

**Meereswissenschaftliche Berichte**  
**MARINE SCIENCE REPORTS**

**No. 41**

**Oder Basin - Baltic Sea Interactions (OBBSI)**

Endbericht - Final Report

von

Christoph Humborg, Gerald Schernewski & Bodo von Bodungen (IOW)

Ralf Dannowski, Jörg Steidl & Joachim Quast (ZALF)

Volker Wallbaum & K.-U. Rudolph (Univ. Witten/Herdecke)

Stefan Mahlburg, Chris Müller & Wilfried Erbguth (OSU)

Institut für Ostseeforschung  
Warnemünde  
2000

Der vorliegende Abschlußbericht resultiert aus dem von der Volkswagenstiftung zwischen 1997 und 1999 unter dem Aktenzeichen II 72543 geförderten Verbundprojekt ‚Oder Basin - Baltic Sea Interaction‘ (OBBSI).

Projektpartner waren folgende Institutionen:

- Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW), Seestraße 15, D-18119 Warnemünde (Baltic Sea Research Institute Warnemünde)
- Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF), Institut für Landschaftswasserhaushalt, Eberswalder Str. 84, D-15374 Müncheberg (Center for Agricultural Landscape and Land Use Research)
- Universität Witten/Herdecke, Fakultät für Umweltwissenschaften, Lehrstuhl für Wassertechnik und Management, Alfred-Herrhausen-Str. 50, D-58455 Witten
- Ostseeinstitut für Seerecht und Umweltrecht (OSU) der Universität Rostock, Richard-Wagner-Str. 31, D-18119 Warnemünde (Baltic Sea Institute for Marine and Environmental Law, University of Rostock).

Zudem waren folgende polnische Institutionen in die Arbeiten eingebunden:

- Warsaw University, Agricultural Law Division, Prof. Dr. Czechowski
- University of Krakow, Dr. Krokowski
- Institute of Water Management and Meteorology, Wroclaw, Dr. Korol
- Akademia Rolnicza Poznan, Department of Environmental Protection and Management, Prof. Dr. Ilnicki
- Sea Fisheries Institute in Gdynia (MIR), M. Pastuszek
- Institute of Marine Sciences, Szczecin, Prof. Dr. Musielak.

# Inhalt

Summary.....	3
<b>1. Das Projekt ‚Oder Basin - Baltic Sea Interactions‘ (OBBSI): Hintergrund und Zielsetzung .....</b>	<b>7</b>
1.1. Hintergrund, gesellschaftliche Anforderungen und Aufgaben der Forschung...	7
1.2. Wasserqualitätsprobleme in der Küstenzone der Oder .....	8
1.3. Aufgabenstellung von OBBSI .....	10
1.4. Projektstruktur, Förderung und Partner .....	11
<b>2. Das Oder-Einzugsgebiet: Untersuchungen zum Stoffretentions- und -umsetzungsverhalten .....</b>	<b>13</b>
2.1. Problemstellung, Zielsetzung und Kooperationsbeziehungen .....	13
2.2. Methoden: Informations- und Datenerhebung .....	15
2.3. Methoden: Modellierungsgrundlagen .....	20
2.4. Die Frachten der Flüsse .....	22
2.5. Quantifizierung des Abbau-/Retentionsvermögens von Flußabschnitten anhand der Beschaffenheitsdaten.....	24
2.6. Fazit und Ausblick.....	26
<b>3. Das Oder-Einzugsgebiet: Einträge durch Punktquellen und umweltökonomische Untersuchungen .....</b>	<b>28</b>
3.1. Methoden: Entwicklung eines Zielsystems und Maßnahmenkataloges .....	28
3.2. Methoden: Datenerhebung und -verwendung .....	29
3.3. Mikro- und makroökonomische Daten.....	32
3.4. Vorhandene Abwasserentsorgungseinrichtungen: Status quo .....	34
3.5. Abwasserentsorgungseinrichtungen: Detailstudie über Posen.....	38
3.6. Stakeholder .....	40
3.7. Empfehlungen.....	41
<b>4. Das Oder-Ästuar: Nährstoffbelastung und Modellierung der trophischen Entwicklung .....</b>	<b>43</b>
4.1. Zielsetzung .....	43
4.2. Datenerhebung.....	43
4.3. Boxmodellierung .....	44
4.4. Analyse der Nährstoffdaten.....	45
4.5. Modellergebnisse.....	47
4.6. Fazit .....	51
<b>5. Umweltrechtliche Untersuchung in Polen und Deutschland .....</b>	<b>56</b>
5.1. Anhang I: Rechtsnormen zu Gewässerverunreinigungen .....	58
5.2. Anhang II: Richt- und Grenzwerte zur Einleitung von N und P in Gewässer .	59
5.3. Anhang III: Vorschriften zum Eintrag von Nähr- und Schadstoffen.....	62

<b>6. Integrative, transdisziplinäre Forschung zum Küstenzonen-management: Eine kritische Bestandsaufnahme .....</b>	<b>67</b>
6.1. Transdisziplinäre Forschung als Herausforderung .....	67
6.2. Erfahrungen und Konsequenzen aus dem Projekt OBBSI .....	69
6.3. Forschung zum Küstenzonenmanagement in Deutschland .....	71
<b>7. Öffentlichkeitsarbeit.....</b>	<b>73</b>
7.1. Vorträge und Präsentationen.....	73
7.2. Publikationen .....	73
7.3. Workshops .....	74
7.4. Internet .....	74
<b>Zusammenfassung und Perspektiven .....</b>	<b>75</b>
<b>Datenanhang .....</b>	<b>79</b>

## Summary

Coastal zones adjacent to large river systems play an outstanding role for trade, transport, agriculture, fisheries and energy production, as well as tourism. They are under intensive human use and a preferred location for harbors, industries and settlements. At the same time coastal zones are of extraordinary ecological value and a transformer and sink for terrestrial nutrients and pollutants. Water quality of the coastal waters itself as well as of rivers draining into these systems is a key factor for sustainable development and management of these regions.

River loads of nitrogen (N) and phosphorus (P) have very much increased world-wide compared to pre-industrial times. These changes are due to man made emissions from diffuse and point sources in river catchments and result in an increased supply of organic matter (i.e., eutrophication) in coastal seas. Consequently widespread oxygen deficiency in bottom waters and sediments of the coastal seas, accompanied by a change in the structure and stock of the benthic communities and large scale fish kills, have been observed. A long-term effect of eutrophication is the enrichment of organic matter in the sediments reflecting an imperfect reworking of phytoplankton biomass. Modern research focused on ecological impacts of altered biogeochemical fluxes in the coastal zone on freshwater and marine systems has advanced to the point where ecological science can estimate and predict, to a large extent, fluxes of biogeochemically important elements for environmental management applications.

Integrated coastal zone and river basin management needs interdisciplinary and spatial integrative research. The project OBBSI (Oder Basin - Baltic Sea Interaction) funded by the German Volkswagen Foundation (Volkswagenstiftung) tries to meet this challenge.

### The Oder basin and estuary

The basin of the river Oder (Polish Odra) covers an area of about 120.000 km<sup>2</sup> with a population above 13 million people and drains into the central part of the Baltic Sea, the Baltic Proper. With high nutrient load, the Oder is one of the most important sources of eutrophication in the central Baltic Sea, and its respective coastal zone suffers from severe water quality problems. The coastal zone, which is directly affected by the River Oder, can be divided into the inner coast, with the Oder Lagoon (Oder or Stettiner Haff or in Polish the Zalew Szczecinski) and the outer coast covering the Oder Bight (Pomeranian Bight), a part of the Baltic Sea. The islands of Usedom and Wolin separate both parts from each other.

The Oder Lagoon: The lagoon covers an area of about 680 km<sup>2</sup>. In the regional development plan the islands of Usedom (Germany) and Wolin (Poland) with their attractive landscape, sandy beaches and reed zones are devoted for sustainable environmental protection and tourist development. The lagoon is dominated by the water inflow of the Oder and has a water exchange time of only several months. It is characterized by heavy eutrophication with intensive algal blooms in summer.

The poor surface water quality on the inner shorelines oriented towards the lagoon is one main obstacle for future development in this direction. Due to the ongoing pollution the lagoon has lost its function as a sink for nutrients. Neither fixation of nutrients in sediments nor distinct denitrification takes place to a high degree.

The Oder (Pomeranian) Bight: Open boundaries towards the Baltic Sea cause intensive water exchange in the bay. Despite this, it has an important function as a purification unit for the Baltic Sea. The sandy sediments show high denitrification rates and reduce the nitrogen input with the

River Oder. Nitrogen is the main limiting element for the primary production of the Baltic Sea and therefore of superior importance. Purification processes in the Pomeranian Bight increase water quality and diminish long distance effects by the River Oder plume. This is important for the already intensively used swimming beaches at the outer shoreline of the islands and an essential economic factor for the islands.

The water quality of the Pomeranian Bight and to a much higher degree the water quality of the Oder Lagoon cannot be restored by internal measures inside these systems or local management. The systems are too much linked to the River Oder and its large basin. The large population in the Oder catchment and the poor state of sewage treatment as well as the large and in some regions intensively used agricultural area in the hinterland are the main reason for the quality problems in ground, surface and coastal waters. The water quality in the lagoon is an indicator and mirror of this pollution in the river basin. Due to its size, economical and ecological importance on one side and its heavy pollution on the other, the Oder System becomes an outstanding case, which support the urgent need for integrated management.

### **The project OBBSI (Oder Basin - Baltic Sea Interactions)**

Efficient coastal zone and river basin management requires a sound scientific basis. Concerning water quality and eutrophication problems, the project contributed important basic information and model tools for the Oder catchment and its coastal zone:

- Compilation of nutrient data (nitrogen and phosphorus) of diffuse and point sources for the Oder Catchment, River and Lagoon, as well as basic collection about socio-economic aspects (development of population, industry, economy).
- Quantitative description of nutrient retention and transformation in the Oder catchment as well as nutrient budgets for the Szczecin Lagoon.
- GIS-data base (catchment and coastal zone, scale 1:200000) containing hydrography, morphometry, land use, ground water and administrative units.
- Complete information on sewage treatment and nutrient load at HELCOM 'hot spots' (Katowice, Glogow, Lodz, Ostrawa, Szczecin, Wroclaw, Poznan and Zielona Gora) and basic cost-benefit-analysis of current and improved waste water treatment.
- Complete compilation and evaluation of law in Poland and Germany concerning sustainable water quality management.
- Conceptual model of nutrient transformation and retention in the catchment as well as the development and application of an eutrophication box-model for the lagoon.

### **River basin: environmental economy**

Efficient water management requires detailed information about the current situation. This includes natural scientific data basis as well as information about the socio-economic situation and its development. Therefore one goal was the collection of micro- and macroeconomic data (e.g. rate of unemployment, water consumption, personal income). Special interest was put on the existing sewage treatment plants and the discharge pattern at the „hot spots“ defined by HELCOM (Katowice, Glogow, Lodz, Ostrawa, Szczecin, Wroclaw, Poznan and Zielona Gora). Beside this computer calculation tools for cost and benefit analysis were developed. This includes e.g. a cost calculation program for future wastewater investments or a tool for the calculation of income and employment effects resulting from the investments.

Altogether, wastewater treatment in Poland is far below the standard of West-European countries. 35% of the wastewater receives only insufficient treatment and 30% is discharged without any purification. Concerning the „hot spots“ the situation is similar. 59% of the whole wastewater receives no purification, 24% is mechanically treated and only 17% receive an advanced purification. There is an urgent need for an extension of the capacities and an upgrading of the cleaning stages. This also includes a modernization of the wastewater canal system, which is often dramatically overloaded.

On the basis of these results, detailed cost/benefit analysis for optimal water management are possible in future. Some general recommendations are given. With respect to cost efficiency it makes more sense to create individual solutions for every situation and location and to allow a stepwise fulfillment of new standards. To demand that new standards have to be met in the whole area at a certain time is problematic. This means e.g. that in some cases it makes more sense to adjust the canal system to the hydraulic load before the implementation of a new purification stage at the wastewater treatment plants.

### **River basin: nutrient input and transformation**

Nutrient inputs from diffuse sources within the river basin vary in space and time in the scale of kilometers and decades. Riverine nutrient transformation varies in the scale of kilometers and days. A modeling approach is required which is capable of handling the different scale levels. As a first step, modeling concepts have been developed for water quality analyses of the Oder river and its main tributaries taking the hydrologic and morphologic conditions into consideration. These box concepts were to be parameterized and calibrated based on classified morphologic information of the main river sections and measured data sets from three discharge years.

