

# Nährstoffmanagement im Donauraum zur Reinhaltung des Schwarzen Meeres

Matthias Zessner

## 1 Einleitung

Über viele Jahre wurden die Küstengewässer der Ukraine, Rumäniens und Bulgariens durch Algenblüten und Massentwicklungen von Quallen beeinträchtigt. Auf den ersten Blick ist es vielleicht nicht ersichtlich, was uns in Österreich diese Probleme angehen. Der folgende Artikel möchte jedoch dazu einladen einen zweiten Blick zu wagen. Dabei lässt sich erkennen, dass die Ursachen für eine Beeinträchtigung dieses Ökosystems grenzüberschreitend sind und auch wir in Österreich zu den Problemen beitragen.

## 2 Donau und Schwarzes Meer

Die Donau ist der Fluss mit dem zweitgrößten Einzugsgebiet in Europa. Mit einer Abflussmenge von ca. 6500 m<sup>3</sup>/s liefert sie etwa 55 % des Süßwasserzuflusses zum Schwarzen Meer. Rund 82 Millionen Einwohner leben im Donaueinzugsgebiet. Das entspricht 43 % der Bevölkerung des gesamten Einzugsgebietes des Schwarzen Meeres, während die Fläche von knapp über 800.000 km<sup>2</sup> etwa 35 % der Fläche des Schwarz Meer Einzugsgebietes ausmacht. 18 Staaten, davon 13 mit einer Einzugsgebietsfläche von > 2000 km<sup>2</sup>, haben Anteil am Einzugsgebiet der Donau. 18 Staaten tragen damit zum Eintrag von Wasser und Stoffen über die Donau ins Schwarze Meer bei. Große Unterschiede bestehen zwischen diesen Staaten in Hinblick auf die wirtschaftliche Entwicklung, Politik und Kultur.

Eine große Gefahr für das Schwarze Meer stellt die Eutrophierung dar. Durch einen übermäßigen Eintrag von Nährstoffen (Stickstoff und Phosphor) kam es beginnend mit den siebziger Jahren bis in die frühen Neunziger zu Massentwicklungen von Algen und in weiterer Folge zu Sauerstoffmangel am Meeresboden und damit zu einer Beeinträchtigung der gesamten Biozänose bis hin zu Massensterben von Fischen. Im Schwarzen Meer sind diese Vorgänge vor allem im flachen Shelf-Bereich der West

