

Quantifizierung diffuser Nährstoffeinträge - Vergleichende Bewertung mesoskaliger Modelle

Von dem Fachbereich Bauingenieur- und Vermessungswesen
der Universität Hannover
zur Erlangung des Grades eines

Doktor-Ingenieur

- Dr.-Ing. -

genehmigte Dissertation

von

Dipl.-Biol. Carsten Scheer

geboren am 31.12.1967 in Hannover

2005

Zusammenfassung

Schlagwörter: Diffuse Nährstoffeinträge, Bewertung mesoskaliger Modelle, EG-Wasserrahmenrichtlinie, Bewertungsmatrix

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden mesoskalige Emissionsmodelle zur Quantifizierung diffuser Nährstoffeinträge in Gewässer untersucht und vergleichend bewertet.

Den Hintergrund für diese Arbeit stellen die Umweltziele der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) dar. Sie können nur erreicht werden, wenn die Belastung der Gewässer durch diffuse Einträge verringert wird. Eine Grundvoraussetzung dafür ist, dass die diffusen Nährstoffeinträge zuverlässig quantifiziert und räumlich zugeordnet werden können. Hierfür ist der Einsatz von Modellen erforderlich. Erst auf Basis dieser Informationen können zur Verringerung der Belastung zielführende Bewirtschaftungsmaßnahmen abgeleitet werden.

Hinsichtlich der Frage, inwieweit die existierenden Modelle diese Anforderungen zu erfüllen vermögen, bestehen aktuell Wissensdefizite, die dadurch resultieren, dass differenzierte Modellvergleiche bisher nicht durchgeführt wurden. Hieraus ergeben sich die wesentlichen Zielstellungen der vorliegenden Arbeit: 1.) Auswahl und parallele Anwendung der Modelle in repräsentativen Untersuchungsgebieten, 2.) Ableitung von Bewertungskriterien und Entwicklung eines Bewertungssystems, das eine möglichst objektive und differenzierte Bewertung zulässt, 3.) vergleichende Bewertung der Modelle hinsichtlich ihrer Eignung zur Umsetzung der Anforderungen der WRRL.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit offenbaren erhebliche Unterschiede zwischen den 4 betrachteten Modellen. Dies bezieht sich neben den absoluten Stickstoff- und Phosphoreinträgen ebenso auf einzelne Eintragspfade und Landnutzungen sowie auf den Abgleich mit an den Auslasspegeln ermittelten Frachten. Die eingehende Analyse der Berechnungsansätze der 4 Modelle für die einzelnen Eintragspfade zeigt, dass diese Differenzen vor allem darauf zurückzuführen sind, inwieweit die Modelle Abhängigkeiten berücksichtigen, die die Eintragsituation in unterschiedlichen Naturräumen abzubilden vermögen. Fehlt hier die erforderliche Variabilität, kann die Spannweite möglicher Ergebnisse nicht wiedergegeben werden. Besonders bedeutsam ist dies bei den Prozessen, die einen maßgeblichen Einfluss auf die Höhe des Nährstoffeintrages über die einzelnen Pfade ausüben.

Die Untersuchung der Modelle hinsichtlich ihrer Fähigkeit, Belastungsschwerpunkte auszuweisen und auf Basis dieser Ergebnisse räumlich und eintragspfadspezifisch differenzierte Maßnahmen abzuleiten (Herkunftsanalyse), zeigt, dass dies vor allem aufgrund der ungenügenden Auflösung maßgeblicher Eingangsvariablen nicht zuverlässig möglich ist.

Dagegen erlauben es die Modelle bei spezifischen Standortbedingungen z.T., kleinräumig differenzierte Belastungspotenziale abzubilden. Solche Informationen können ggf. Hinweise darauf geben, wo Maßnahmen effektiv anzusetzen sind.

Anhand der im Rahmen dieser Arbeit erzielten Ergebnisse und insbesondere aus der Analyse der Defizite der Emissionsmodelle ist deutlich geworden, dass es einer nicht unerheblichen Optimierung der mesoskaligen Emissionsmodellierung bedarf, um den Anforderungen der WRRL gerecht zu werden. Dies gilt vor allem auch für die Notwendigkeit, bei der Quantifizierung diffuser Nährstoffeinträge die Gebietscharakteristika unterschiedlicher Naturräume zu berücksichtigen und modellspezifisch zu erfassen; dies ist bisher nur bedingt gewährleistet.