For the German/Polish Oder river system a unified medium-scale (M 1:200,000) GIS basis has been created, supplemented by the larger Haff tributaries at the German side. The river polygons have been provided by the Institute of Freshwater Ecology Berlin-Friedrichshagen. The river network information has been enhanced by a routing model to reflect the flow directions and conjunctions between rivers. Further, as an integral part of the GIS basis and resulting from a parallel Polish-German Joint Project<sup>1</sup>, the sub-catchments of the Oder basin have been included at a scale between 1:500,000 and 1:200,000 with the themes hydrography, hydro-meteorology, land use (including nutrient surplus 1989/90), soils, groundwater conditions, relief, and municipalities. The Czech part of the Oder basin could not be included into detailed analyses due to the lack of Czech project partners. For the time being, the implemented modeling procedures allow scenario analyses on nutrient loads in river sections as effected by land use changes.

Methodical considerations on a modeling approach suitable for sectoral quantification of the nutrient transport and elimination are concluded. For the large rivers of the Oder system in Poland (Oder, Warta, Noteć), an eco-morphologic description has been worked out by the Poznan group (Prof. Ilnicki, Agricultural University Poznan) within the frame of a work contract, which is suitable for parameterization of the approach. Water quality and discharge data to calibrate the model were provided for the period 1993/95 for 32 selected gauging stations and river sections at the main rivers by the Institute for Meteorology and Water Management (IMGW), Wrocław within the same work contract. The Brandenburg State Environmental Agency, Frankfurt (Oder) Branch, supported the project work by delivery of water quality and discharge data 1996 to 1998 for gauging stations in the Polish-German border region.

---

<sup>1</sup> PAN/DVWK Joint Project “Investigation on the quantity of diffuse entries in the rivers of the catchment area of the Odra and the Pomeranian Bay to develop decision facilities for an integrated approach on waters protection” – Diffuse Entries in Rivers of the Odra Basin –, UBA 1996 – 2000

A certain problem was posed by the given temporal resolution of only two resp. four weeks of the routinely measured quality data. For process-oriented analyses, especially following the 1997 Oder summer flood, 'snapshots' of the Oder system as a whole are required but could not be provided.

### **Coastal zone: eutrophication modeling**

Assessment of the effects of changed nutrient discharges in coastal areas requires analysis on the scale of decades. Severe effects of eutrophication have been observed for several decades. Therefore, the first step for the modeling of nutrient fluxes for management applications is the elaboration of box models, which ignore the short-term details of circulation patterns, but are suitable for a long-term hind- and forecast assessment (scenarios). A layered "box model" was developed to evaluate the major effects of estuarine eutrophication of the Szczecin lagoon which can be compared with integrating measures (Chl *a*, sediment burial, sediment oxygen consumption, in- and output of total nutrient loads) and use it to hindcast the period 1950-96 (the years when major increase in nutrient discharges by the Oder River took place). The following state variables are used to describe the cycling of the limiting nutrients (nitrogen and phosphorus): phytoplankton (Phy), labile and refractory detritus ( $D_N$ ,  $D_{Nref}$ ,  $D_P$ ,  $D_{Pref}$ ), dissolved inorganic nitrogen (DIN), dissolved inorganic phosphorus (DIP) and oxygen ( $O_2$ ). The three layers of the model include two water layers and one sediment layer. Decrease of the carrying capacity with respect to the increased supply of organic matter of the system with advancing eutrophication over the period studied is parameterized by an exponential decrease of the sediment nitrogen fluxes with increasing burial, simulating changing properties from moderate to high accumulating sediments. The seasonal variation as well as the order of magnitude of nutrient concentrations and phytoplankton stocks in the water column remains in agreement with recent observations. Calculated annual mean values of nutrient burial of  $193 \text{ mmol N m}^{-2} \text{ a}^{-1}$  and  $23 \text{ mmol P m}^{-2} \text{ a}^{-1}$  are supported by observed values from geological sediment records. Estimated DIN remineralization in the sediments between  $100 - 550 \text{ mmol N m}^{-2} \text{ a}^{-1}$  corresponds to sediment oxygen consumption measurements. Simulated DIP release up to  $60 \text{ mmol P m}^{-2} \text{ a}^{-1}$  corresponds to recent measurements. The conceptual framework presented here can be used for a sequential box model approach connecting small estuaries like the Szczecin lagoon and the open sea, and might also be connected with river box models.

### **Environmental legislative aspects**

A detailed analysis of relevant laws in Germany and Poland was carried out and documented. Generally the regulations concerning point sources of pollution have a high structural similarity in both countries. The treatment of diffuse sources of pollution are treated different and a need for advanced regulations in Poland can be stated.

# 1. Das Projekt ‚Oder Basin - Baltic Sea Interactions‘ (OBBSI): Hintergrund und Zielsetzung

## 1.1. Hintergrund, gesellschaftliche Anforderungen und Aufgaben der Forschung

Den Hintergrund des von der Volkswagen-Stiftung geförderten Projektverbundes Oder (Odra) Basin – Baltic Sea Interactions (OBBSI) bildet die gewachsene Sensibilität der Gesellschaft für die bestehende Beeinträchtigung der Küstenökosysteme wie der Fließgewässersysteme durch Nähr- und Schadstoffeinträge aus Landwirtschaft, Industriebetrieben und Kommunen. Ausdruck dafür sind auch die Forderungen der EU-Wasserrahmenrichtlinie zur Erhaltung und Verbesserung des Gewässerzustands in den Ländern der Gemeinschaft. Für deren Umsetzung, die in einem Zeitraum von 15 Jahren bewältigt sein soll, gewinnt die Charakterisierung der Gewässerbelastung durch Nähr- und Schadstoffe erhöhte Bedeutung. Die Europäische Kommission unterstreicht mit ihrem Ansatz des "River Basin Management" die Bedeutung einer nachhaltigen Bewirtschaftung von Grund- und Oberflächenwasser für die Erhaltung und Verbesserung der aquatischen Umwelt. Die von der Wasserrahmenrichtlinie vorgeschriebenen Flußgebiets-Bewirtschaftungspläne gelten als zentrale Instrumente zum Erreichen der Ziele. Voraussetzung für die Erfüllung der gebietspezifischen Planungserfordernisse ist neben weiteren Aktivitäten die einzugsgebietsweite Ermittlung des aktuellen Wassereinsatzes, des künftig zu erwartenden Wasserbedarfs und des bestehenden Grades der Gewässerverschmutzung, einschließlich der Erfassung der zugehörigen Quellen. Grenzübergreifende Einzugsgebiete erfordern grenzübergreifendes Handeln zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie, im gegenwärtigen Stadium insbesondere zur Angleichung der unterschiedlichen verwendeten hydrologischen Methoden und der verfügbaren Daten in den beteiligten Staaten.

Bislang wurden räumlich integrierte und fachübergreifende Managementansätze vor allem im Bereich der Küstenzonen initiiert und praktiziert. Die Küstenzone spielt eine bedeutende wirtschaftliche Rolle für Handel, Tourismus, land- und fischereiwirtschaftliche Produktion, Energieerzeugung, als Standort für Häfen und Industrie sowie als Wohnraum und Rohstoffquelle. Gleichzeitig besitzt sie außerordentliche ökologische Bedeutung als spezieller Lebensraum und Rastplatz für Tiere sowie als Transformator und Senke für terrestrische Nähr- und Schadstoffe.

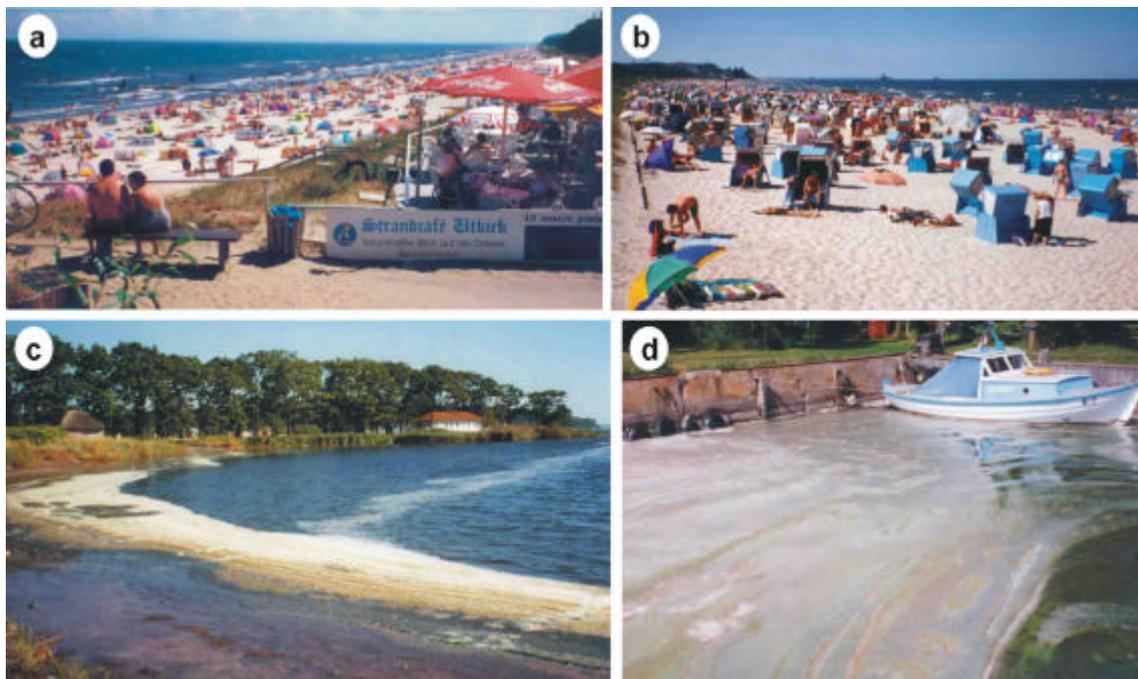
Die sehr unterschiedlichen Nutzungsanforderungen in der Küstenzone erfordern ein sogenanntes ‚integriertes Küstenzonenmanagement (IKZM)‘. Es wird in einem Reflexionspapier der Europäischen Kommission (1999, S. 16) folgendermaßen definiert: ‚IKZM ist ein dynamischer, kontinuierlicher und iterativer Prozeß, durch den das nachhaltige Küstenzonenmanagement gefördert werden soll.‘

Konkrete Anforderungen, wie Forschung zur Unterstützung und als Teil des Küstenzonenmanagements aussehen sollte, ergeben sich nicht nur aus den Schlußfolgerungen aus dem europäischen Demonstrationsprogramm zum IKZM, sondern auch aus dem Forschungsplan (HOLLIGAN & DE BOOIS 1993) sowie dem Implementierungsplan (PERNETTA & MILLIMAN 1995) zu LOICZ (Land-Ocean Interaction in the Coastal Zone), einem Kernprojekt des IGBP (International Geosphere-Biosphere Programme). Zusammenfassend lassen sich folgende Punkte aufzählen, wobei naturwissenschaftliche Aspekte im Vordergrund stehen:

- Quantifizierung der Stoffflüsse zwischen Land, Wasser und Atmosphäre im Bereich der Küstenzone.
- Analyse der Speicher und Transformationsleistung der Küstenzone für partikuläre und gelöste Stoffe.

- Beschreibung der Wirkung von veränderten externen Randbedingung auf die Struktur und Funktion von Küsten-Ökosystemen.
- Entwicklung von prognosefähigen, möglichst einfachen und benutzerfreundlichen Modellen, die zudem räumlich übertragbar sein sollen.
- Weiterentwicklung von Techniken für die Ableitung von Ausgangsbedingungen von beobachteten Konzentrationsverteilungen (inverse Modellbildung).
- Entwicklung von Klassifikationen, Typologien und Indikatoren der Küstengebiete
- Entwicklung von integrierten Bewertungsmethodologien und -instrumenten.

Generell wird gefordert, daß Forschung verstärkt zur Lösung konkreter praktischer lokaler Probleme beiträgt und die konkreten Nutzer der Ergebnisse frühzeitig eingebunden werden. Zudem sollte durch Verbreitungsstrategien sichergestellt werden, daß andere Projekte auf der vorhandenen Wissensbasis aufbauen können, statt sie zu duplizieren und es sollte Wissen generiert werden, welches überregionale Bedeutung hat.