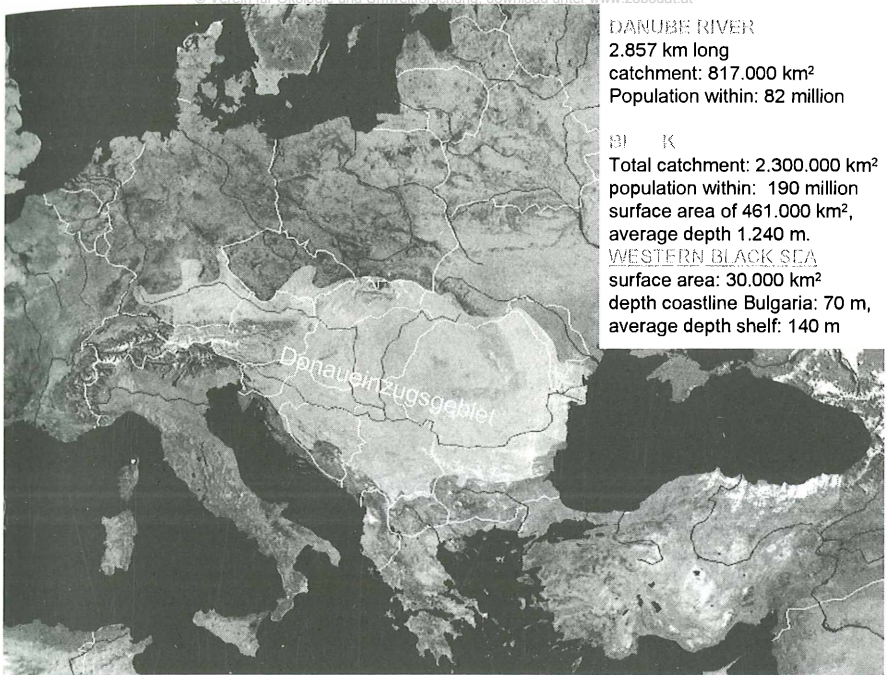


Abb. 1: Donau-einzugsgebiet und Schwarzes Meer

und Nordwestküste ein Problem und gerade dieser Bereich ist für die Flora und Fauna des Schwarzen Meeres von besonderer Bedeutung. Die Donau als Hauptzubringer zum westlichen Schwarzen Meer liefert auch die größten Nährstofffrachten. Der Zustand dieser Küstenbereiche ist damit eng mit Vorgängen im Donau-einzugsgebiet verbunden.

### 3 Kraftakt daNUbs

Nährstoffe machen an Landesgrenzen nicht halt. Effiziente Strategien zur Eindämmung übermäßiger Nährstoffeinträge in die Küstengewässer müssen daher auf der Ebene des gesamten Flusseinzugsgebietes erfolgen. Zur Entwicklung effektiver Strategien zum Nährstoffmanagement ist es erforderlich, die Zusammenhänge zwischen menschlichen Aktivitäten, Quellen und Eintragungspfaden von Nährstoffen sowie deren Auswirkungen auf die Gewässer quantitativ erfassen zu können. Nur wenn bekannt

ist, woher die Nährstoffe kommen, in welchem Ausmaß sie im Gewässersystem abgebaut oder zurückgehalten werden und wie viele Nährstoffe für die empfangende Küstenregion noch verträglich sind, können Maßnahmen abgestimmt auf die Erfordernisse entwickelt werden. Für die Nährstoffe ist zudem zu berücksichtigen, dass sie nicht nur für das Schwarze Meer eine Gefährdung darstellen, sondern dass mit ihnen auch lokale Gewässerprobleme verbunden sind (z. B. Nitratbelastung des Grundwassers, Eutrophierung von Fließgewässern und Seen).



**Abb. 2:** Das daNUbs Team, 3. Plenary Meeting, Greece

Um in diesem Problembereich die Forschung und Praxis voran zu bringen, wurde im Jahre 2001 das Projekt daNUbs („NUtrient Management in the danube Basin and its Impact on the black sea“) gestartet. daNUbs wurde im Zuge des 5. Rahmenprogrammes der EU für Forschung und Entwicklung gefördert und in den Jahren 2001 bis 2005 durchgeführt. Koordinator des internationalen Konsortiums aus 17 Partnern aus den verschiedensten Fachbereichen (Bauwesen und Ökonomie bis hin zu Landwirtschaft und Meeresökologie) war das Institut für Wassergüte der Technischen Universität Wien. Im Folgenden werden einige der wesentlichen Erkenntnisse dieses Projektes zusammengefasst (daNUbs, 2005).

## 4 Wer ist Schuld?

Die Frage nach den Schuldigen steht sehr häufig im Vordergrund, wenn Probleme auftreten. Wie so oft, ist auch hier die Frage nicht so leicht zu beantworten. Emissionen von Nährstoffen in Fließgewässer können nur dann gemessen werden, wenn sie über Punktquellen (z. B. Kläranlagenabläufe) erfolgen. Emissionen über andere Eintragspfade wie z. B. über Erosion oder über das Grundwasser können nicht gemessen werden, sondern müssen über Modellansätze berechnet werden. Eine Überprüfung der Modellergebnisse ist über einen Vergleich mit in den Gewässern gemessenen Frachten möglich. Im Rahmen des daNUbs-Projektes wurden für die Berechnung der Emissionen in die Fließgewässer sowie für Retention und Abbau in den kleineren Fließgewässern das Modell MONERIS (MOdelling Nutrient Emissions in RIver Systems; Behrendt *et al.*, 1999) verwendet. Transport und Retention von Nährstoffen in der Donau und deren Hauptzubringer wurde mit dem Danube Water Quality Model „DWQM“ (Gils van, 2004) und Rückhalt und Transport im Donau Delta über das Danube Delta Model „DDM“ (Constantinescou *et al.*, 2003) berechnet.