Summary

Keywords: diffuse nutrient entries, assessment of mesoscale models, Water Framework Directive, assessment matrix

Within the course of this treatise certain mesoscale models quantifying diffuse emissions into river systems are examined and comparatively assessed.

The environmental objectives of EC's Water Framework Directive (WFD) outline the background of this thesis. They can only be achieved by diminishing the waters' pressures of diffuse entries. In order to do so, one basic premise is a reliable quantification of nutrient inputs together with a spatial allocation. Making use of certain models is a prerequisite therefore. Only on the basis of this information measures can be devised, which are determined to diminish the pressures. Currently, there is a lack of knowledge with regard to the question, whether the existing models are able to meet these requirements, because there have not yet been carried out differentiated comparisons of these models. This is where the main objectives of this thesis derive from: 1.) Choice and, in parallel, application of the models in representative study areas, 2.) Derivation of assessment criteria as well as development of an assessment system, which allows a most objective and differentiated assessment, 3.) comparative assessment of the models with regard to their suitability to meet the requirements of the WFD.

The results of this work reveal considerable differences between the 4 models observed, with respect to the absolute entries of nitrogen and phosphorus as well as to particular pathways of emission along with use of land and, furthermore, to the comparison between the calculated loads of the catchment areas.

Regarding the particular pathways, the comprehensive analysis of the calculation approaches of all 4 models reveals, that these differences are primarily due to the quantity, how far the models take certain effects into consideration, which have an influence on the situation of diffuse entries in different areas of nature. If the necessary variability is missing, the range of possible results cannot properly be displayed. This point, however, is remarkably important for processes, which influence the total of nutrient entries via the particular pathways to a high degree.

The examination of the models with respect to their ability first, to disclose regional focuses of pressure and second, based on these results, to derive actions specific to both area and pathways, reveals, that this is not consistently possible, because of the unsatisfactory spatial resolution of relevant key input variables.

Then again, under specific site conditions, the models partly allow to display differentiated potential focuses of pressure on a small scale. Such information can perhaps indicate where to initiate measures effectively.

By means of the results obtained in the course of this work and especially by the analysis of deficits within the emission models, it has become obvious, that a quite extensive optimisation of mesoscale modelling of diffuse entries is necessary in order to meet the requirements of the WFD. This is all the more appropriate to the necessity of taking characteristics of different areas of nature into consideration and of capturing them model specific when quantifying diffuse nutrition entries; this is yet only partly provided for.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Zusammenfassung | I |
| Summary | II |
| Inhaltsverzeichnis | III |
| Bildverzeichnis | VII |
| Tabellenverzeichnis | X |
| Tabellenverzeichnis Anhang | XIV |
| Abkürzungsverzeichnis | XV |
| 1 Einleitung | 1 |
| 1.1 Ausgangssituation | 1 |
| 1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit | 2 |
| 1.3 Bezug zur EG-Wasserrahmenrichtlinie | 4 |
| 1.4 Definition der diffusen Einträge | 4 |
| 1.5 Modellauswahl | 6 |
| 1.6 Einsatzmöglichkeiten von mesoskaligen Modellen zur Quantifizierung diffuser Nährstoffeinträge | 8 |
| 2 Material und Methoden | 9 |
| 2.1 MOBINEG 2001 | 9 |
| 2.1.1 Wasserbilanz | 10 |
| 2.1.2 Direkteinträge | 11 |
| 2.1.3 Nährstoffeinträge über Erosion | 12 |
| 2.1.4 Unterirdische Eintragspfade | 13 |
| 2.1.4.1 Nährstoffbilanzüberschuss auf Ackerflächen und Nährstoffauswaschung von den Landnutzungen | 14 |
| 2.1.4.2 Nährstoffeinträge über unterirdische Eintragspfade | 15 |
| 2.1.5 Retention im Gewässersystem | 16 |
| 2.2 STOFFBILANZ | 17 |
| 2.2.1 Wasserbilanz | 17 |
| 2.2.2 Direkteinträge | 19 |
| 2.2.3 Nährstoffeinträge über Abschwemmung | 19 |
| 2.2.4 Nährstoffeinträge über Erosion | 19 |
| 2.2.5 Nährstoffauswaschung | 20 |
| 2.2.6 Nährstoffeinträge über unterirdische Eintragspfade | 23 |
| 2.2.7 Retention im Gewässersystem | 23 |
| 2.3 MODIFFUS | 24 |
| 2.3.1 Wasserbilanz | 27 |
| 2.3.2 Direkteinträge | 29 |
| 2.3.3 Nährstoffeinträge über Abschwemmung | 30 |