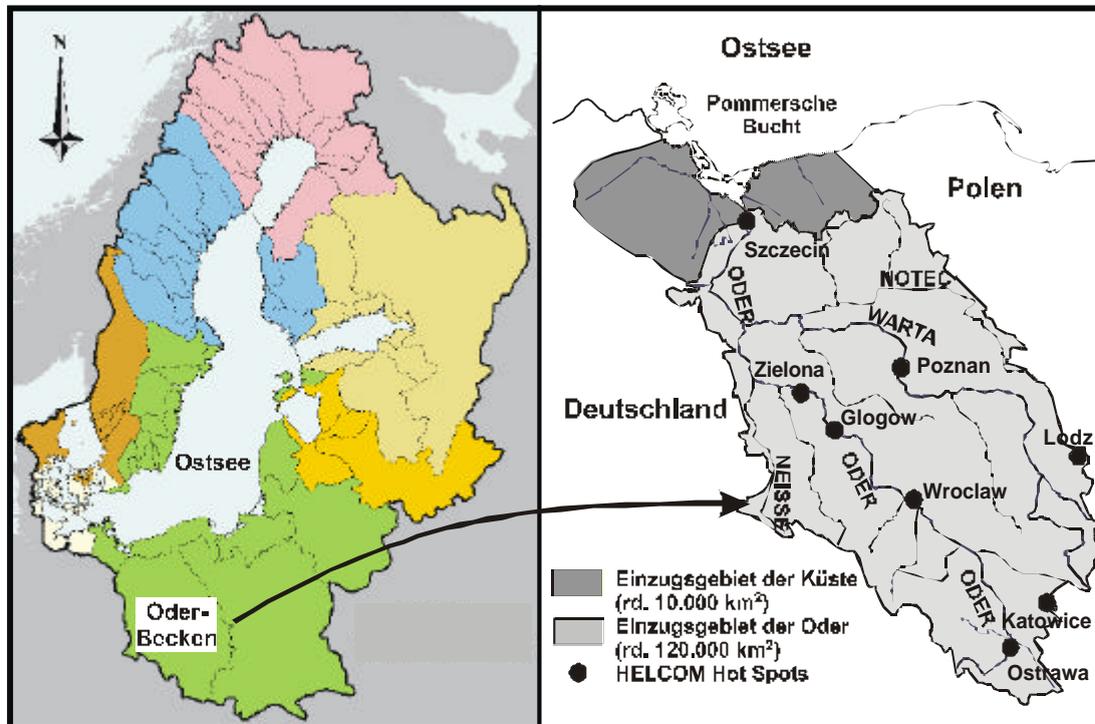


**Abb. 1.1** Konflikt Küstennutzung und Wasserqualität: (a,b) Badetourismus in Ückeritz und Ahlbeck (Usedom) im August 1999. Angeschwemmter Algenschaum verursacht durch Massenentwicklung der Blaualgenart (Cyanobakterie) *Microcystis* (c) im Greifswalder Bodden nahe Lauerbach (Rügen) im September 1999 und (d) nahe Dargen auf der Haffseite von Usedom im August 1999.

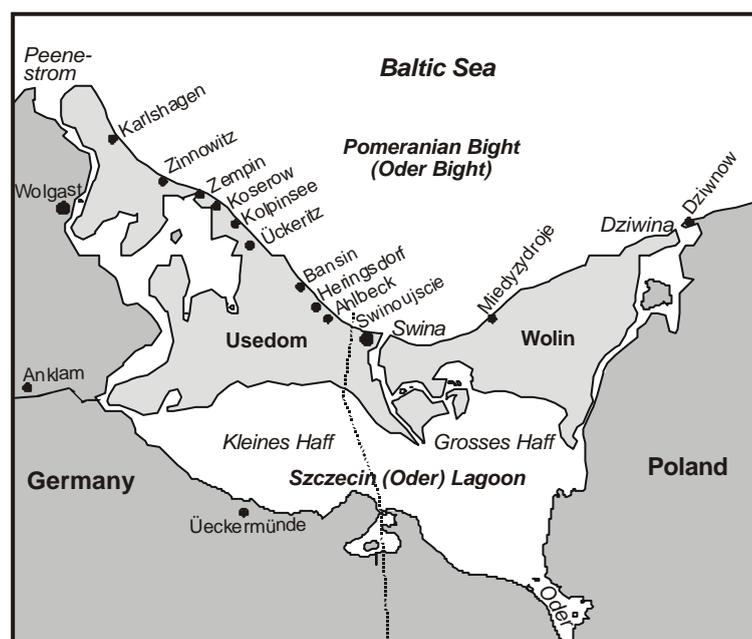
## 1.2. Wasserqualitätsprobleme in der Küstenzone der Oder

Die anhaltend hohen Nährstoffeinträge in die Küstengewässer und die Ostsee stellen nach wie vor ein zentrales Umweltproblem dar. Insbesondere die Einträge über die großen Flüsse sind maßgeblich an der Eutrophierung der Küstengewässer und der Ostsee beteiligt. Die Oder, mit ihrem Einzugsgebiet von ca. 120.000 km<sup>2</sup> (Abb.1.2) gehört zu den vier größten Wasserspendern der Ostsee. Die intensive Besiedlung des Einzugsgebietes (etwa 13 Mio. Einwohner), dessen starke industrielle Nutzung sowie intensive großräumige Landwirtschaft machen die Oder zu einem der am höchsten belasteten Flüsse Europas. Sie ist für ca. 15 % der gesamten Nährstoffeinträge in die Ostsee verantwortlich. In der Oder transportierte Nähr- und Schadstoffe münden zunächst in das

flache und über 600 km<sup>2</sup> große, weitgehend geschlossene Oderhaff, bevor sie durch verschiedene Abläufe in die Pommersche Bucht gelangen können. Dieses räumlich gekoppelte System hat zur Folge, daß das Oderhaff das am stärksten belastete Küstengewässer der deutschen Ostseeküste darstellt. Gleichzeitig verdeutlicht dieses Gebiet, dass die Küstenzone nicht vom Einzugsgebiet isoliert betrachtet werden kann.



**Abb. 1.2** Flußeinzugsgebiete der Ostsee (Quelle: Internet-site of the Institute of Systems Ecology', Stockholm University) und das Odergebiet mit den Belastungsschwerpunkten (Hot Spots) der HELCOM.



**Abb. 1.3** Die Küstenzone der Oder

### 1.3. Aufgabenstellung von OBBSI

Das Projekt OBBSI stellt sich der aus Sicht des integrierten Küstenzonen- und Einzugsgebietsmanagements erforderlichen Forschung. Durch seinen Bezug auf das von Polen, der Tschechischen Republik und Deutschland eingenommene Gebiet der Oder, als einem der transnationalen Hauptzuflüsse der Ostsee, werden Belastungsprobleme von inhaltlicher und räumlicher Bedeutung bearbeitet. Dieser großräumig integrierende Ansatz unterscheidet sich deutlich von denen im Rahmen der EU-Demonstrationsprojekte (Abb. 6.1). Gleichzeitig wurde durch die Zusammenführung von naturwissenschaftlich (Institut für Ostseeforschung, Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung), umwelt-ökonomisch (Universität Witten/Herdecke) und juristisch (Ostseeinstitut für Seerecht und Umweltrecht) ausgerichteten Instituten sowie entsprechenden polnischen Partnerinstituten ein transdisziplinärer Ansatz verfolgt.

Im Rahmen von OBBSI (Oder Basin – Baltic Sea Interactions) werden integrative Steuerungsmöglichkeiten zur Verringerung der Schwermetall- und Nährstoffeinträge im Sinne eines angestrebten Küstenmanagements am Beispiel der Oder und der angrenzenden Küstengebiete in der Ostsee untersucht. Am Beispiel der Eutrophierung der südwestlichen Ostsee etwa geht es aus naturwissenschaftlicher Sicht darum, die natürlichen und anthropogenen Quellen und Senken von Nährstoffen im Einzugsgebiet der Oder bis hin zu den Depositionsbecken in der Ostsee zu beschreiben. Aus ökonomischer Sicht geht es um eine Abschätzung der verursachenden gesellschaftlichen Faktoren und deren zukünftiger Entwicklungen sowie um eine möglichst effiziente Nutzung monetärer Mittel zur Verminderung der Umweltbelastung. Daneben müssen auch die administrativen und rechtlichen Voraussetzungen zur Umsetzung von Managementmaßnahmen untersucht werden. Mit derartigem Hintergrundwissen können Umweltschutzmaßnahmen, wie sie bspw. im Rahmen der HELCOM (Baltic Marine Environment Protection Commission - Helsinki Commission) erarbeitet werden, entscheidend verbessert werden.

Ein Hauptanliegen von OBBSI ist es, die veränderten biogeochemischen Stoffkreisläufe räumlich weit entfernter Gebiete im System Oder/Ostsee zu untersuchen, wobei die Ursache-/Wirkungszusammenhänge weitgehend unidirektional von der Oder zur Ostsee zu sehen sind. Vornehmlich die Ostsee-relevanten Einträge in die Oder und deren verursachende natürliche und gesellschaftliche Strukturen gilt es aufzuzeigen. In der Oder werden daher vermehrt die reinen „Frachten“ betrachtet, in der Ostsee vermehrt die „Folgen“ untersucht. Dies spiegelt sich auch im methodischen Ansatz der naturwissenschaftlichen Untersuchung wider. Um möglichst alle Schwermetall- und Nährstoffquellen im Odereinzugsgebiet zu erfassen, benötigt man eine raumbezogene Information, die über das angewandte geographische Informationssystem (GIS) realisiert wird und einen enormen Arbeitsaufwand erforderte. In der Ostsee geht es vermehrt darum, die langfristigen Folgen der Schwermetall- und Nährstoffdeposition abzuschätzen. Daher wurde hier ein Boxmodell-Ansatz gewählt, mit dem Berechnungen über einen Zeitraum von mehreren Jahrzehnten durchgeführt werden können.

Die Einleiterstruktur, vor allem die der Punkteinleiter, wird im Rahmen der umweltökonomischen Untersuchungen ermittelt und im GIS visualisiert sowie der Klärwerksbedarf an den wichtigsten Hot Spots im Odereinzugsgebiet (Katowice, Glogow, Lodz, Ostrawa, Szczecin, Wroclaw, Poznan und Zielona Gora, siehe Abb. 1.2) untersucht. Hierbei kann eine vorläufige Studie der HELCOM (Baltic Sea Joint Comprehensive Action Plan, 1993), die die Gesamtkosten zur Klärung der Punktquellen auf über 1 Milliarde ECU bezifferte, genutzt und verbessert werden. Abschätzungen über die diffusen landwirtschaftlichen Einträge in die Oder liegen zu einem großen Teil bereits im ZALF vor. Um die zukünftige Entwicklung des landwirtschaftlichen Düngemittelsinsatzes sowie der Industrieinleitungen für die zu erwartende Belastung von Oder und Ostsee abzuschätzen, werden unterschiedliche statistische Quellen, wie etwa die Daten der deutsch-polnischen Industrie- und Handelskammer, ausgewertet.

Die Umsetzbarkeit eines ökologisch und ökonomisch sinnvollen Maßnahmebündels zur Verringerung der Schwermetall- und Nährstoffeinträge in die Oder und die Ostsee hängt entscheidend von der umweltrechtlichen Situation in Polen und Deutschland ab. Neben der Notwendigkeit, das polnische Wasserrecht und andere relevante Umweltgesetze an geltendes EU-Recht anzugleichen, gilt es ebenfalls die Möglichkeit einer „Aufwertung“ internationaler Umweltabkommen wie der HELCOM-Vereinbarung im Sinne einer rechtsverbindlichen Verpflichtung der Unterzeichner zu untersuchen. Weiterhin werden rechtstheoretische Überlegungen über die Strukturierung administrativer Instanzen zur Überwachung und Durchsetzung von Umweltgesetzen, die den räumlich entkoppelten Ursache-/Wirkungszusammenhängen in den zusammenhängenden aquatischen Systemen Oder/Ostsee Rechnung tragen, durchgeführt.

#### **1.4. Projektstruktur, Förderung und Partner**

Das Projekt wurde von der Volkswagen-Stiftung zwischen 1997 und 1999 als 2-jährige Pilotstudie gefördert. Folgende Institute waren beteiligt:

##### **Deutschland:**

- Institut für Ostseeforschung an der Universität Rostock (IOW), Seestraße 15, 18119 Warnemünde (Baltic Sea Research Institute Warnemünde); Prof. Dr. B. von Bodungen, Bearbeiter: Dr. C. Humborg und später Dr. G. Schernewski.
- Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF), Institut für Hydrologie (jetzt Institut für Landschaftswasserhaushalt), Eberswalder Str. 84, 15374 Müncheberg (Center for Agricultural Landscape and Land Use Research); Prof. Dr. J. Quast, Bearbeiter: Dr. R. Dannowski, Dr. J. Steidl und M. Behrens.
- Universität Witten/Herdecke, Fakultät für Umweltwissenschaften, Lehrstuhl für Wassertechnik und Management, Alfred-Herrhausen-Str. 50, D-58455 Witten; Prof. Dr. Dr. K.-U. Rudolph, Bearbeiter: V. Wallbaum.
- Ostseeinstitut für Seerecht und Umweltrecht (OSU) der Universität Rostock, Richard-Wagner-Str. 31, 18119 Warnemünde (Baltic Sea Institute for Marine and Environmental Law, University of Rostock); Prof. Dr. W. Erbguth, Bearbeiter: S. Mahlburg und C. Müller.