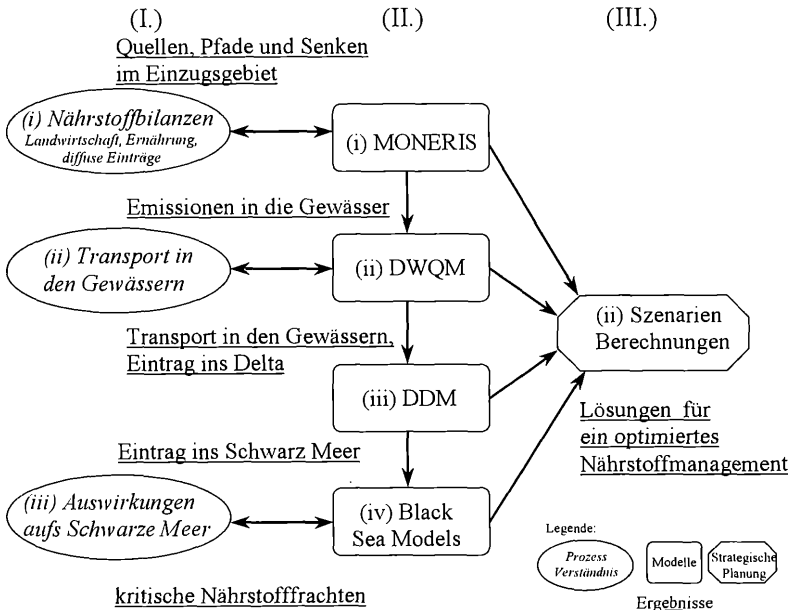


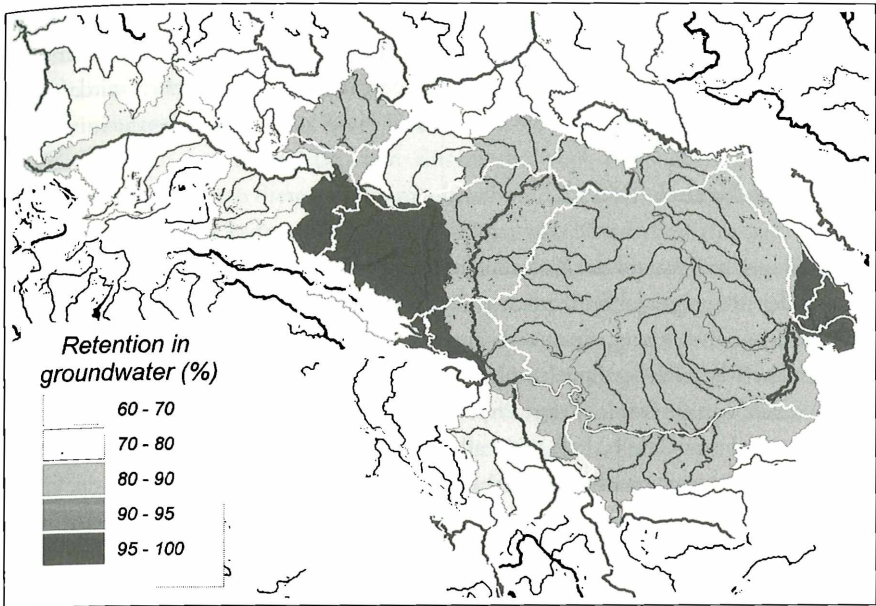
Abb. 3: Konzept des daNUbs-Projektes

Betrachtet man die Emissionen an Nährstoffen in die Fließgewässer des Donau-einzugsgebietes, so werden diese für Stickstoff mit rund 760 kt/a und für Phosphor mit rund 70 kt/a abgeschätzt. Beim Stickstoff können etwa 46 % dieser Emissionen landwirtschaftlichen Quellen zugeordnet werden, wobei ein Eintrag über den Grundwasserpfad überwiegt. Etwa 29 % der Stickstoffemissionen kommen aus dem Bereich der Abwasserentsorgung und werden überwiegend über Kanalisation mit oder ohne nachfolgende Abwasserreinigung emittiert. Auch Verbrennungsprozesse (überwiegend aus dem Verkehr) verursachen indirekt über  $\text{NO}_x$  Depositionen bzw. Abschwemmung und Auswaschung in die Fließgewässer 17 % der Emissionen. Der natürliche Stickstoffeintrag in die Fließgewässer (ohne menschliche Aktivitäten) liegt bei etwa 8 % des derzeitigen Eintrages. Beim Phosphor überwiegen die Emissionen aus Abwasserentsorgung (etwa 54 % der Gesamtemissionen). Die Landwirtschaft trägt etwa 32 % der Emissionen bei. Der überwiegende Eintragspfad ist dabei die Erosion. Ohne menschlichen Einfluss lässt sich eine natürliche P-Emission von etwa 10 % der derzeitigen Emissionen abschätzen.

