffmenge, festgelegt. Nach der Berechnung der Kosten der Maßnahmen in den einzelnen Flussgebieten werden über einen Vergleich der Kosten-Wirksamkeiten der Maßnahmen die Flussgebiet-Maßnahmenkombinationen ermittelt, mit denen das Reduktionsziel zu minimalen volkswirtschaftlichen Kosten erreicht wird.

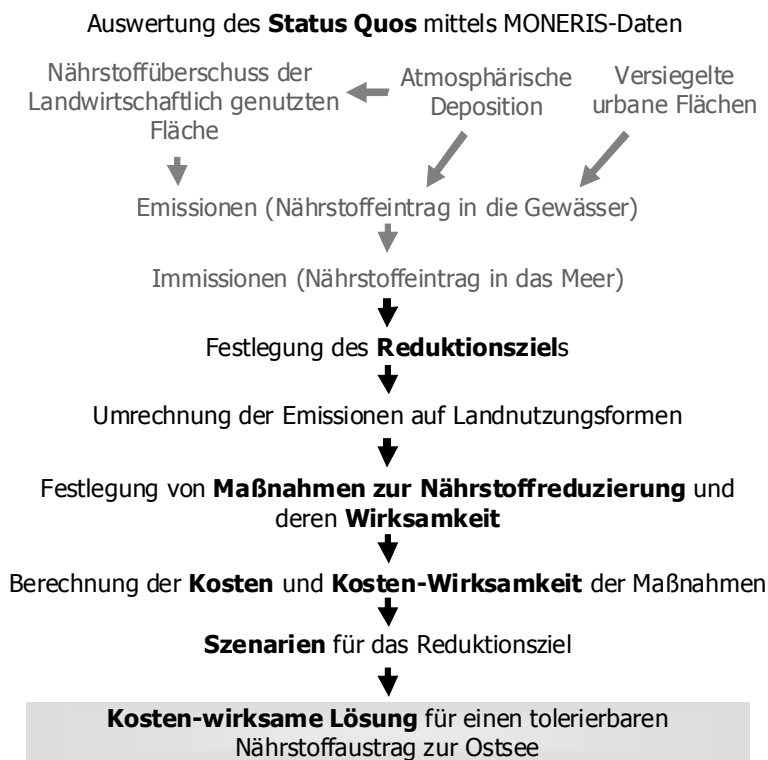


Abb. 2 Vorgehensweise

2.1 Emissionen, Immissionen und Reduktionsziel

Die Emissionsdaten wurden vom Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei in Berlin zur Verfügung gestellt und dort mit dem Modell MONERIS (vgl. BEHRENDT et al. 1999, 2002) gemittelt für die Jahre 1998-2000 berechnet. Erfasst sind die diffusen Pfade Grundwasser, Dränung, Erosion, Oberflächenabfluss, Urbaner Eintrag und atmosphärische Deposition. Aus dem Untersuchungsgebiet (23.285 km²) werden nach dem Modell insgesamt 26.175 t N/a und 925 t P/a aus diffusen Quellen in die Fließgewässer emittiert. Haupteintragspfade sind Dränung (44 %) und Grundwasser (42 %) für Stickstoff und Erosion (41 %) und Grundwasser (27 %) für Phosphor. Deshalb müssen sich Reduktionsmaßnahmen auf die Einträge aus Dränung, Grundwasser und Erosion konzentrieren. Mit Hilfe von Retentionsfaktoren nach MONERIS werden aus den Emissionswerten die Immissionen errechnet, die sich auf diffuse Quellen zurückführen lassen. Von diesen Immissionen ausgehend werden die folgenden zwei Reduktionsziele formuliert: eine 25 %ige Reduktion (entspricht 3.480 t Stickstoff und 102 t Phosphor) und eine 50 %ige Reduktion (entspricht 6.960 t Stickstoff und 204 t Phosphor) der diffusen Nährstoffeinträge in die Ostsee.