##### **Polen:**

- Warsaw University, Agricultural Law Division, Prof. Dr. Czechowski
- University of Krakow, Dr. Krokowski
- Institute of Water Management and Meteorology, Wroclaw, Dr. Korol
- Akademia Rolnicza Poznan, Department of Environmental Protection and Management, Prof. Dr. Ilnicki
- Sea Fisheries Institute in Gdynia (MIR), M. Pastuszek
- Institute of Marine Sciences, Szczecin, Prof. Dr. Musielak

Aufgrund der Förderrichtlinien der Volkswagenstiftung bildeten die 4 deutschen Partnerinstitute die Antragsteller. Die polnischen Institute wurden als Unterauftragsnehmer tätig. Abb. 1.5 verdeutlicht den geplanten zeitlichen Ablauf des Projektes. Eine weiterführende Diskussion erfolgt in Kapitel 6.



**Abb. 1.5:** Ablaufplan des Projektes OBBSI.

### Literatur

- EUROPÄISCHE KOMMISSION, 1999): Schlußfolgerungen aus dem Demonstrationsprogramm der Europäischen Kommission zum integrierten Küstenzonenmanagement (IKZM). Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg, 103 p.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION, 1999: Eine europäische Strategie für das integrierte Küstenzonenmanagement (IKZM): Allgemeine Prinzipien und politische Optionen. Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg, 30 p.
- HELCOM, 1992: Report No. 46.
- HOLLIGAN, P. M. & DE BOOIS, H. (eds.), 1993: Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone (LOICZ) Science Plan. IGBP Report No. 25, 50 p.
- PERNETTA, J. C. & MILLIMAN, J. D. (eds.), 1995: Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone Implementation Plan. IGBP Report No. 33, 215 p.
- SCHERNEWSKI, G., DANNOWSKI, R., HUMBORG, C., MAHLBURG, S., MÜLLER, C., POLLEHNE, F., STEIDL J., WALLBAUM V., 2000: Interdisziplinäre Forschung zum Küstenzonenmanagement: Erfahrungen und Perspektiven am Beispiel der Oder. Bodden, 9, 73-85.

## 2. Das Oder-Einzugsgebiet: Untersuchungen zum Stoffretentions- und -umsetzungsverhalten

*Ralf Dannowski, Jörg Steidl und Joachim Quast*

*Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung e.V. (ZALF) in Müncheberg,  
Institut für Landschaftswasserhaushalt*

### 2.1. Problemstellung, Zielsetzung und Kooperationsbeziehungen

Im Kontext des Integrierten Küstenzonen-Managements – als auf die Erhaltung und Verbesserung der Meeresumwelt gerichtetem Komplex multidisziplinärer Analysen, Planungen und Maßnahmen – ging es am Beispiel der Haffzuflüsse (Oder, Uecker, Zarow, Peene), des Oderhaffs selbst und der küstennahen Bereiche der Ostsee um die naturwissenschaftlich begründete Beantwortung der Frage, in welchem Maße zu erwartende sozioökonomische Veränderungen, etwa im Zusammenhang mit dem EU-Beitritt Polens, auf die der Ostsee zugeführten Nähr- und Schadstofffrachten wirken. So ist die von den Ostsee-Anrainerstaaten (HELCOM) beschlossene Halbierung der Nährstoffeinträge in die Ostsee im Zeitraum 1985/1995 zwar für Phosphor und zumindest für Deutschland erreicht worden. Vor allem ist das auf die Durchsetzung phosphatfreier Waschmittel und den Ausbau von Kläranlagen zurückzuführen. Für Stickstoff hingegen, der trotz allmählichen Rückgangs der Gesamtfracht zu einem wachsenden Anteil aus landwirtschaftlichen diffusen Quellen (Nitratauswaschung) stammt, wurde das Ziel verfehlt. Hier ist eine Frachthalbierung innerhalb einer Zehnjahresspanne allein infolge der mehrere Jahrzehnte währenden Verzögerung auf dem unterirdischen Transportpfad illusorisch. Langfristige Veränderung von Stickstoffüberschüssen, Nitrattransport und Nitratab- bzw. -umbau im Grundwasserbereich überlagern sich zudem im "Weg-Zeit-Verhalten" des Stickstoffs in komplizierter und gebietspezifischer Weise. Vorhersagen der Frachtentwicklung können damit nur auf aufwendigen sog. Emissionsschätzungen basieren. Diese Emissionsanalysen, die die Transportprozesse des Stickstoffs von der Bodenoberfläche bis ins Oberflächengewässer nachzeichnen, setzen hoch auflösende und komplexe, möglichst GIS-gestützte Modellstudien voraus. Insbesondere gilt dies für große Einzugsgebiete wie das der Oder, das auch in einem Parallelvorhaben<sup>2</sup> des ZALF und zweier polnischer Partneereinrichtungen mit dem Ziel der Aufklärung der (prognostischen) Gewässerbelastung des Odersystems mit Nährstoffen aus diffusen landwirtschaftlich Quellen bearbeitet wird (DANNOWSKI et al. 1999). Im Anschluß an dieses einzugsgebietsorientierte Verbundprojekt ging es im vorliegenden OBBSI-Teilprojekt um die – ebenfalls GIS-gestützte, örtlich differenzierte – Modellierung und Quantifizierung der sich im Gewässernetz bis zum Eintritt ins Oderhaff vollziehenden Frachtreduktion.

Ziel des Teilprojektes "Naturwissenschaften – Odereinzugsgebiet" war die quantitative Beschreibung und Modellierung des Stoffretentions- und -umsetzungsverhaltens des

---

<sup>2</sup> Quantifizierung diffuser Stoffeinträge in die Gewässer im Einzugsgebiet der Oder und der Pommerschen Bucht mit dem Ziel der Erarbeitung von Entscheidungshilfen für den integrierten Gewässerschutz. Polnisch-deutsches Verbundprojekt der Polska Akademia Nauk (PAN), Warschau, und des Deutschen Verbands für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V. (DVWK), Bonn. 1996 bis 2000; Phase I: 1996, Phase II: 1997 bis 1999, Phase III: 1998 bis 2000. Kooperierende Einrichtungen: Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) e. V., Müncheberg, mit den Instituten für Landschaftswasserhaushalt und für Bodenlandschaftsforschung, Instytut Melioracji i Użytkow Zielonych (IMUZ), Falenty, und Akademia Rolnicza we Wrocławiu (ARW), Wrocław. Gefördert durch das Umweltbundesamt.

Fließgewässersystems der Oder für Nährstoffe und ausgewählte Schwermetalle. Im folgenden wird der in einer ersten Projektphase 1997 bis 1999 erreichte Arbeitsstand dokumentiert.

Die Ergebnisse des insgesamt auf vier Jahre konzipierten Projektverbundes sollten in einer anschließenden zweiten Phase bis 2001 zu einem GIS-gestützten, naturwissenschaftlich und sozioökonomisch begründeten Entscheidungsunterstützungssystem zusammengeführt werden. Ein derartiges Entscheidungsunterstützungssystem stellt die unabdingbare Grundlage für ein erfolgreiches Flußgebietsmanagement der Oder dar. Es war beabsichtigt, z. B. die Internationale Kommission zum Schutze der Oder (IKSO) oder nationale Planungsbehörden in Deutschland und Polen bereits in absehbarer Zeit in die Lage zu versetzen, anhand von Daten über angestrebte oder erwartete zukünftige Veränderungen von Stoffbelastungen des Flußsystems deren Auswirkungen auf die Wasserbeschaffenheit an ausgewählten Bilanzpunkten bzw. auf die Stoffeinträge in das Oderhaff sowie die Pommersche Bucht und die angrenzenden Küstengewässer der Ostsee zu bewerten. Ebenso sollten Rückschlüsse aus Zielstellungen der Wasserbeschaffenheitsentwicklung auf erforderliche Maßnahmen, etwa Landnutzungsänderungen, im Einzugsgebiet sowie deren zweckmäßige Lokalisierung und zu erwartende Effektivität möglich werden.

Als Voraussetzung für das Gelingen des Vorhabens wurde die Verfügbarkeit örtlich und nach Szenarien differenzierter Daten über die diffusen Nährstoffeinträge aus der landwirtschaftlich genutzten Fläche im Einzugsgebiet der Oder aus dem genannten Parallelvorhaben des ZALF und polnischer Partneereinrichtungen angesehen. Dessen Weiter- und Zusammenführung mit Erkenntnissen zu den übrigen diffusen und den punktförmigen Quellen bis 2000 (Kooperation mit dem Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Berlin-Friedrichshagen, und weiteren polnischen sowie tschechischen Einrichtungen) wurde 1998 durch das Umweltbundesamt bewilligt. Die für das erste Halbjahr 2000 erwarteten Ergebnisse hätten sich nahtlos in die zweite Phase von OBBSI einbinden lassen.

Innerhalb des OBBSI-Verbundes sollten bei Weiterführung des Projektes insbesondere Ergebnisse des Teilprojektes "Umweltökonomie" zu den gegenwärtigen und möglichen zukünftigen punktuellen Einleitungen aus Klärwerken der größeren Städte Eingang in die Arbeiten des vorliegenden Teilprojektes finden. Vorgesehen war auch die Kopplung der naturwissenschaftlichen und der sozioökonomischen Modellkomponenten im aufzubauenden GIS. Das Teilprojekt der meereskundlichen Untersuchungen hätte direkt auf die Aussagen der Stofffrachtmodellierung für den Eintrittspunkt der Oder ins Haff zugreifen können. Die zu untersuchenden Szenarien wiederum sollten sich an den gegebenen wirtschaftlichen, institutionellen und rechtlichen Verhältnissen orientieren, die in der ersten Projektphase im Teilprojekt "Recht" analysiert worden sind.

Von polnischer Seite arbeiteten im Teilprojekt "Naturwissenschaften – Odereinzugsgebiet" der Lehrstuhl für Schutz und Gestaltung der Umwelt der Agraruniversität Poznan – Prof. Dr. P. Ilnicki – und das Institut für Meteorologie und Wasserwirtschaft (IMGW), Außenstelle Wroclaw – Mgr. R. Korol – im Rahmen eines Werkvertrages mit. Als Inhalt des Werkvertrages waren folgende Leistungen vereinbart:

- Bereitstellung von Wasserbeschaffenheits- und Abflußdaten der Oder und ihrer Hauptzuflüsse für den Zeitraum 1993 bis 1995 (hydrologische Jahre), 30 Meßstellen
- Digitalisierung hydrographischer Grundinformationen zum Flußnetz für GIS-gestützte Analysen
- Beiträge zum methodischen Fortschritt in bezug auf die Quantifizierung und Modellierung ausgewählter Aspekte der Entwicklung der Flußwasserbeschaffenheit
- Beiträge zu ersten zu untersuchenden Szenarien der zukünftigen Entwicklung der Oder-Wasserbeschaffenheit

Zur Unterstützung der polnischen Kooperationspartner wurden Projektmittel für Hard- und Softwareausstattung bereitgestellt und ein polnischer Wissenschaftler im ZALF geschult. Die Arbeitsergebnisse der polnischen Gruppe in der abgeschlossenen ersten Projektphase sind in einem gesonderten Bericht (ILNICKI & KOROL 1999) ausführlich dargestellt. Im folgenden werden die dort getroffenen Aussagen deshalb nur zusammengefaßt wiedergegeben.

## 2.2. Methoden: Informations- und Datenerhebung

Ausgelöst durch das Sommerhochwasser der Oder im Juli/August 1997, wurde im Rahmen des OBBSI-Projektes eine etwa halbjährige Studie zur Komplettierung der Informationen über das Gewässersystem der Oder im ZALF, Institut für Hydrologie, durchgeführt (BRAUER 1998). Neben Literatur- und Datenrecherchen – u. a. im Internet – wurden Kontakte zu deutschen Institutionen und Behörden aufgenommen, die im Zusammenhang mit der Oder tätig sind. Entstanden ist ein repräsentativer Daten-, Informations- und Wissensspeicher über publizierte Erkenntnisse (seit etwa 1880) und noch in Arbeit befindliche sowie insbesondere nach dem Hochwasser 1997 initiierte Meß- und Forschungsprogramme.