Retention und Denitrifikation beeinflussen die in den Fließgewässern transportierten Frachten erheblich. Beim Phosphor ist für eine Retention eine Sedimentation der an Partikel gebundenen Fraktion in Stillwasserbereichen oder in Überschwemmungsbereichen verantwortlich. Stickstoff kann zudem über Denitrifikation in elementaren Stickstoff umgewandelt und so aus Gewässersystem ausgetragen werden. Im Falle des Einzugsgebietes der Donau erreichen beim Stickstoff von 760 kt/a Gesamtemissionen etwa 400 kt/a das Schwarze Meer, beim Phosphors von 70 kt/a ca. 20 kt/a.

Zwischen einzelnen Regionen und Ländern schwanken sowohl die Emissionen aus verschiedenen Quellen als auch die Retention oder Denitrifikation in den Gewässern stark. Unterschiede in den Emissionen ergeben sich dabei nicht nur aus Unterschieden in der menschlichen Aktivität sondern auch durch Unterschiede in Hinblick auf natürliche Standortbedingungen (Geologie, Hydrologie, Geländeformen etc.). Stickstoffemissionen aus der Landwirtschaft sind vor allem dort hoch, wo intensive Landwirtschaft mit hohen Überschüssen betrieben wird und wo aufgrund der hydrogeologischen Bedingungen (hohe Sickerwasserraten gute Durchlässigkeiten im Untergrund) ein geringer Nitratabbau (Denitrifikation) im Untergrund erfolgt. Phosphoreinträge aus der Landwirtschaft sind bei erosionsgefährdeten Standorten hoch (Ackerbau, Hangneigung, Niederschlagsintensität).

Bei der Industrie kommen Nährstoffemissionen vielfach aus der Düngemittel oder Nahrungsmittelindustrie. In einigen Ländern des Donau-einzugsgebietes war es auch Praxis Gülle aus Massentierhaltungen über die Fließgewässer zu entsorgen, wa



**Abb. 4:** Typische Stickstoffverluste durch Denitrifikation in Boden und Grundwasser (in % des Stickstoffüberschusses auf der Fläche) (daNUbs, 2005)

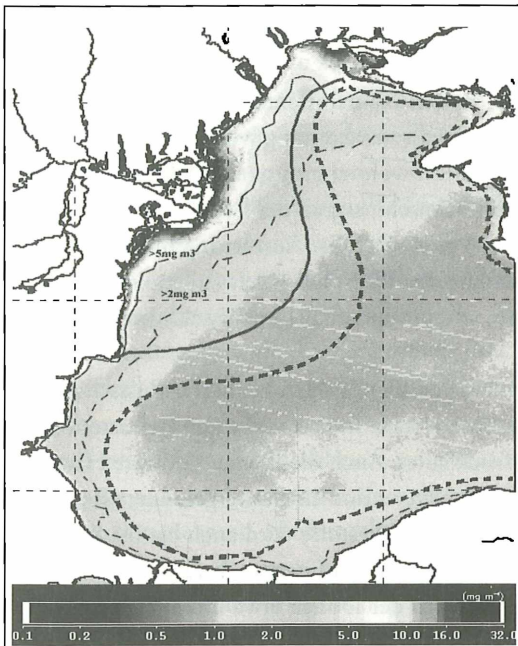
bis in die neunziger Jahre maßgeblich zu den Nährstoffemissionen beigetragen hat. Die Emissionen aus der kommunalen Abwasserentsorgung werden ganz wesentlich von der Einwohnerzahl geprägt. Die pro Einwohner emittierten Nährstofffrachten sind dort hoch, wo zum einen ein hoher Anschlussgrad der Bevölkerung an die öffentliche Kanalisation und zum anderen eine schlechte Ausrüstung mit Kläranlagen zur Nährstoffentfernung gegeben ist. Für den Phosphor spielt zudem in vielen Anrainerstaaten nach wie vor der Einsatz von phosphathaltigen Waschmitteln eine wesentliche Rolle.