| | | |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.3.4 | Nährstoffeinträge über Erosion | 32 |
| 2.3.4.1 | Erosion von Ackerflächen | 32 |
| 2.3.4.2 | Sonstige Erosion | 34 |
| 2.3.5 | Nährstoffeinträge über unterirdische Nährstoffeintragspfade | 34 |
| 2.3.5.1 | Nährstoffeinträge über Sickerwasser | 34 |
| 2.3.5.2 | Nährstoffeinträge über Dränabfluss | 37 |
| 2.3.6 | Naturnahe Hintergrundbelastung | 37 |
| 2.3.7 | Retention im Gewässersystem | 37 |
| 2.4 | MONERIS | 38 |
| 2.4.1 | Wasserbilanz | 39 |
| 2.4.2 | Direkteinträge | 39 |
| 2.4.3 | Nährstoffeinträge über Dränage | 41 |
| 2.4.4 | Nährstoffeinträge über Grundwasser | 44 |
| 2.4.5 | Nährstoffeinträge über Erosion | 46 |
| 2.4.6 | Nährstoffeinträge über Abschwemmung | 48 |
| 2.4.7 | Nährstoffeinträge von urbanen Flächen | 49 |
| 2.4.8 | Naturnahe Hintergrundbelastung | 49 |
| 2.4.9 | Retention im Gewässersystem | 50 |
| 2.5 | Nährstofffrachten am Gebietsauslass | 50 |
| 2.6 | Die Untersuchungsgebiete | 51 |
| 2.6.1 | EZG der Ilmenau | 51 |
| 2.6.2 | EZG der Uecker | 54 |
| 2.6.3 | EZG der Oberen Werre | 55 |
| 2.7 | Grundlagen der Denitrifikation | 57 |
| 3 | Ergebnisse | 60 |
| 3.1 | Ilmenau: Diffuse Nährstoffeinträge nach Eintragspfaden | 62 |
| 3.1.1 | Ilmenau: Diffuse Stickstoffeinträge nach Eintragspfaden | 62 |
| 3.1.2 | Ilmenau: Diffuse Phosphoreinträge nach Eintragspfaden | 64 |
| 3.2 | Ilmenau: Diffuse Nährstoffeinträge nach Landnutzung | 67 |
| 3.2.1 | Ilmenau: Diffuse Stickstoffeinträge nach Landnutzung | 68 |
| 3.2.2 | Ilmenau: Diffuse Phosphoreinträge nach Landnutzung | 68 |
| 3.3 | Ilmenau: Räumliche Differenzierung der diffusen Nährstoffeinträge | 69 |
| 3.3.1 | Ilmenau: Räumliche Differenzierung der diffusen Stickstoffeinträge | 70 |
| 3.3.2 | Ilmenau: Räumliche Differenzierung der diffusen Phosphoreinträge | 71 |
| 3.4 | Ilmenau: Abgleich der Modellergebnisse mit Nährstofffrachten | 73 |
| 3.4.1 | Ilmenau: Abgleich der Modellergebnisse mit Stickstofffrachten und Grundwasserkonzentrationen | 74 |
| 3.4.2 | Ilmenau: Abgleich der Modellergebnisse mit Phosphorfrachten | 75 |
| 3.5 | Uecker: Diffuse Nährstoffeinträge nach Eintragspfaden | 76 |
| 3.5.1 | Uecker: Diffuse Stickstoffeinträge nach Eintragspfaden | 76 |
| 3.5.2 | Uecker: Diffuse Phosphoreinträge nach Eintragspfaden | 78 |
| 3.6 | Uecker: Diffuse Nährstoffeinträge nach Landnutzung | 80 |
| 3.6.1 | Uecker: Diffuse Stickstoffeinträge nach Landnutzung | 80 |
| 3.6.2 | Uecker: Diffuse Phosphoreinträge nach Landnutzung | 81 |