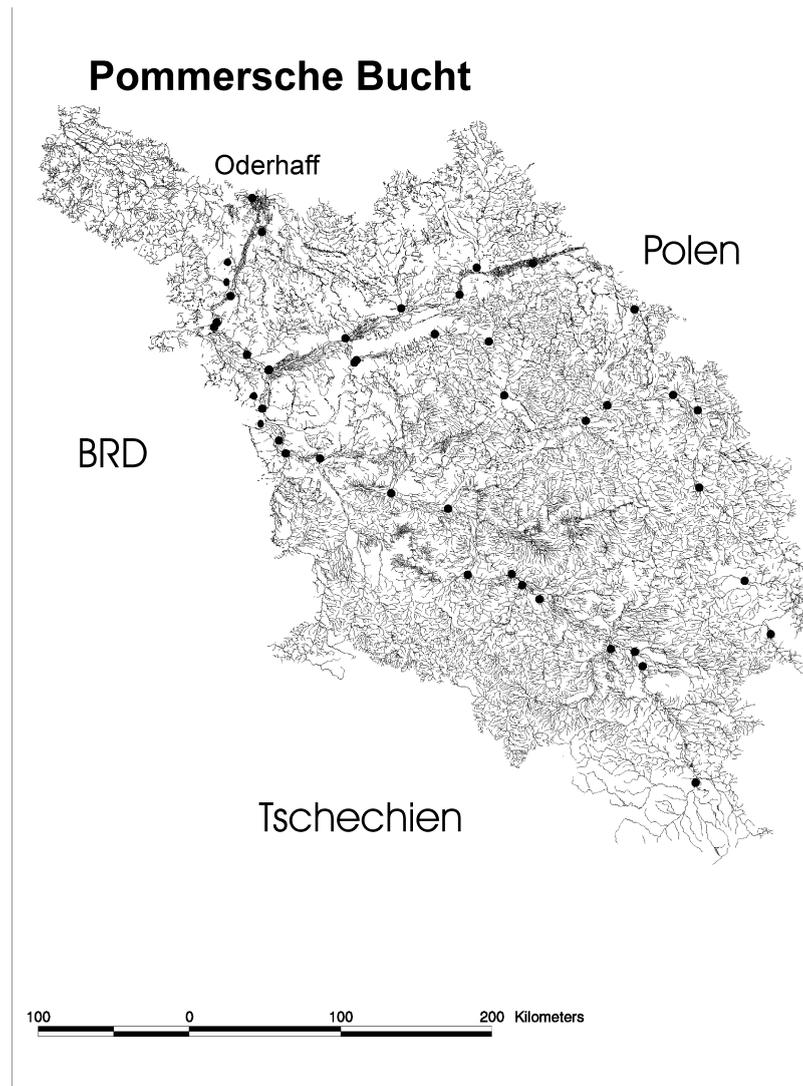
Ebenfalls zu Beginn der ersten Arbeitsetappe erfolgte in Abstimmung mit den polnischen Projektpartnern die Festlegung der Gewässer und Gewässerabschnitte des Flußsystems der Oder, die für die vorgesehene Box-Analyse (Abschn. 2.3) als in sich einheitliche Kompartimente zu betrachten sind. Detaillierte Ausführungen dazu finden sich im Bericht der polnischen Arbeitsgruppe (ILNICKI & KOROL 1999). Eine Übersicht zu den 32 Beschaffenheitsmeßstellen als Grundlage der vorhandenen Datenbasis im polnischen Teil des Odersystems vermittelt Tab. 2.1. Für diese 32 Meßstellen wurden durch die polnische Arbeitsgruppe Daten der Gewässerbeschaffenheit der hydrologischen Jahre 1993 bis 1995 (November 1992 bis Oktober 1995) aus Projektmitteln erworben. Die Analyseergebnisse des Wassers wurden in den entsprechenden Wojewodschafts-Inspektoraten für Umweltschutz gekauft und durch das IMGW Wroclaw zusammengestellt. Die Datensätze umfassen monatliche Daten für

- Durchfluß, Temperatur (Wasser), pH-Wert, Sauerstoff (gelöst), Stickstoff ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{N}_{\text{tot}}$ ), Phosphor ( $\text{P}_{\text{tot}}$ ,  $\text{PO}_4$ ) sowie vierteljährliche Daten der Konzentrationen von Schwermetallen (Fe, Mn, Cr, Zn, Cd, Ni, Cu, Pb, Hg).

Besondere Bedeutung kommt bei der Parameteranpassung den seit Beginn der 1980er Jahre nach abgestimmter Methodik in zweiwöchentlichen Rhythmus beobachteten und beprobten Meßstellen zu, die beiderseits der Lausitzer Neiße, der Oder (Tab. 2.2), am Oderhaff und in der Pommerschen Bucht im polnisch-deutschen Grenzbereich liegen. Aktuelle Meßdaten der Oder wurden für die Kalenderjahre (Januar bis Dezember) 1996 bis 1998 vom Landesumweltamt (LUA) Brandenburg, Außenstelle Frankfurt (Oder), bereitgestellt. Sie umfassen neben dem Durchfluß die Beschaffenheitsparameter

- Temperatur (Luft), Temperatur (Wasser), Sauerstoffgehalt, Sauerstoffsättigung, pH-Wert, Leitfähigkeit, Oxidierbarkeit mit  $\text{KMnO}_4$ , Stickstoff ( $\text{NH}_4$ -gelöst,  $\text{NO}_2$ -gelöst,  $\text{NO}_3$ -gelöst,  $\text{N}_{\text{tot}}$ ), gesamt-Phosphor (als P) und ortho-Phosphat (als P), Chlorid, Sulfat ( $\text{SO}_4$ ), Säurekapazität (Ks 4.3), abfiltrierbare Stoffe, Calcium (Ca, gesamt), Kalium (K, gesamt), Magnesium (Mg, gesamt), Natrium (Na, gesamt), Saprobie, Chlorophyll-A (665 nm), Koloniezahl (20 Grad).

Zur Unterstützung der Auswertung und Interpretation der Daten wurde, ebenfalls vom LUA Brandenburg, Außenstelle Frankfurt (Oder), der Bericht der polnisch-deutschen Grenzgewässerkommission zum Jahr 1997 (IMGW, PIOS, StUFA, LUA, StAUN 1998) übergeben.



**Abb. 2.1:** Flußsystem der Oder, aufgenommen im Maßstab 1:200.000, mit Meßpunkten der Gewässerbeschaffenheit

Quelle des digitalisierten Gewässernetzes (poln. Teil): IGB

**Tabelle 2.1:** Meßstellen im Einzugsgebiet von Oder und Warthe auf polnischem Gebiet

Nr.	Einzugsgebiet	Fluß	Fluß-km	Erläuterungen	Wojewodschaft
1	Odra	Odra	20,0	Chalupki, Brücke, Grenze zu Tschechien	Katowice
2	Odra	Odra	143,0	Groszowice	Opole
3	Odra	Mala Panew	1,9	Carnowasy, Mündung in die Oder	Opole
4	Odra	Nysa Klodzka	7,5	Skorogoszcz, Mündung in die Oder	Opole
5	Odra	Olawa	2,0	Unterhalb des Wehres Malgorzata	Wroclaw
6	Odra	Bystrzyca	1,2	Mündung in die Oder	Wroclaw
7	Odra	Odra	278,0	Brzeg Dolny, oberhalb des Betriebes Rokita	Wroclaw
8	Odra	Kaczawa	3,2	Brücke in Kwiatkowice, Mündung in die Oder	Legnica
9	Odra	Barycz	1,0	Wyszawo, Mündung in die Oder	Leszno
10	Odra	Odra	428,8	Brücke in Nowa Sol, oberhalb der Stadt	Zielona Gora
11	Odra	Bobr	2,0	Brücke in Stary Raduszec, Mündung in die Oder	Zielona Gora
12	Warta	Warta	751,5	Korwinow, Pegel	Czestochowa
13	Warta	Warta	633,2	Brücke in Wasosz, unterhalb der Mündung der Liswarta	Czestochowa
14	Warta	Warta	511,8	Brücke in Biskupice, unterhalb von Sieradz	Sieradz
15	Warta	Ner	5,0	Brücke in Chelmno, Mündung in die Warta	Konin
16	Warta	Warta	424,1	Ochle, unterhalb von Kolo	Konin
17	Warta	Warta	370,8	Pegel Lad, oberhalb der Mündung der Meszna	Konin
18	Warta	Prosna	2,8	Ruda Komorowska, Mündung in die Warta	Kalisz
19	Warta	Warta	251,1	Lubon, oberhalb der Mündung des Strumien Junikowski	Poznan
20	Warta	Welna	0,3	Pegel Kowanowko, Mündung in die Warta	Poznan
21	Warta	Warta	163,2	Wartoslaw, unterhalb von Wronki	Poznan
22	Warta	Warta	92,2	Pegel Skwierzyna, unterhalb der Mündung der Obra	Gorzow
23	Warta	Notec	281,4	Pegel Leszczyce, unterhalb von Matwy	Bydgoszcz
24	Warta	Notec	164,0	Pegel Osiek, unterhalb der Mündung der Lobzonka	Pila
25	Warta	Gwda	0,3	Byszki, Mündung in die Notec	Pila
26	Warta	Notec	100,0	Lipica, unterhalb der Mündung der Trzcianka	Pila
27	Warta	Drawa	2,4	Lekacz Wielkopolski, Mündung in die Notec	Pila
28	Warta	Notec	0,5	Santok, Mündung in die Warta	Gorzow
29	Warta	Warta	2,4	Brücke in Kostrzyn, Mündung in die Oder	Gorzow
30	Odra	Odra	761,6	Police, Mündung ins Oderhaff, West-Oder	Szczecin
31	Warta	Obra	1,6	Brücke in Skwierzyna, Mündung in die Warta	Gorzow
32	Odra	Plonia	0,9	Brücke unterhalb von Szczecin-Dabie	Szczecin

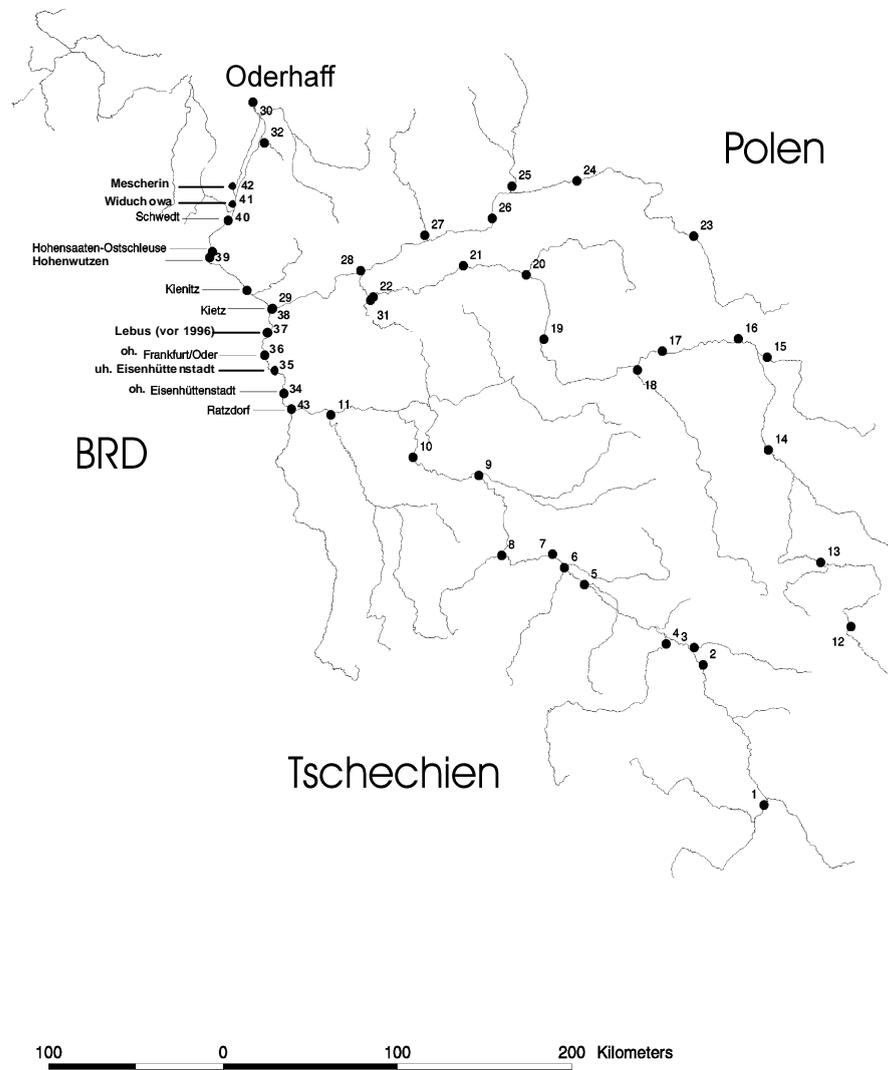
Quelle: ILNICKI & KOROL 1999

Die Abbildungen 2.1 und 2.2 veranschaulichen die Lage der Meßpunkte im Einzugsgebiet der Oder. Beide Darstellungen sind georeferenziert und liegen als Coverages für das Geographische Informationssystem (GIS) ARC/INFO vor<sup>3</sup>. Das Gewässersystem der Oder wurde im Nordwesten um die Peene, die Zarow und die Uecker/Randow erweitert, die sämtlich in das Oderhaff bzw. die Pommersche Bucht münden. Die Direktzuflüsse zu den deutschen und polnischen Küsten der Pommerschen Bucht hingegen wurden aus Gründen ihrer relativen Bedeutungslosigkeit für Stoffeinträge in die Ostsee und wegen Fehlens von Meßwerten nicht in die Untersuchung einbezogen.