Retention und Denitrifikation finden vor allem in den kleinen abflussschwachen und natürlichen bzw. naturnahen Gewässern statt. In hart verbauten Gewässern reduziert sich die Fähigkeit des Nährstoffrückhaltes. Auch die Donau und ihre Hauptzubringer spielen in Hinblick auf die Nährstoffretention eine untergeordnete Rolle. Ein großer Teil, der in diese Gewässer eintragen Nährstoffe wird auch bis ins Schwarze Meer transportiert. Für Phosphor ist die Staustufe des Eisernen Tores eine Ausnahme, die durch Sedimentation die Phosphorfracht der Donau etwa um ein Drittel reduziert. Prinzipiell hat auch das Donaudelta eine hohe Effektivität für den Nährstoff-

rückhalt. Allerdings fließt mehr als 90 % des Donauwassers über die drei Hauptarme des Deltas in das Schwarz Meer, sodass der überwiegende Teil der Nährstoffe gar nicht in das Delta eingetragen und damit unvermindert ins Meer transportiert wird.

## 5 Gute Nachrichten

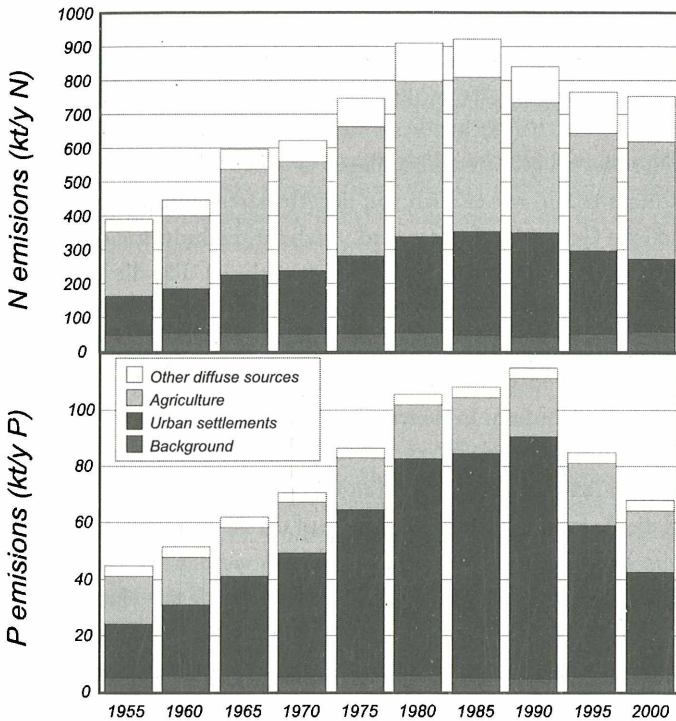
Der ökologische Zustand der Küstenregionen des Schwarzen Meeres hat sich seit dem Anfang der neunziger Jahre deutlich verbessert. Diese Verbesserung ist an einer reduzierten Algenentwicklung, einer Verbesserung der Sauerstoffversorgung am Meeresboden des Shelf-Bereiches, einer Erhöhung der Sichttiefe sowie an einer Erhöhung der Artenvielfalt von Phytoplankton, Phytobentos und Makrozoobenthos zu erkennen. Die Zooplankton Gesellschaft wird allerdings noch von Quallen geprägt und der Fischbesatz hat sich noch nicht regeneriert. Insgesamt kann bereits von einem annähernd guten Zustand gesprochen werden. Limitierend für das Algenwachstum ist im direkten Einflussbereich der Donau Phosphor und im zentralen Schwarzen Meer Stickstoff.



**Abb. 5:**

Summenbild von ca. 800 Satellitenaufnahmen aus den Jahren 1998–2002, welches Zonen intensiver (dünne schwarze Linie) und moderater Algenentwicklung (dünne, schwarze und gestrichelte Linie) im Vergleich zu der Situation in den 80er Jahren (dicke, graue Linie: intensive Algenentwicklung, dicke, graue und gestrichelte Linie: moderate Algenentwicklung) zeigt (Horstmann, 2004).