| | | |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.7 | Uecker: Räumliche Differenzierung der diffusen Nährstoffeinträge | 82 |
| 3.7.1 | Uecker: Räumliche Differenzierung der diffusen Stickstoffeinträge | 82 |
| 3.7.2 | Uecker: Räumliche Differenzierung der diffusen Phosphoreinträge | 83 |
| 3.8 | Uecker: Abgleich der Modellergebnisse mit Nährstofffrachten | 85 |
| 3.8.1 | Uecker: Abgleich der Modellergebnisse mit Stickstofffrachten und Grundwasserkonzentrationen | 85 |
| 3.8.2 | Uecker: Abgleich der Modellergebnisse mit Phosphorfrachten | 86 |
| 3.9 | Obere Werre: Diffuse Nährstoffeinträge nach Eintragspfaden | 87 |
| 3.9.1 | Obere Werre: Diffuse Stickstoffeinträge nach Eintragspfaden | 87 |
| 3.9.2 | Obere Werre: Diffuse Phosphoreinträge nach Eintragspfaden | 88 |
| 3.10 | Obere Werre: Diffuse Nährstoffeinträge nach Landnutzung | 90 |
| 3.10.1 | Obere Werre: Diffuse Stickstoffeinträge nach Landnutzung | 90 |
| 3.10.2 | Obere Werre: Diffuse Phosphoreinträge nach Landnutzung | 91 |
| 3.11 | Obere Werre: Abgleich der Modellergebnisse mit Nährstofffrachten | 92 |
| 3.11.1 | Obere Werre: Abgleich der Modellergebnisse mit Stickstofffrachten und Grundwasserkonzentrationen | 92 |
| 3.11.2 | Obere Werre: Abgleich der Modellergebnisse mit Phosphorfrachten | 93 |
| 4 | Bewertung von Nährstoffeinträgen anhand von Signifikanzkriterien in Anlehnung an die Anforderungen der Wasserrahmenrichtlinie | 95 |
| 4.1 | Umweltrelevante Aktivitäten („Driving Forces“) | 96 |
| 4.2 | Signifikante Nährstoffbelastungen | 97 |
| 4.2.1 | Stickstoff: Signifikante gesamte und diffuse Belastung | 100 |
| 4.2.2 | Phosphor: Signifikante gesamte und diffuse Belastung | 103 |
| 4.3 | Signifikante Belastungen über Einzelpfade | 106 |
| 4.3.1 | Signifikante Stickstoffbelastung über einzelne Eintragspfade | 107 |
| 4.3.2 | Signifikante Phosphorbelastung über einzelne Eintragspfade | 111 |
| 4.4 | Signifikante Flächenbelastung | 115 |
| 4.4.1 | Signifikante Stickstoffflächenbelastung | 116 |
| 4.4.2 | Signifikante Phosphorflächenbelastung | 119 |
| 4.5 | Abschließende Identifizierung signifikant belasteter TEZG und der hierfür verantwortlichen Eintragspfade durch Kombination der Ansätze | 121 |
| 4.5.1 | Signifikante Stickstoffbelastung | 121 |
| 4.5.2 | Signifikante Phosphorbelastung | 126 |
| 5 | Analyse und Bewertung der ermittelten diffusen Nährstoffeinträge nach Landnutzungen und Eintragspfaden | 129 |
| 5.1 | Unterschiede der Modellansätze bei der Berücksichtigung der Denitrifikation | 129 |
| 5.2 | Diffuse Nährstoffeinträge von der Landnutzung Acker | 134 |
| 5.2.1 | Diffuse Stickstoffeinträge von der Landnutzung Acker | 135 |
| 5.2.1.1 | Diffuse Stickstoffeinträge von der Landnutzung Acker über Sickerwasser | 136 |
| 5.2.1.2 | Diffuse Stickstoffeinträge von der Landnutzung Acker über Dränage | 140 |
| 5.2.2 | Diffuse Phosphoreinträge von der Landnutzung Acker | 145 |