<sup>3</sup> Das digitalisierte Gewässernetz M 1:200.000 für den polnischen Teil des Odergebietes wurde vom Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB), Berlin-Friedrichshagen, zur Verfügung gestellt.

Gleichzeitig wird der gewählte Grad der unumgänglichen Abstraktion vom detaillierten zum reduzierten Gewässersystem deutlich, das dem vorliegenden Teilprojekt im weiteren zugrunde gelegt wurde. Beträgt die Länge der dargestellten Fließgewässer in Abb. 2.1 insgesamt 78.621 km, so sind es in Abb. 2.2 nur noch 6.379 km. Zu beachten ist, daß auch das Gewässernetz in Abb. 2.1 aufgrund des Aufnahmemaßstabes 1:200.000 bereits einen gewissen Generalisierungsstatus aufweist; vollständige und lagetreue Abbildungen von Gewässersystemen sind erst in Maßstäben  $\geq 1:50.000$  zu erwarten. Hauptgrund für die rein pragmatische Beschränkung auf die großen Fließgewässer ist neben der aufwandsbedingten Durchführbarkeit der gewässermorphologischen Analysen der verfügbare Datenpool zur Wasserbeschaffenheit, der die empirischen Anpassungen der im Abschnitt 2.3 beschriebenen Modellparameter stützen muß. Die Auswirkungen dieser Reduktion auf die Beschreibung des Stoffretentions- und -umsetzungsverhaltens im Flußsystem konnten in der abgeschlossenen ersten Projektphase nicht geklärt werden.

## Pommersche Bucht



**Abb. 2.2:** Reduziertes Gewässersystem der Oder mit Meßpunkten der Gewässerbeschaffenheit

**Tabelle 2.2:** Meßstellen an den polnisch-deutschen Grenzgewässern, Bereich der Oder

Nr.	Fluß	Fluß-km	Erläuterungen
33	Odra	530,6	Polecko, Pegel
34	Odra	552,0	Oberhalb Eisenhüttenstadt
35	Odra	566,0	Unterhalb Eisenhüttenstadt
36	Odra	581,0	Swiecko, oberhalb Slubice/Frankfurt (Oder)
37	Odra	593,0	Plawidla/Lebus (nicht mehr 1996/98)
38	Odra	615,0	Kietz, oberhalb Warthemündung
39	Odra	662,0	Osinow/Hohenwutzen
40	Odra	690,0	Krajnik Dolny/Schwedt
41	Odra	701,0	Widuchowa
42	Odra Zachodnia	14,65	Mescherin, Westoder
43	Nysa Luzycka	1,0	Kosarzyn/Ratzdorf

Quelle: Landesumweltamt Brandenburg

Ein Problem stellt die zeitliche Auflösung der routinemäßig erfaßten Beschaffenheitsdaten der Oder von zwei bzw. vier Wochen dar (s. Kap. 2.4). Für prozeßorientierte Betrachtungen sind "Momentaufnahmen" des gesamten Odersystems von Bedeutung, besonders aktuell war dieser Bedarf nach der Oderflut im Sommer 1997 gegeben. Meßeinsätze zur Erfassung der rezenten Wasserbeschaffenheit in der Oder, insbesondere auf polnischem Gebiet, die die deutsche Arbeitsgruppe für den Herbst 1998 angeregt hatte, erwiesen sich jedoch nach Abstimmung mit den polnischen Kooperationspartnern in diesem Projektrahmen als nicht durchführbar.

Für die Täler und Flußbetten der Oder, der Warthe und der Netze mit einer Gesamtlängsblänge von 1.938,5 km erarbeitete die polnische Arbeitsgruppe um Prof. Dr. P. Ilnicki eine morphologische Charakteristik (ILNICKI & KOROL 1999). Dazu waren die Täler in möglichst einheitlich ausgestattete und damit homogen erscheinende Abschnitte zu unterteilen, die später die Basis für die ortdiskrete Modellierung der Stoffumsätze bilden sollten. Grundlage dieser Einteilung waren folgende Merkmale:

- Taltyp entsprechend Karte M 1:2.000.000 zur physisch-geographischen Gliederung der Landschaften nach KONDRACKI & OSTROWSKI (KONDRACKI 1994),
- Genese und Ausformung der Täler,
- Fläche des Einzugsgebietes und Mündung größerer Zuflüsse,
- Längsgefälle und Flußbettform, -regelung, -maße,
- Boden und Nutzungsart in den Tälern,
- Bauwerke im Flußbett, Wasserstraßen.

Daraus ergab sich eine Unterteilung in insgesamt 22 als homogen zu betrachtende Talabschnitte (Tab. 2.3) für den polnischen Teil des Odergebietes.

Für die Oder, Warthe und Netze wurden durch die polnische Arbeitsgruppe schematische Längsprofile und digitale Kartendarstellungen im Maßstab 1:250.000 bis 1:200.000 erarbeitet. Auf diesen sind alle für die Ausweisung der Talabschnitte wichtigen Informationen enthalten. Sie erlauben auch einen schnellen Überblick über das Untersuchungsgebiet sowie die Lokalisierung wichtiger Besonderheiten. Ergänzt wird die graphische Übersicht durch tabellarische Zusammenstellungen der morphologischen Parameter und ausführliche Erläuterungen zu den analysierten Talabschnitten.

Die Übergabe der graphischen Informationen erfolgte leider nur als gedrucktes Unikat im Abschlußbericht der polnischen Projektgruppe. Das führte dazu, daß auf die Erarbeitung einer

Datenbasis, die für die geplante Modellierung unbedingt notwendig ist, bislang aus Aufwandsgründen verzichtet werden mußte.

**Tabelle 2.3:** Einheitliche Talabschnitte der Oder, Warthe und Netze auf polnischem Gebiet

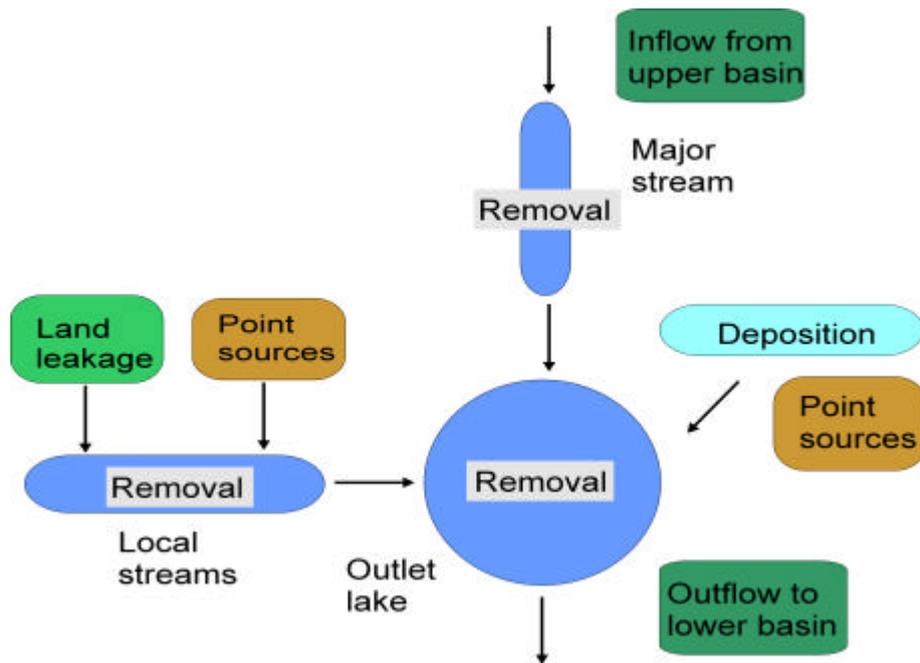
Fluß	Abschnitt	km des Flusses
Oder	1. Cedyňa – Mündung in die Oderbucht	664,9 – 761,9
	2. Mündung der Warthe – Cedyňa-Hohensaaten	617,6 – 664,9
	3. Mündung der Nysa Luzycka – Mündung der Warthe	542,4 – 617,6
	4. Mündung der Obrzyca – Mündung der Nysa Luzycka	469,4 – 542,4
	5. Mündung der Barycz – Mündung der Obrzyca	378,1 – 469,4
	6. Wasserstufen Brzeg Dolny – Mündung der Barycz	281,7 – 378,1
	7. Mündung der Nysa Klodzka – Brzeg Dolny	181,3 – 281,7
	8. Hafen Kozle – Mündung der Nysa Klodzka	98,1 – 181,3
	9. Chalupki (Grenze) – Hafen Kozle	20,0 – 98,1
Warthe	10. Mündung der Netze – Kostrzyn	0 – 68,2
	11. Lubon – Mündung der Netze	68,2 – 251,1
	12. Mündung der Prosna – Lubon	251,1 – 348,0
	13. Mündung der Ner – Mündung der Prosna	348,0 – 444,4
	14. Wasosz – Mündung der Ner	444,4 – 633,2
	15. Mündung der Wiercica – Wasosz	633,2 – 692,1
Netze	16. Quelle in Kromolow – Mündung der Wiercica	692,1 – 808,2
	17. Untere Netze – natürlicher Fluß	0 – 48,9
	18. Schnelle Netze, kanalisierte Strecke	48,9 – 120,3
	19. Faule Netze – kanalisierte Strecke	120,3 – 187,2
	20. Alte Netze bei Rynarzewo	187,2 – 233,2
	21. Obere Netze, kanalisierte Strecke	233,2 – 325,8
	22. Östliche Netze (Noc)	325,8 – 388,4

Quelle: ILNICKI & KOROL 1999

### 2.3. Methoden: Modellierungsgrundlagen

Die vorgesehene Box-Modellierung baut auf dem Konzept des "source apportionment" auf: Es ist zu ermitteln, in welchem Maße jede Stoffquelle an jedem Teilabschnitt eines Flußsystems zur Stofffracht an der Flußmündung beiträgt (z. B. WITGREN & ARHEIMER 1995). Besondere Beachtung erfahren dabei entsprechend Abb. 2.3 die Retentions- und Umsetzungsprozesse entlang aufeinanderfolgender Flußabschnitte, die im allgemeinen zu einer allmählichen Reduktion der in den Fluß eingetragenen Frachten der interessierenden Stoffe führen. In der vorliegenden Studie wurde auf ein Modell zurückgegriffen, das von TONDERSKI (1997) für die großgebietliche Analyse der Nährstoffströme in der Weichsel (TONDERSKI et al. 1995) und auch bereits – allerdings auf weitaus größerer Datenbasis – der Oder entwickelt wurde.

Es wurde davon ausgegangen, daß es durch Nacheinanderschalten der gemäß Abb. 2.4 betrachteten Flußabschnitte mit ihren Beaufschlagungen an Nähr- und Schadstoffen aus punktförmigen und diffusen Quellen und ihrer jeweiligen charakteristischen Abbauleistung gelingen würde, die Beiträge der im einzelnen erfaßten Zuflüsse und Einleiter zur Gesamtfracht an der Mündung der Oder ins Oderhaff sowie auch diese Gesamtfracht selbst unter Zugrundelegen mittlerer stationärer Abflußverhältnisse zu ermitteln. Variantenrechnungen mit veränderten Abflüssen (Niedrigwasser, unterschiedliche Hochwasserstadien) sollten dazu beitragen, Abweichungen vom mittleren Retentions- und Abbauverhalten der Oder zu quantifizieren.