Der Grund dieser Verbesserung liegt zum Teil in der Umsetzung von Maßnahmen zur Nährstoffentfernung auf Kläranlagen in Deutschland, Österreich und Tschechien sowie in einer Reduktion des Einsatzes phosphathaltiger Waschmittel im gesamten Donaeinzugsgebiet. In erster Linie ist diese Verbesserung allerdings auf den wirtschaftlichen und landwirtschaftlichen Zusammenbruch im ehemaligen Ostblock zurück zu führen. Durch diesen Zusammenbruch sind die Emissionen aus der Industrie (z. B. Düngemittelindustrie) stark zurückgegangen. Massentierhaltungen wurden in großem Umfang geschlossen und die Intensität der landwirtschaftlichen Produktion (Mineraldüngereinsatz) stark reduziert. Insgesamt führte das seit Mitte der achtziger Jahre zu einer Reduktion der Phosphoremissionen um etwa 40 % und der Stickstoffemissionen um etwa 20 %. Da die Auswirkungen einer reduzierten Intensität der landwirtschaftlichen Produktion beim Stickstoff aufgrund der langen Aufenthaltszeit im Grundwasser zeitverzögert erfolgen, wäre bei gleich bleibender Produktion zukünftig mit einer weiteren Reduktion der Stickstoffemissionen zu rechnen.



**Abb. 6:** Veränderungen der Nährstoffemissionen in die Gewässer des Donaeinzugsgebietes (daNUbs, 2005)



## 6 Zukünftige Gefahren und Lösungen

Eine erwartete und erhoffte wirtschaftliche Entwicklung in den Staaten des ehemaligen Ostblockes hat das Potential die positive Entwicklung im Schwarzen Meer wieder rückgängig zu machen, wenn die Nährstoffe nicht zielgerichtet bewirtschaftet werden. Das Ziel muss es sein die Nährstoffeinträge in das Schwarz Meer weiter zu reduzieren, zumindest jedoch auf dem heutigen Stand zu halten. Da vor allem für eine wieder erstarrende Landwirtschaft im ehemaligen Ostblock ein Spielraum für eine Erhöhung der Produktion gegeben sein muss und diese Erhöhung der Produktion auch zu einer Erhöhung der Emissionen führen wird, ist es erforderlich auch in den Oberliegerstaaten Deutschland und Österreich weitere Möglichkeiten zur Reduktion der Nährstoffemissionen auszuschöpfen, welche vor allem im landwirtschaftlichen Bereich liegen. Zudem besteht in den Unterliegerstaaten die Gefahr einer Erhöhung der Emissionen aus dem Abwasserbereich durch Kanalbau ohne entsprechende Abwasserreinigung. Dies sollte möglichst vermieden werden.

Eine zukünftige Strategie sollte sich an einem strengen Vorsorgeprinzip für die Abwasserentsorgung und die Landwirtschaft orientieren, da so eine Strategie sowohl zum Schutze der lokalen Grundwasservorkommen und Fließgewässer als auch zum Schutze des Schwarzen Meeres geeignet ist. Für die Abwasserentsorgung ist zu fordern, dass kein Kanalbau ohne entsprechende Abwasserreinigung durchgeführt wird. Die Abwasserreinigung sollte bei größeren Kläranlagen (> 10.000 EW) mit Nährstoffentfernung durchgeführt werden, wie es auch von der Abwasserrichtlinie der EU für so genannte „empfindliche Gebiete“ gefordert wird. Auch für die Industrie sind strenge Emissionsbeschränkungen anzuwenden (EU IPPC-Richtlinie). Für die Landwirtschaft ist die Umsetzung einer flächendeckenden guten landwirtschaftlichen Praxis zur Vermeidung von Nährstoffverlusten sowie eine generelle Limitierung der Intensität der landwirtschaftlichen Produktion (Viehbestand bzw. Nährstoffüberschuss pro landwirtschaftliche Fläche) zu fordern. In diesem Zusammenhang wird es auch erforderlich sein die Tierproduktion (Fleisch) zu überdenken, welche die wesentliche Triebfeder einer intensiven landwirtschaftlichen Produktion darstellt.