| | | |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.2.2.1 | Diffuse Phosphoreinträge von der Landnutzung Acker über Dränage | 147 |
| 5.2.2.2 | Diffuse Phosphoreinträge von der Landnutzung Acker über Sickerwasser | 149 |
| 5.2.2.3 | Diffuse Phosphoreinträge von der Landnutzung Acker über Erosion | 151 |
| 5.3 | Diffuse Nährstoffeinträge von der Landnutzung Grünland | 157 |
| 5.3.1 | Diffuse Stickstoffeinträge von der Landnutzung Grünland | 157 |
| 5.3.2 | Diffuse Phosphoreinträge von der Landnutzung Grünland | 159 |
| 5.4 | Diffuse Nährstoffeinträge von der Landnutzung Wald | 161 |
| 5.4.1 | Diffuse Stickstoffeinträge von der Landnutzung Wald | 161 |
| 5.4.2 | Diffuse Phosphoreinträge von der Landnutzung Wald | 164 |
| 5.5 | Diffuse Nährstoffeinträge von der Landnutzung Stadt | 165 |
| 5.5.1 | Diffuse Stickstoffeinträge von urbanen Flächen | 166 |
| 6 | Endbewertung der 4 mesoskaligen Modelle zur Quantifizierung diffuser Nährstoffeinträge | 168 |
| 6.1 | Die Bewertungsmatrix | 169 |
| 6.2 | Plausibilität der Berechnungsansätze | 171 |
| 6.2.1 | Direkteinträge | 173 |
| 6.2.2 | Abschwemmung | 174 |
| 6.2.3 | Erosion | 174 |
| 6.2.4 | Sickerwasser | 177 |
| 6.2.5 | Dränabfluss | 181 |
| 6.2.6 | Bewertung der Plausibilität der Berechnungsansätze für die diffusen Eintragspfade der 4 Modelle in der Übersicht | 185 |
| 6.3 | Pegelabgleich | 186 |
| 6.4 | Herkunftsanalyse | 187 |
| 6.5 | Datenverfügbarkeit | 191 |
| 6.6 | Anwendbarkeit | 192 |
| 6.7 | Endergebnisse der Bewertungsmatrix für die 4 Modelle | 193 |
| 6.8 | Abschließende Bewertung der 4 Modelle | 194 |
| 6.8.1 | MOBINEG | 194 |
| 6.8.2 | STOFFBILANZ | 195 |
| 6.8.3 | MODIFFUS | 196 |
| 6.8.4 | MONERIS | 197 |
| 6.9 | Defizite und Optimierungsbedarf der Emissionsmodellierung | 198 |
| 7 | Zusammenfassung und Ausblick | 200 |
| 8 | Literatur | 203 |
| Anhang | | I |

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Die Böden und Gewässer mitteleuropäischer Landschaften sind durch eine starke anthropogene Nutzung geprägt. Dies hat in den letzten Jahrzehnten zu einer zunehmenden stofflichen Belastung der Grundwässer, Oberflächengewässer und letztlich auch der Meere vor allem durch die eutrophierungswirksamen Pflanzennährstoffe Stickstoff und Phosphor geführt. Daher wurde bereits Mitte der 80er Jahre von der Internationalen Nordseeschutzkonferenz (INK) bzw. der Helsinki-Kommission (HELKOM) eine Reduzierung der Stickstoff- und Phosphoreinträge um 50 % bis zum Jahr 1995 zum Schutz von Nord- und Ostsee beschlossen. Während dieses Ziel für Phosphor überwiegend durch die Verringerung der Einleitungen aus Kläranlagen erreicht wurde, konnte für Stickstoff nur eine 25 %-ige Reduzierung erzielt werden (BEHRENDT ET AL., 1999).

Die zukünftigen Vorgaben für die Wasserpolitik werden durch die Ende 2000 in Kraft getretene EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) geregelt. Diese enthält konkrete Umweltziele, welche die Mitgliedsländer verpflichten, innerhalb eines festgelegten Zeitraumes für alle Gewässer einen guten Zustand zu erreichen. Für die Oberflächengewässer in Deutschland bedeutet dies, dass neben der Gewässerstruktur vor allem auch die chemische Gewässergüte zur Erreichung dieser Ziele verbessert werden muss. Wie groß die Defizite hier aktuell noch sind, zeigt eine Untersuchung der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA, 1998), wonach nur bei 14 bzw. 18 % der Gütemessstellen die Zielgröße Gewässergüteklasse II für die Parameter Gesamtstickstoff bzw. Gesamtphosphor erreicht ist, die eine gute Gewässerqualität gewährleistet.