**Abb. 2.3:** Schematische Darstellung des Box-Konzeptes für den Stofftransport/Stoffrückhalt im Flußsystem (nach WITTGREN & ARHEIMER 1995)

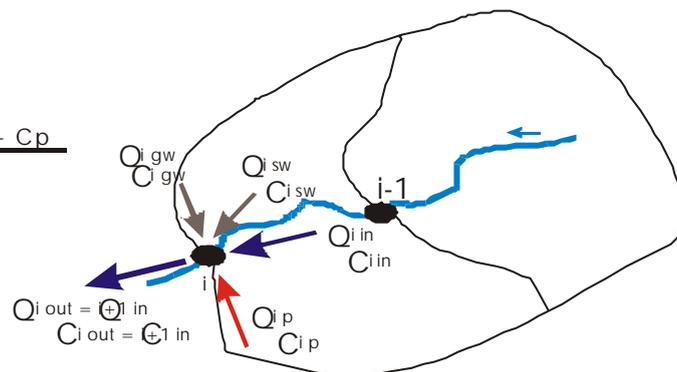
$$Q_{out} = Q_{in} + Q_{gw} + Q_{sw} + Q_p$$

$$C = \frac{C_{in} Q_{in} + C_{gw} Q_{gw} + C_{sw} Q_{sw} + C_p Q_p}{Q_{out}}$$

$$C_{out} = f(C, R)$$

$$R = f(T, C, Q, M)$$

- Q - Abfluß
- C - Stoffkonzentration
- R - Retention
- T - Wassertemperatur
- M - spezifische morphologische Parameter des Flußabschnittes (l, b, h, v, ...)



#### Indizes

- in - Zufluß aus dem überliegenden Flußsegment
- out - Abfluß in das unterliegende Flußsegment
- gw - Grundwasserzufluß aus dem Einzugsgebiet des Flußsegmentes
- sw - Oberflächenzuflüsse, lokale Fließgewässer

**Abb. 2.4:** Konzept für ein Boxmodell des Stofftransports/-rückhalts im Flußsystem der Oder

Die Implementierung des relativ einfachen Modellansatzes nach TONDERSKI in das GIS sicherte die Verbindung mit der regionalspezifischen Datenbasis. Modifikationen der Einleiter- bzw. Eintragsituation wurden somit für Szenariorechnungen zugänglich. Wichtig war dabei neben der Berücksichtigung der "schnell" veränderlichen (punktförmigen und diffusen) Direkteinträge aus flußnahen Quellen die Verfügbarkeit von Aussagen aus dem genannten polnisch-deutschen Parallelprojekt (DANNOWSKI et al. 1999) zum langfristigen Verhalten der diffusen Nährstoffeinträge aus den landwirtschaftlich genutzten, flußfernen Teilen der Flußeinzugsgebiete.

## 2.4. Die Frachten der Flüsse

Für eine erste Abschätzung des Abbau- bzw. Retentionsvermögens in den Flußabschnitten wurden die Beschaffenheitsdaten genutzt, die an den einzelnen Meßstellen in den Flüssen ermittelt wurden. Grundlage für diese Abschätzung war zunächst die Bestimmung der Jahresfrachten der in den Flüssen transportierten Nährstoffe für einzelne Meßstellen. Aus den vorliegenden monatlichen Werten der Abflüsse und Nährstoffkonzentrationen lassen sich die Jahresfrachten nach unterschiedlichen Methoden abgeschätzt. Nach KELLER et al. (1997) können aus vorhandenen Einzelproben bei Anwendung verschiedener Frachtberechnungsmethoden durchaus ähnliche Ergebnisse resultieren. Bei den vorliegenden Proben handelt es sich jedoch um Mischproben (Konzentrationswerte aus 14-täglichen bzw. 4-wöchentlichen Messungen), für die am Beispiel der Oder ein Vergleich unterschiedlicher Frachtberechnungsmethoden notwendig erscheint.

Nach einem ersten Ansatz werden die Jahresfrachten  $L_j$  durch eine einfache Mittelwertbildung nach Gl. (2.1) aus den Mischproben für jeden Monat berechnet:

$$L_j = \frac{1}{12} \cdot \sum_{i=1}^{12} Q_i \cdot k \cdot C_i \quad (2.1)$$

mit  $Q_i$  - Mittlerer Abfluß im Monat  $i$   
 $k$  - Umrechnungsfaktor vom Durchflußpegel zum Gütepegel  
 $C_i$  - Nährstoffkonzentration der Mischprobe (1 oder 2 Werte) für Monat  $i$ .

Als zweite Methode wird die Jahresfracht aus den mittleren Jahreswerten des Abflusses und der Konzentration nach Gl. (2.2) berechnet:

$$L_j = \frac{1}{144} \sum_{i=1}^{12} (Q_i \cdot k) \cdot \sum_{i=1}^{12} C_i \quad (2.2)$$

Schließlich wird die Jahresfracht auf der Grundlage der Fracht-Abflußbeziehung berechnet. Dazu sind zunächst die Monatsfrachten aus den mittleren Abflüssen und Konzentrationen der Mischproben nach Gl. (2.3) zu errechnen:

$$L_i = Q_i \cdot k \cdot C_i \quad (2.3)$$

Für die so erhaltenen Wertepaare von Frachten und Abflüssen wurden durch Regressionsanalyse Ausgleichsgeraden mit Bestimmtheitsmaßen zwischen 0,72 und 0,9 ermittelt. Mit der Berechnung des mittleren Jahresabflusses nach Gl. (2.4) können mit Hilfe der Ausgleichsgeraden (Gl. 2.5) mittlere Jahresfrachten abgeschätzt werden:

$$Q_j = \frac{1}{12} \cdot \sum_{i=1}^{12} Q_i \cdot k \quad (2.4)$$

$$L_j = a \cdot Q_j + b \quad (2.5)$$

Der für die Methode III aufgezeigte Weg dient lediglich der Formalisierung der Frachtschätzung. Es muß davon ausgegangen werden, daß die Beziehung zwischen Fracht und Abfluß kaum als funktionaler Zusammenhang gewertet werden kann (HELLMANN 1986).

Tabelle 2.4 zeigt einen Vergleich der mit den beschriebenen Methoden berechneten Jahresfrachten des Gesamtstickstoffs für die vorliegenden Meßstellen an der Oder. Während für das Jahr 1994 an den Stationen km 143 und km 278 nur geringe Differenzen zwischen den berechneten

Jahresfrachten deutlich werden, kommt es im gleichen Jahr zu erheblich größeren Unterschieden an den beiden weiter stromab gelegenen Meßstellen.

**Tabelle 2.4:** Vergleich der Frachtberechnungsmethoden für Gesamtstickstoff (in kt/a) in der Oder

Station	km 20			km 143			km 278			km 428,8			km 761,6		
Methode	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1993	5.3	5.6	5.2	18.2	17.3	14.6	19.8	18.9	18.1	35.1	34.1	28.8	43.9	42.7	36.6
1994	6.6	7.4	7.2	17.4	17.3	17.1	23.2	22.0	23.4	57.0	51.2	54.9	95.2	81.2	104.7
1995	7.1	7.4	6.9	16.6	16.5	21.1	28.9	28.8	31.2	39.1	37.8	49.8	57.8	53.9	60.0

In Tabelle 2.5 werden die Methoden II und III mit Methode I verglichen. Negative Werte bedeuten einen kleineren Wert gegenüber der Anwendung von Methode I. Der Vergleich zwischen Methode I und III zeigt die größten Differenzen in den einzelnen Jahresfrachten. Werden hingegen die Mittelwerte der drei Jahresfrachten betrachtet, so besteht zwischen den Methoden I und III die größte Übereinstimmung. Offensichtlich kompensieren sich die negativen und positiven Abweichungen der drei Einzeljahre nach Methode III, während Methode II in den Einzeljahren eher gleich gerichtete Abweichungen gegenüber Methode I aufweist.

Die Ursachen für die unterschiedlichen Ergebnisse in den Frachtberechnungen lassen sich mit dem vorliegenden, bereits aggregierten Datenmaterial nicht klären. Demzufolge kann auch keine objektive Begründung für die Wahl der einen oder der anderen Frachtberechnungsmethode gefunden werden. Im weiteren soll dennoch die Methode III verwendet werden, wobei die ermittelte Jahresfracht in jedem Fall als Schätzwert betrachtet werden muß.

**Tabelle 2.5:** Vergleich der Frachtberechnungsmethoden II und III mit der Methode I

Station	km 20		km 143		km 278		km 428,8		km 761,6	
Methode	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III
1993	-7%	2%	5%	20%	9%	9%	3%	18%	3%	17%
1994	-12%	-9%	1%	2%	-1%	-1%	10%	4%	15%	-10%
1995	-5%	3%	1%	-27%	-8%	-8%	3%	-27%	7%	-4%
Mittel	-8%	-1%	2%	-2%	0%	0%	5%	-2%	8%	1%

## 2.5. Quantifizierung des Abbau-/Retentionsvermögens von Flußabschnitten anhand der Beschaffenheitsdaten

Für die Charakterisierung des Abbau- bzw. Retentionsvermögens der Flußabschnitte wurden entsprechend Abb. 2.4 Nährstoffbilanzen für die einzelnen Flußabschnitte aufgestellt. Ausgehend von der Bilanzgleichung

$$0 = L_{OUT,j} - \sum_{i=1}^n L_{IN,j,i} - L_{DIFF,j,sub} - L_{DIFF,j,sur} - L_{POINT,j} - R_j \quad (2.6)$$

mit	$L_{OUT,j}$	Jahresfracht (kt/a) an der Bilanzmeßstation
	$L_{IN,j}$	Jahresfracht (kt/a) an den oberhalb liegenden Meßstationen desselben Flusses bzw. der Meßstationen in den einmündenden Flüssen
	$L_{DIFF,j,sub}$	Jahresfracht der diffusen unterirdischen Zuflüsse aus dem Eigeneinzugsgebiet des Flußabschnittes
	$L_{DIFF,j,sur}$	Jahresfracht der diffusen oberirdischen Zuflüsse aus dem Eigeneinzugsgebiet des Flußabschnittes
	$L_{POINT,j}$	Jahresfracht der punktuellen Einleitungen im Eigeneinzugsgebiet des Flußabschnittes
	$R_j$	jährlicher Abbau bzw. Retention des Flußabschnittes

kann für jeden Flußabschnitt das Retentionsvermögen ausgewiesen werden, wenn die diffusen und punktuellen Einträge aus dem Eigeneinzugsgebiet des Abschnittes bekannt sind.

Die Länge des jeweiligen Flußabschnittes ergibt sich aus den vorhandenen Meßstationen am Fluß. Für die Oder selbst bedeutet dies, daß – abgesehen von den zusätzlichen Meßstellen im Bereich der deutsch-polnischen Grenze – für vier Flußabschnitte Nährstoffbilanzen aufgestellt werden können. Tabelle 2.6 gibt einen Überblick über die Flußabschnitte, die verwendeten Meßstationen und die berücksichtigten Zuflüsse.

**Tabelle 2.6:** Bilanzabschnitte für den Fluß Oder

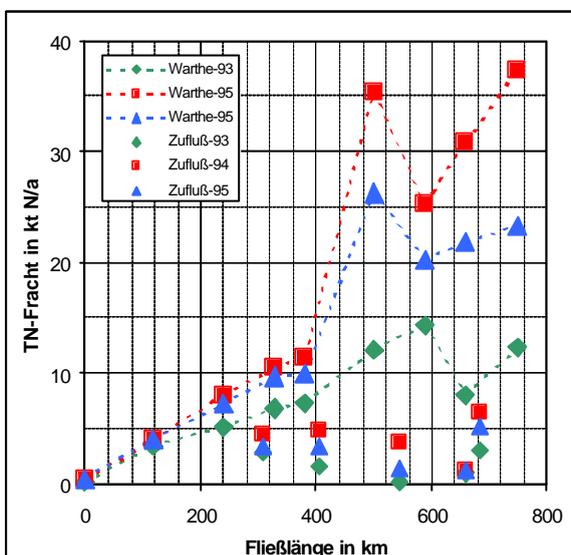
Flußabschnitt	Länge in km	Hauptgewässer		Zuflüsse		
		Meßstelle	Station	Name	Meßstelle	Station
I	123.0	1	20.0			
		2	143.0			
II	135.0	7	278.0	Mala Panew	3	158.5
				Nysa Klodzka	4	181.3
				Olawa	5	250.4
				Bystrzyca	6	266.5
III	150.8	10	428.8	Kaczawa	8	315.9
				Barycz	9	378.1
IV	332.8	30	761.6	Bobr	11	516.2
				Warta	12	617.6
				Plonia	32	753.1

In Abbildung 2.5 sind zunächst die nach Methode III (Gln. 2.3 bis 2.5) geschätzten Jahresfrachten des Gesamtstickstoffs (TN) für die Meßstationen an der Oder und den relevanten Zuflüssen