In Österreich sind die Anforderungen in Hinblick auf die Abwasserentsorgung bereits weitgehend erfüllt. Die letzte größere Lücke in Hinblick auf den Stickstoff wurde im Frühjahr 2005 durch die Inbetriebnahme der Erweiterungsstufe der Hauptkläranlage in Wien geschlossen. In Hinblick auf Nährstoffverluste aus der Landwirtschaft hat Österreich den Standortnachteil eines hohen Niederschlages, relative geringer Aufenthaltszeiten des Grundwassers und hoher Geländeneigungen. Diese wirkt sich

zum Beispiel bei Stickstoff so aus, dass trotz einer relativ moderaten Intensität der landwirtschaftlichen Produktion die Stickstoffeinträge über das Grundwasser relativ hoch sind. Eine wesentliche Rolle kommt dabei, neben den direkten Nitratverlusten in das Grundwasser, auch der Stickstoffverfrachtung von Ammoniakverluste aus der Tierhaltung über die Luft zu. Da diese durch Depositionen in Gebirgsregionen mit geringer „Denitrifikationskapazität“ im Untergrund, nenneswert an den Stickstoffeinträgen in die Gewässer beitragen. Eine Reduktion der Stickstoffverluste in das aus der Landwirtschaft wird demnach eine der wesentlichen Aufgaben in Österreich zum Schutze des Schwarzen Meeres sein. Dabei sind für dieses Ziel gerade jenen Regionen von größerer Bedeutung, welche aufgrund hoher Sickerwasserhöhen kein Problem mit Nitrat im Grundwasser haben und für die daher in Hinblick auf das Grundwasser eine optimierte Stickstoffzufuhr weniger relevant ist.

### Literaturverzeichnis

- Behrendt, Huber, Kornmilch, Opitz, Schmoll, Scholz und Uebe (1999) Nährstoffbilanzen deutscher Flußeinzugsbiete, Forschungsbericht 296 25 515, Umweltbundesamt Berlin.
- Constantinescu A., Gils J. van, Bakkum R. and Hooijer A. (2003) Danube Delta Model, deliverable D5.8 of the project “Nutrient Management in the Danube Basin and its Impact on the Black Sea” (daNUbs) supported under contract EVK1-CT-2000-00051 by the Energy, Environment and Sustainable Development (EESD) Programme of the 5th EU Framework Programme, <http://danubs.tuwien.ac.at/>.
- daNUbs (2005) “Nutrient Management in the Danube Basin and its Impact on the Black Sea – final report” supported under contract EVK1-CT-2000-00051 by the Energy, Environment and Sustainable Development (EESD) Programme of the 5th EU Framework Programme, Koordinator: Institut für Wassergüte, Technische Universität Wien, <http://danubs.tuwien.ac.at/>.
- Gils, Jos van (2004) Revised Danube Water Quality Model, deliverable D5.9 of the project “Nutrient Management in the Danube Basin and its Impact on the Black Sea” (daNUbs) supported under contract EVK1-CT-2000-00051 by the Energy, Environment and Sustainable Development (EESD) Programme of the 5th EU Framework Programme, <http://danubs.tuwien.ac.at/>.
- Horstmann, Ulrich (2004) Die Donau und das Schwarze Meer – für und wider die Eutrophierung, Vortrag im Rahmen des Seminars: Standortbestimmung in der Wassergütwirtschaft, Institut für Wassergüte, Technische Universität Wien, 13. 10. 2004.
- Schreiber, H., Behrendt, H., Constantinescu, L.T., Cvitanic, I. Drumea, D., Jabucar, D., Juran, S., Pataki, B., Snishko, S. & Zessner, M. (2005): Point and diffuse nutrient emissions and loads in the transboundary Danube river basin – I. A modelling approach. Arch. Hydrobiol. Suppl. Large Rivers, (in print).

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Umwelt - Schriftenreihe für Ökologie und Ethologie](#)

Jahr/Year: 2006

Band/Volume: [32](#)

Autor(en)/Author(s): Zessner Matthias

Artikel/Article: [Nährstoffmanagement im Donauraum zur Reinhaltung des Schwarzen Meeres. 34-43](#)