Eine nennenswerte Verbesserung der Gewässergüte ist durch eine weitere Reduzierung punktueller Einträge (z.B. Kläranlagen und industrielle Direkteinleiter) aufgrund der Vielzahl bereits durchgeführter Maßnahmen nicht mehr zu erwarten (UBA, 2001; LAWA, 1997; AG ELBE, 1995). Entsprechend zugenommen und vor allem an Bedeutung gewonnen haben die diffusen Nährstoffeinträge, die flächenhaft auftreten und messtechnisch nur schwer zu erfassen sind. Sie werden nach zahlreichen Untersuchungen überwiegend durch die Landwirtschaft verursacht. Von Bedeutung sind vor allem Stickstoffeinträge in das Grundwasser, da bereits 10 % der Grundwässer die für die Trinkwasserqualität festgesetzte Grenzkonzentration für Nitrat von 50 mg/l überschreiten (LAWA, 2000). Beim Phosphor dominieren dagegen in vielen Einzugsgebieten die P-Einträge über Erosion in die Fließgewässer. Daneben können jedoch auch andere Eintragspfade sehr bedeutsam sein.

Es lässt sich festhalten, dass neben der Verbesserung der Gewässerstruktur vor allem die Reduzierung der diffusen Gewässerbelastungen eine zukünftige Schwerpunktaufgabe für die Wasserwirtschaft darstellt (nach BARTH, 1998).

Um die Zielvorgaben der WRRL zu erreichen, ist daher vor allem die Reduzierung dieser diffusen Nährstoffeinträge erforderlich. Dafür ist es notwendig, die diffusen Nährstoffeinträge auf der Ebene von Flusseinzugsgebieten bzw. Teileinzugsgebieten möglichst zuverlässig zu quantifizieren. Zur Ableitung von Bewirtschaftungsmaßnahmen zur gegebenenfalls erforderlichen Verminderung diffuser Nährstoffeinträge in die Gewässer sind zudem detaillierte und aktuelle Kenntnisse zu den Eintragsquellen und -pfaden sowie zu den räumlichen Eintragschwerpunkten notwendig.

Da die Prozesse, durch die diffuse Nährstoffeinträge verursacht werden, sehr komplex und nur schwer zu erfassen sind, ist zu ihrer Quantifizierung der Einsatz von Modellen notwendig.

In der Literatur sind eine Vielzahl von Modellen zur Quantifizierung diffuser Nährstoffeinträge beschrieben, die z.T. auch bereits umfangreich angewendet werden. Allerdings wurden bisher kaum vergleichende Untersuchungen verschiedener Modelle durchgeführt. In den wenigen Fällen, in denen dieses geschah, wurden dann in aller Regel lediglich die quantifizierten diffusen Nährstoffeinträge gegenübergestellt, eine nähere Analyse der erzielten Ergebnisse sowie eine Bewertung der Ursachen für die z.T. deutlichen Unterschiede wurde nicht durchgeführt.

Insofern steht ein differenzierter Vergleich von Modellen zur Quantifizierung diffuser Nährstoffeinträge bisher noch aus, weshalb bei dem aktuellen Kenntnisstand noch Wissensdefizite hinsichtlich dieser Fragestellung existieren.

Im Rahmen dieser Arbeit werden daher nach definierten Kriterien ausgewählte Modelle zur Quantifizierung diffuser Nährstoffeinträge in verschiedenen Untersuchungsgebieten angewendet. Die Modelle werden nach den erzielten Ergebnissen sowie durch Analyse der Berechnungsansätze und weiteren für die Umsetzung der Anforderungen der EG-Wasserrahmenrichtlinie relevanten Kriterien durch ein komplexes Bewertungssystem detailliert und vergleichend bewertet.

1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Die Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) erfordert es, die Nährstoffbelastung der Gewässer zu erfassen und, wenn das Erreichen der Umweltziele gefährdet ist, diese zu vermindern. Das bedeutendste Verminderungspotenzial liegt dabei bei den diffusen Nährstoffeinträgen, die heute bereits in vielen Gewässern dominieren.

Folglich ist es erforderlich, die diffusen Nährstoffeinträge zuverlässig zu quantifizieren und zudem, zur Ableitung zielführender Bewirtschaftungsmaßnahmen, räumlich zuzuordnen.

Da diffuse Nährstoffeinträge messtechnisch kaum zu erfassen und die sie verursachenden Prozesse komplex sind, ist zu ihrer Quantifizierung der Einsatz von Modellen notwendig.