2.2 Nährstoffausträge unter verschiedenen Landnutzungen und Reduktionspotenzial

Da das Modell MONERIS Emissionen nicht nach Landnutzung differenziert, musste eine Umrechnung der Emissionen auf Landnutzungsformen selbst vorgenommen werden. Hierfür wurden über eine Literaturstudie Verhältnisse von Stoffausträgen der Nutzungen Wald zu Grünland zu Acker abgeleitet. Um das Reduktionspotenzial im Gebiet zu bestimmen, wurden digitale Daten zur Landnutzung und zum Boden (Bodenübersichtskarte 1.000 und Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung) herangezogen. Mit der Verknüpfung von Landnutzungs- und Bodendaten lassen sich Flächen mit hohem Reduktionspotenzial ausweisen, auf denen vorrangig Reduktionsmaßnahmen durchgeführt werden sollten. Zum Beispiel befinden sich ca. 20 % des Ackerlandes auf Sandboden mit hoher Stoffaustragsgefährdung.

2.3 Nährstoffreduktionsmaßnahmen: Wirksamkeit, Kosten und Kosten-Wirksamkeit

Ebenfalls mit Hilfe einer Literaturstudie wurden Maßnahmen und deren Wirksamkeit zur Nährstoffreduktion aufgestellt. Folgende Reduktionsmaßnahmen werden im Weiteren untersucht:

1. Beratung für eine gewässerschonende Landnutzung,
2. Maßnahmen innerhalb der Tierhaltung,
3. Umwandlungen der Ackernutzung auf Sandboden in
 - a) extensive Ackernutzung,
 - b) extensives Grünland,
 - c) Aufforstung mit und ohne anschließende Nutzung und
 - d) Dauerstilllegung,
4. (Wieder-)Einrichtung von Feuchtgebieten auf Moorboden und
5. Gewässerrandstreifen.

Für den Vergleich der Reduktionsmaßnahmen wird eine Kosten-Wirksamkeits-Analyse durchgeführt. Dazu werden die Wirksamkeiten und Kosten der einzelnen Maßnahmen berechnet.

Die Maßnahme Beratung umfasst vor allem den Bereich Pflanzenbau mit zahlreichen standortspezifischen Einzelmaßnahmen. Die Wirksamkeit der Beratung hängt von dem einzelwirtschaftlich rentablen Reduktionspotenzial ab sowie der Realisierung dieses Potenzials (vgl. Böhm et al. 1999). Die unterschiedliche Ausstattung der Betriebe führt zu betriebsindividuellen Lösungen, die über allgemeine und pauschale Berechnungen nur grob abgebildet werden können. Außerdem kann nicht davon ausgegangen werden, dass die Landwirte nach der Beratung die Maßnahmen vollständig umsetzen. Deshalb wird für die Beratung vergleichend angenommen, dass die Vorschläge zu 50 % und zu 100 % umgesetzt werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass die aufgrund der Beratung

durchgeführten betriebsindividuellen Änderungen für den Landwirt kostenneutral erfolgen, d. h. dass sich für den Landwirt Einsparungen (z. B. Dünger) und Umstellungsaufwendungen ausgleichen. Für das zugrunde gelegte Reduktionspotenzial der Maßnahme Beratung fallen somit nur Beraterkosten für die Reduktion von N und P an. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf und ist in Zukunft zu prüfen, inwieweit – je nach Standortbedingungen – ggf. doch Kosten auftreten, die berücksichtigt werden müssen. Kosten entstehen auch dann, wenn über das kostenneutrale Beratungspotenzial hinaus Nährstoffe reduziert werden sollen. Dies sollte Gegenstand zukünftiger Untersuchungen sein. Maßnahmen innerhalb der Tierhaltung fließen wegen der schwierigen Datengrundlage und des nicht eindeutigen Anteils der NH_3 -Emissionen an dem Austragspfad „atmosphärische Deposition“ nicht in die Kosten-Wirksamkeitsanalyse mit ein. Die Tierhaltung wird nur über die Maßnahme Beratung mit in die Szenarien einbezogen, d. h. über die Beratung wird die Verteilung und Anrechnung des organischen Düngers auf der Fläche mit erfasst.

Am Beispiel der Maßnahme 3c) „Umwandlungen der Ackernutzung auf Sandboden in Aufforstung ohne anschließende Nutzung“ wird die Berechnung der Wirksamkeit und Kosten demonstriert: Wird Acker in Wald umgewandelt, ist langfristig (nach einer Aushagerung der Flächen) mit einer Verminderung des Stickstoffaustrags um ca. 95 % zu rechnen, wenn die Einträge über die atmosphärische Deposition zurückgehen und der Wald nicht genutzt wird. Für Phosphor wird von einer Reduktion des Austrags über Grundwasser und Dränung von 99 % ausgegangen. Wird die Maßnahme „Umwandlung in Wald“ für eine Nährstoffreduzierung herangezogen, muss im Einzelfall überprüft werden, ob dies auch im Hinblick auf die Grundwasserneubildung sinnvoll erscheint. Für die Kostenberechnung müssen neben den Kosten für die Aufforstung (Kulturkosten) die Opportunitätskosten der Ackernutzung auf Sandboden berücksichtigt werden. Diese werden in dieser Arbeit über die Verfahrensleistung der Produktionsverfahren ohne die Einrechnung von Prämien berechnet.

Mithilfe der Kosten und Wirksamkeiten der Maßnahmen lassen sich anschließend die jeweiligen Kosten-Wirksamkeiten (= Kosten der Maßnahmen bezogen auf eine reduzierte Nährstoffeinheit) angeben. Diese bilden die Grundlage für die Szenarienbildung. Minimum- und Maximumangaben berücksichtigen die Unsicherheiten in Bezug auf die Daten. Um die festgelegten Reduktionsziele zu erreichen, werden sowohl für Stickstoff als auch für Phosphor Ranglisten – sortiert nach der Kosten-Wirksamkeit – mit den jeweiligen Flussgebiet-Maßnahmenkombinationen aufgestellt (vgl. Tab. 1). Dafür wird ein „worst case“ Szenario unterstellt, d. h. es werden maximale Kosten-Wirksamkeiten und minimale Wirksamkeiten verglichen.

Tab. 1 Verkürzte Flussgebiets-Maßnahmentabelle für das 25 %-Reduktionsziel für Stickstoff bei 50 %-Umsetzung der Beratung

| Flussgebiete | Maßnahme* | Fläche [km ²] | Kosten- Wirksamkeit [€/kg N _{red}] | Gesamt- wirksamkeit [t N/a] | Gesamtkosten [€/a] |
|--------------------|-----------|------------------------------|--|-----------------------------------|-----------------------|
| Trave | BeLe50 | 479 | 2,0 | 145 | 287.395 |
| Schwentine | BeLe50 | 117 | 2,2 | + 32 | 70.113 |
| Küste Schleswig-H. | BeLe50 | 2.099 | 2,5 | + 494 | 1.259.276 |
| Stepenitz | BeLe50 | 534 | 2,8 | ... 116 | 320.356 |
| Trave | DaSa | 114 | 2,9 | 151 | 444.947 |
| Barthe | BeLe50 | 165 | 3,2 | 31 | 99.154 |
| Schwentine | DaSa | 9 | 3,4 | 10 | 34.329 |
| Wallensteingraben | BeLe50 | 84 | 3,5 | 14 | 50.281 |
| Zarow | FeMo | 59 | 62,0 | 6 | 349.520 |
| Küste Schleswig-H. | GULe | 21 | 68,1 | 10 | 693.238 |
| Randow | FeMo | 63 | 85,0 | 4 | 371.058 |
| Gesamt | | 17.140 | | 3.481 | 34.186.774 |

* BeLe50 = Beratung auf Lehm Boden 50 %-Umsetzung, DaSa = Dauerstilllegung auf Sandboden, GULe = Grünland-Uferrandstreifen auf Lehm Boden, FeMo = Feuchtgebiete auf Moorboden

Tabelle 1 gibt eine verkürzte Flussgebiets-Maßnahmentabelle wieder. Die Flussgebiet-Maßnahmenkombinationen sind nach Kosten-Wirksamkeit und Wirksamkeit sortiert. Die Gesamtwirksamkeit wird solange aufsummiert, bis das Reduktionsziel erreicht ist. Alle aufsummierten Maßnahmen müssten in den entsprechenden Flussgebieten umgesetzt werden, um das festgelegte Reduktionsziel kostengünstig zu erreichen.