Aktuell existieren eine Vielzahl von Modellen zur Quantifizierung diffuser Nährstoffeinträge, die z.T. auch bereits umfangreich angewendet werden. Allerdings wurden bisher selten gleiche Einzugsgebiete parallel mit verschiedenen Modellen untersucht. In diesen wenigen Fällen wurden dann in aller Regel lediglich die quantifizierten diffusen Nährstoffeinträge gegenübergestellt, eine Bewertung der Ursachen für die z.T. deutlichen Unterschiede der quantifizierten Einträge sowie eine konkrete Analyse der zugrunde liegenden Berechnungsansätze wurde bisher nicht durchgeführt.

Die Zielsetzung der Arbeit besteht daher darin, ausgewählte Modelle zur Quantifizierung diffuser Nährstoffeinträge dahingehend zu untersuchen und zu bewerten, inwieweit sie zur Umsetzung der Anforderungen der EG-Wasserrahmenrichtlinie geeignet sind, bzw. inwieweit hier noch Defizite vorhanden sind. Hierzu werden die Modelle parallel in verschiedenen Flusseinzugsgebieten angewendet und nach zahlreichen, relevanten Kriterien durch Verwendung eines zu entwickelnden Bewertungssystems vergleichend bewertet.

Ein derart differenzierter Vergleich von mesoskaligen Modellen wurde bisher noch nicht durchgeführt, weshalb bei dem aktuellen Kenntnisstand noch Wissensdefizite hinsichtlich dieser Fragestellung existieren.

Folgende Teilaufgaben sind für die Erfüllung der Zielsetzung relevant:

- ∅ Auswahl der zu untersuchenden Modelle anhand von Kriterien, die einer Anwendung der Modelle zur Umsetzung wichtiger Anforderungen der EG-Wasserrahmenrichtlinie gerecht werden.
- ∅ Parallele Anwendung der Modelle mit identischer Datengrundlage in ausgewählten, repräsentativen Untersuchungsgebieten.
- ∅ Ableitung von Kriterien für die Bewertung der Modelle. Durch den notwendigen Bezug zu den Anforderungen der EG-Wasserrahmenrichtlinie sind neben einer praxisorientierten Anwendbarkeit vor allem die „Zuverlässigkeit“ der Ergebnisse bezogen auf die Summe, die einzelnen Pfade und die (räumliche) Herkunft bedeutsam.
- ∅ Entwicklung eines Bewertungssystems, das es erlaubt - möglichst - objektiv und differenziert die einzelnen Kriterien zu bewerten.
- ∅ Analyse und Bewertung der Berechnungsansätze der Modelle für die relevanten Eintragspfade.
- ∅ Vergleichende differenzierte Bewertung der Modelle hinsichtlich ihrer Eignung zur Umsetzung der verschiedenen Anforderungen der EG-Wasserrahmenrichtlinie und Aufzeigen von ggf. vorhandenen Defiziten.

Zum Erreichen der oben genannten Ziele werden zuerst geeignete Modelle zur Quantifizierung diffuser Nährstoffe ausgewählt (Kap. 1.5). Diese Auswahl orientiert sich vor allem an Kriterien, die sich aus den Anforderungen der WRRL ergeben (Kap. 1.3) sowie an ihrer weitgehend unproblematischen Anwendbarkeit.

Neben den Untersuchungsgebieten werden in Kap. 2 die Modellgrundlagen, insbesondere die konkreten Berechnungsansätze der Modelle, umfassend vorgestellt. Diese bei den Modellen oftmals sehr unterschiedlichen Berechnungsansätze machen einen wesentlichen Bestandteil der späteren Bewertung der Modelle aus. Daneben wird durch diese Dokumentation die Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Bewertung erhöht.

Die Ergebnisse der Modellanwendungen in den 3 Untersuchungsgebieten sind in Kap. 3 dargestellt. Differenziert wird hier in diffuse Stickstoff- und Phosphoreinträge sowie nach den verschiedenen Eintragspfaden und Landnutzungen. Darüber hinaus werden die erzielten Ergebnisse mit berechneten Nährstofffrachten abgeglichen.

Verschiedene Ansätze zur Identifizierung und Bewertung signifikanter Belastungen werden in Kap. 4 vorgestellt und beispielhaft in einem Einzugsgebiet (EZG) angewendet. Die Grundlage hierfür stellen die erzielten Ergebnisse der Nährstoffquantifizierung dar. Dabei wird zudem untersucht, inwieweit die Modelle trotz der Unterschiede bei der Quantifizierung der diffusen Nährstoffeinträge für diese Fragestellung vergleichbare Aussagen liefern.

Die Grundlage für die Bewertung der Plausibilität der Berechnungsansätze der Modelle ist Kap. 5 zu entnehmen. Hier erfolgt die Analyse und Bewertung der mit den Modellen ermittelten diffusen Nährstoffeinträge nach Eintragspfaden und Landnutzungen.

Die abschließende Bewertung der untersuchten Modelle in einem eigens dafür entwickelten Bewertungssystem unter Berücksichtigung und Erläuterung aller Bewertungskriterien findet

sich in Kap. 6. Dieses Bewertungssystem erlaubt eine weitgehend transparente und sehr differenzierte Bewertung der Modelle.

1.3 Bezug zur EG-Wasserrahmenrichtlinie

Nach Artikel 1 der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2000) liegt ihr Ziel in der Schaffung eines Ordnungsrahmens für den Schutz der Binnenoberflächengewässer, der Übergangsgewässer (Ästuar), der Küstengewässer und des Grundwassers. Dies umfasst u.a. die Vermeidung einer weiteren Verschlechterung, sowie Schutz und Verbesserung des Zustandes der aquatischen Ökosysteme, das Anstreben eines stärkeren Schutzes der aquatischen Umwelt, u.a. durch spezifische Maßnahmen zur schrittweisen Reduzierung von Einleitungen, Emissionen und Verlusten von prioritären Stoffen und die Sicherstellung einer schrittweisen Reduzierung der Verschmutzung des Grundwassers und Verhinderung seiner weiteren Verschmutzung. Konkretisiert werden diese allgemeinen Ziele durch die Umweltziele (Artikel 4), die u.a. für Oberflächengewässer die Erreichung oder Beibehaltung des „guten Zustandes“ (nach Kriterien des Anhangs V hinsichtlich des biologischen, chemischen und hydromorphologischen Zustands), für Grundwässer den „guten mengenmäßigen und guten chemischen Zustand“ vorsehen.

Instrumente zur Planung und Umsetzung der Ziele aus Artikel 1 und 4 in den jeweiligen Flussgebietseinheiten sind die Bewirtschaftungspläne (Artikel 13), die zur Koordination der Öffentlichkeitsbeteiligung (Artikel 17), der Berichterstattung an die EU-Kommission (Artikel 20) und der Maßnahmenprogramme nach Artikel 11 dienen.

Der konkrete Bezug dieser Arbeit zu den Inhalten der WRRL besteht darin, dass nach Artikel 5 u.a. die Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten auf den Zustand der Oberflächen- und Grundwässer überprüft werden müssen. Dies umfasst nach Anhang II der WRRL u.a. die Bestandsaufnahme der diffusen Belastungen der zur Eutrophierung beitragenden Pflanzennährstoffe Stickstoff und Phosphor (Anhang VIII) (vgl. LAWA, 2002a). Weiterhin müssen signifikante anthropogene Belastungen (zuverlässig) erfasst und beurteilt werden (Kriterien hierfür sind LAWA, 2003 zu entnehmen). Auf Basis solcher Ergebnisse ist es anschließend möglich, ggf. notwendige Bewirtschaftungsmaßnahmen (vgl. Artikel 11 der WRRL) abzuleiten, die dazu beitragen, die geforderten Umweltziele zu erreichen.

Grundvoraussetzung hierfür ist, dass die diffusen Nährstoffeinträge zuverlässig quantifiziert und ihrem Ausgangsort räumlich zugeordnet werden können. Beides ist für die Erfassung signifikanter Belastungen und vor allem für die Ableitung von Maßnahmen unerlässlich.

Die Untersuchungen im Rahmen dieser Arbeit, die in der parallelen Anwendung ausgewählter Modelle zur Quantifizierung diffuser Nährstoffeinträge in verschiedenen Untersuchungsgebieten, ihrer abschließenden differenzierten Bewertung sowie in einem Vorschlag zur Ableitung signifikanter Belastungen anhand der Modellergebnisse bestehen, stehen somit im direkten Bezug zu den oben genannten Anforderungen der WRRL.