3 Ergebnisse und Diskussion

Um gleichzeitig 25 % der Stickstoff- und Phosphorimmissionen in die Ostsee zu reduzieren, werden bei einer 50 %igen Umsetzung der Beratung $34 \cdot 10^6$ €/a bzw. 20 €/ha·a bezogen auf die betrachtete Ackerfläche (17.140 km²) veranschlagt. Die wichtigsten Maßnahmen sind eine Beratung der Landwirte für Lehm Boden und teilweise die Anlage von Grünland-Uferrandstreifen, die Dauerstilllegung der Flächen auf Sandboden und die Errichtung von Feuchtgebieten auf Niedermoorboden. Wird eine 100 %ige Umsetzung der Beratung vorausgesetzt, sinken die Kosten auf ca. $12,3 \cdot 10^6$ €/a bzw. 8 €/ha·a mit einer flächendeckenden Beratung für Sand- und Lehm Boden und mit Feuchtgebieten auf einem geringen Flächenanteil. Abbildung 3 veranschaulicht die Gesamtkosten des 25 %-Reduktionsziels für Stickstoff.

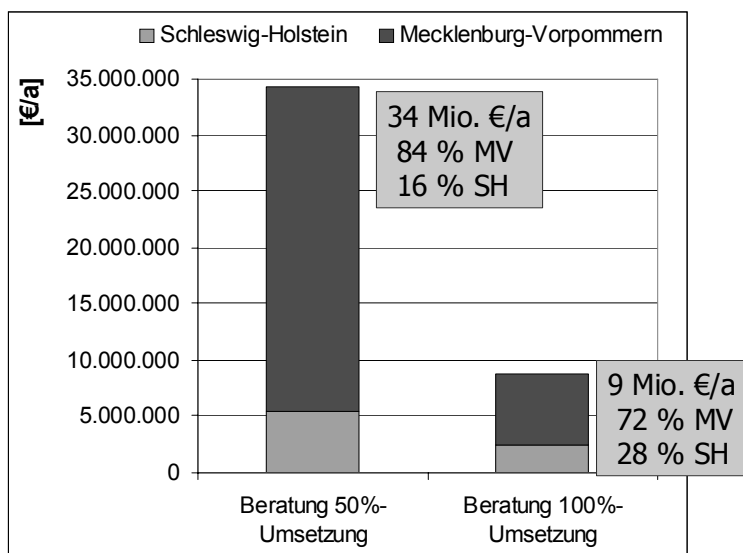


Abb. 3 Gesamtkosten des 25%-Reduktionsziels für Stickstoff [€/a]

Eine vollständig umgesetzte Beratung führt gegenüber einer 50 %-Umsetzung zu einer Kosteneinsparung von 25 Millionen €/a (=74 %). Gleichzeitig sinken die Kosten für Mecklenburg-Vorpommern (bzw. erhöhen sich die Kosten für Schleswig-Holstein) um 12 %. Hieran wird der große Einfluss der Beratung auf die Kosten sichtbar. Ist das Reduktionspotenzial über die Beratung abgeschöpft, kommt es zu einem Sprung in den Kosten, die sich deutlich erhöhen. Bei gleichzeitiger Reduktion von Stickstoff und Phosphor kommt es nur zu geringfügigen Kostensteigerungen gegenüber der Reduktion nur eines Nährstoffs, da die betrachteten Maßnahmen sowohl auf Stickstoff als auch auf Phosphor wirken.

Eine Reduktion von 50 % der Immissionen ist mit den vorgeschlagenen Maßnahmen nicht möglich. Bei der maximalen Wirksamkeit der Maßnahmenkombinationen können mit Kosten in Höhe von $103 \cdot 10^6$ €/a bzw. 60 €/ha·a 35 % der Stickstoff- und 27 % der Phosphorimmissionen bei einer Beratung mit 50 %-Umsetzung (47 % Stickstoff bzw. 36 % Phosphor bei vollständiger Umsetzung) reduziert werden. Hierzu ist auf Lehmböden neben einer Beratung der Landwirte die Anlage von Grünland-Uferrandstreifen notwendig. Auf den Flächen mit Sandböden ist eine Aufforstung ohne anschließende Nutzung durchzuführen und die Niedermoorstandorte sind als Feuchtgebiete zu entwickeln.

Die Ergebnisse der Szenarien lassen sich in vielerlei Hinsicht diskutieren und einordnen. Zum Beispiel wirken sich irrtümliche Annahmen in Bezug auf die Maßnahme Beratung deutlich auf das Endergebnis aus. Gleichzeitig zeigt sich das große Reduktionspotenzial dieser Maßnahme, wenn die Annahmen zu der Beratung stimmen. Die Ergebnisse der Szenarien vermitteln einen wichtigen Anhaltspunkt für die Gesamtausrichtung von Maßnahmen zur Reduktion der Gewässerbelastung. Sollen andere Belange wie z. B. Artenschutz einbezogen werden, sind Nebenbedingungen bei der Berechnung der Szenarien einzuführen.

Zusammenfassend ist bei der Aufstellung von Landnutzungsszenarien zur Reduzierung von Nährstoffeinträgen zu beachten, dass Generalisierungen notwendig sind, um Aussagen für ein großes Einzugsgebiet zu erarbeiten. Da die

Berechnungen auf Durchschnittswerten beruhen und nur das Ziel der Nährstoffreduktion berücksichtigen, sind die Ergebnisse als Orientierungswerte und erste Größenordnungen anzusehen, die eine wichtige Informationsgrundlage für die strategische Ausrichtung der Gewässerschutzpolitik liefern sollen. Bedeutung gewinnen derartige Landnutzungskonzepte auch im Rahmen der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (Aufstellung der Maßnahmenprogramme).

Literatur:

- Behrendt H, Bach M, Kunkel R, Opitz D, Pagenkopf WD, Scholz G & Wendland F (2002) Quantifizierung der Nährstoffeinträge der Flussgebiete Deutschlands auf der Basis eines harmonisierten Vorgehens. Abschlußbericht zum UBA-Projekt 29922285, 195 S, Berlin.
- Behrendt H, Huber P, Kornmilch, M, Opitz, D, Schmoll, O, Scholz, G. & Uebe, R. (1999) Nährstoffbilanzierung der Flussgebiete Deutschlands. Forschungsbericht 296 25 515, Umweltbundesamt Texte 75/99, Berlin.
- Böhm E, Hillenbrand T, Walz R, Borchardt D & Henke S (1999) Maßnahmenplan Nachhaltige Wasserwirtschaft – Handlungsschwerpunkte für einen zukunftsorientierten Umgang mit Wasser in Deutschland. Texte 25/99, Umweltbundesamt, Berlin.
- LFA-MV (Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern) (Hrsg.) (2003) Agrarprofi M-V – Ratgeber für die Landwirtschaft in Mecklenburg-Vorpommern – Pflanzenproduktion. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, AgriMedia.
- Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (Hrsg.) (2003) Kalkulationsdaten. Kiel.
- Mewes M (2006a) Die volkswirtschaftlichen Kosten einer Stoffausträge in die Ostsee minimierenden Landnutzung. Diss. Uni Greifswald, Shaker-Verlag, Aachen. 352 S.
- Mewes M (2006b) Stoffausträge aus der Landnutzung und deren Vermeidungskosten – Ostsee-einzugsgebiet von Deutschland, Rostocker Meeresbiologische Beiträge 15, S. 75-86, Rostock.
- Mewes M (2002) Die volkswirtschaftlichen Kosten einer Stoffausträge in die Ostsee minimierenden Landnutzung – Vorstellung des Forschungsvorhabens. Rostocker Meeresbiologische Beiträge 11, S. 79-88, Rostock.

Autorin:

Melanie Mewes
Department Ökonomie, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ
Permoserstraße 15
04318 Leipzig

email: melanie.mewes@ufz.de