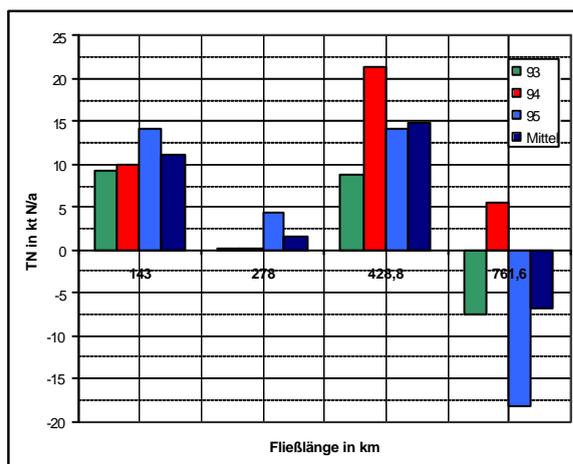
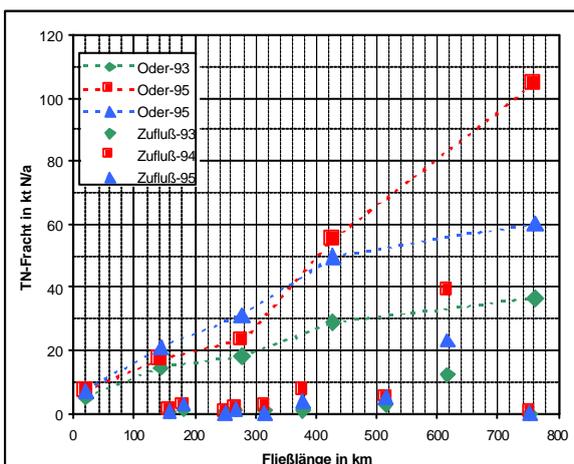
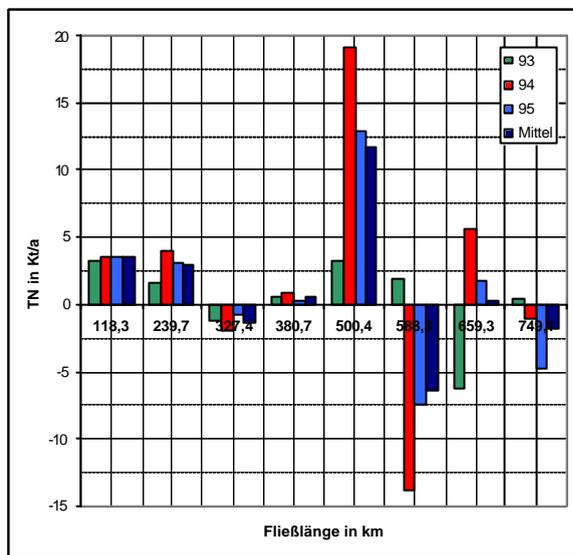
dargestellt. Es werden die beträchtlichen Unterschiede zwischen den Abflußjahren deutlich. So wird im Mündungsbereich der Oder im Jahr 1993 eine Fracht von 36,6 kt TN ausgewiesen. Bereits im darauffolgenden Jahr wird eine Fracht von 104,7 kt TN erreicht, wobei der Abfluß gerade einmal doppelt so hoch wie im Jahr 1993 war.

Abbildung 2.6 zeigt die nach Gl. (2.6) geschätzten Jahresbilanzen für TN sowie eine mittlere Bilanz für den Betrachtungszeitraum der vier Flußabschnitte. Zu beachten ist, daß die dargestellten Balken neben dem Abbau und der Retention des TN im Flußabschnitt ebenfalls die in ihrer Größe noch nicht bekannten Frachten aus den diffusen Quellen und den punktuellen Einleitern repräsentieren.

**Abb. 2.5:** Geschätzte Jahresfrachten des Gesamtstickstoffs in der Oder



**Abb. 2.6:** Geschätzte Jahresbilanzen für den Gesamtstickstoff in den Flußabschnitten der Oder



**Abb. 2.7:** Geschätzte Jahresfrachten des Gesamtstickstoffs in der Warthe

**Abb. 2.8:** Geschätzte Jahresbilanzen für den Gesamtstickstoff in den Flußabschnitten der Warthe

Tabelle 2.7 sowie Abb. 2.7 und 2.8 zeigen die Einteilung in Bilanzabschnitte und die Auswertungsergebnisse zum Gesamtstickstoff für die Warthe.

Mit der gegebenen Darstellung zum Gesamtstickstoff wird beispielhaft der methodische Weg aufgezeigt, der für zu bilanzierende Flußabschnitte zu den Parametern für Stoffabbau/-retention des im GIS zu kombinierenden Box-Ansatzes führt. Vergleichbare Auswertungen wären für Phosphor und weitere interessierende Inhaltsstoffe (z. B. Schwermetalle) vorzunehmen. Jedoch zeigen sich bereits an dem gewählten Beispiel die Schwächen, insbesondere die geringe räumliche und zeitliche Dichte, des verfügbaren Datenmaterials, die nur durch aufwendige weitere Erhebungen zu überwinden sein werden.

**Tabelle 2.7:** Bilanzabschnitte für den Fluß Warthe

Flußabschnitt	Länge in km	Hauptgewässer		Zuflüsse		
		Meßstelle	Station	Name	Meßstelle	Station
I	118.3	12	0.0			
		13	118.3			
II	121.4	14	239.7			
III	87.7	16	327.4	Ner	15	307.1
IV	53.3	17	380.7			
V	119.7	19	500.4	Prosna	18	403.5
VI	87.9	21	588.3	Welna	20	545.8
VII	71.0	22	659.3			
VIII	89.8	29	749.1	Obra	31	660.7
				Notec	28	683.3

## 2.6. Fazit und Ausblick

Der dargestellte Arbeitsstand dokumentiert die Ergebnisse einer zweijährigen Bearbeitungsphase des OBBSI-Teilprojektes "Naturwissenschaften – Odereinzugsgebiet". Das gewählte Vorgehen bildete die Grundlage für die zügige Umsetzung des Konzepts in einer vorgesehenen zweiten Projektphase. Die nach anfänglichen organisatorischen Schwierigkeiten ins Laufen gekommene Kooperation mit den polnischen Partnern sicherte neben der Bereitstellung der benötigten Gewässerdaten vor allem sachkundige methodische Unterstützung bei der Gliederung des Flußsystems der Oder und der Quantifizierung der morphologisch bestimmten Abbau- und Umsetzungsparameter für Nähr- und Schadstoffe. Die GIS-basierte Lösung zur Modellierung des Gesamtverhaltens des Odersystems hinsichtlich der Nähr- und Schadstofftransporte zum Oderhaff mit Kopplung zu den diffusen landwirtschaftlich verursachten Nährstoffeinträgen aus den Teileinzugsgebieten der Oder wurde vorbereitet und wäre bei Weiterführung des Vorhabens nach kurzer weiterer Bearbeitungszeit als Prototyp einsetzbar gewesen.

Probleme traten insbesondere in der Verfügbarkeit von Daten zu den punktuellen (industrielle und kommunale Kläranlagen) und diffusen Direkteinträgen und in der Beschaffbarkeit zeitlich und räumlich höher aufgelöster Konzentrations- und Abflußmeßwerte der Oder und ihrer größeren Nebenflüsse auf. Hier war zu hoffen, daß das Teilprojekt Umweltökonomie anhand der vorgesehenen Fallstudien zu polnischen Großstädten zu repräsentativen Aussagen kommen würde, die Hochrechnungen bzw. vorsichtige Übertragungen gesichert hätten. Engere Kooperationsbeziehungen zu tangierenden Forschungsprojekten und -einrichtungen (Internationales Oderprojekt – IOP; Universität Hamburg mit deutschen und polnischen Partnern,

Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei Berlin-Friedrichshagen), die in der Zwischenzeit angebahnt werden konnten, bieten dafür neue Möglichkeiten.

Der Volkswagen-Stiftung, vertreten durch Herrn Dr. Hagen Hof, kommt das Verdienst zu, das leider vorzeitig abgeschlossene Vorhaben in überwiegend unkomplizierter Weise im Sinne einer "Anschubfinanzierung" gefördert zu haben. Dafür danken ihr die Bearbeiter.

Die jüngsten Ausschreibungen des 5. EU-Rahmenprogramms für Forschung und technologische Entwicklung sowie des deutschen Bundesministeriums für Bildung und Forschung rücken Themen der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie wie auch des integrierten Küstenzonen-Managements, die bereits den Hintergrund des OBBSI-Verbundes bildeten, erneut in den Mittelpunkt. Damit werden die begonnenen Arbeiten zur Untersuchung und Bewertung von Stoffbelastungen des Odersystems hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Wasserbeschaffenheit bzw. die Stoffeinträge in das Oderhaff und die Küstengewässer der Ostsee sowie zur Entwicklung eines geeigneten naturwissenschaftlich-sozioökonomischen Entscheidungsunterstützungssystems ihre Fortsetzung in neu zu beantragenden Verbundprojekten finden.

## Literatur

- BRAUER, K. (1989): Daten-, Informations- und Wissenspeicher "Oder". ZALF, Institut für Landschaftswasserhaushalt, Müncheberg. Unveröff.
- DANNOWSKI, R., J. STEIDL, J. QUAIST, S. FRITSCHKE, M. BEHRENS, D. DEUMLICH, L. VÖLKER, W. MIODUSZEWSKI & I. KAJEWSKI (1999): Diffuse entries in rivers of the Oder Basin. Final Report Phase II. Eds.: H. Okruszko & W. Dirksen, Polska Akademia Nauk (PAN), Warszawa, und Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V. (DVWK), Bonn. – DVWK-Materialien Nr. 9, ISSN 1436-1639, Bonn (WVGW), XVI + 132 pp.
- HELLMANN, H. (1986): Analytik von Oberflächengewässern. – Stuttgart, New York (Thieme).
- ILNICKI, P. & R. KOROL (1999): Morphologische Gliederung der Täler und Stofftransport im Flußwasser der Oder, Warthe und Netze. Verbundprojekt der Volkswagen-Stiftung "Odra Basin – Baltic Sea Interactions (OBBSI)", Teilprojekt "Bilanzierung und Modellierung der Nährstoff- und Schwermetallfrachten für das Einzugsgebiet der Oder". Abschlußbericht der polnischen Arbeitsgruppe, Poznan.
- IMGW, PIOS, StUFA, LUA, StAUN (1998): Badania i ocena jakosci polsko-niemieckich wod granicznych w 1997 roku – Untersuchung und Einschätzung der Wasserbeschaffenheit der Grenzgewässer 1997. – Polnisch-deutsche Grenzgewässerkommission, Arbeitsgruppe W-2 "Gewässerschutz": Instytut Meteorologii i Gospodarski Wodnej, Wrocław, Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska, Szczecin, Staatliches Umweltfachamt Bautzen, Außenstelle Görlitz, Landesumweltamt Brandenburg, Außenstellen Cottbus, Frankfurt (Oder), Staatliche Ämter für Umwelt und Natur, Ueckermünde, Stralsund. 2 Bde.
- KELLER, M., M. HILDEN & M. JOOST (1997): Vergleich von Schätzmethoden für jährliche Stofffrachten am Beispiel des IKSR-Meßprogramms 1995. BfG-Bericht 1078, Koblenz.
- KONDRACKI, J. (1994): Geografia Polski – mezoregiony fizyczno-geograficzne. Warszawa (PWN).
- TONDESKI, A., P. STALNACKE, K. SUNDBLAD & A. GRIMVALL (1995): Source apportionment of the nutrient transport in the Vistula river. DIFusePOL '95, 2<sup>nd</sup> International IAWQ Specialized Conference and Symposia on Diffuse Pollution, Brno & Prague, CZ, Aug. 13 – 18. Proc. Pt. II: 613.
- TONDESKI, A. (1997): Control of nutrient fluxes in large river basins. Thesis, Linköping Univ. – Linköping Studies in Arts and Science, 157: 50 pp.
- WITGREN, H.B. & B. ARHEIMER (1995): Source apportionment of riverine nitrogen transport based on catchment modelling. DIFusePOL '95, 2<sup>nd</sup> International IAWQ Specialized Conference and Symposia on Diffuse Pollution, Brno & Prague, CZ, Aug. 13 – 18. Proc. Pt. II: 332-338.

### **3. Das Oder-Einzugsgebiet: Einträge durch Punktquellen und umweltökonomische Untersuchungen**

*Volker Wallbaum und K.-U. Rudolph*

*Institut für Umweltechnik und Umweltmanagement der Universität Witten/Herdecke*

Die Aufgabe des umweltökonomischen Bearbeitungsteils während der 1. Projektphase bestand vornehmlich darin, die Grundlagen für Kosten-Nutzen-Untersuchungen zu schaffen, anhand derer verschiedene Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerqualität im Untersuchungsgebiet beurteilt werden sollten. Der Schwerpunkt der Betrachtung lag dabei auf den wichtigsten von der HELCOM definierten Hot Spots im Odereinzugsgebiet (Katowice, Glogow, Lodz, Ostrawa, Szczecin, Wroclaw, Poznan und Zielona Gora), da diese für die punktuellen Einleitungen die Hauptverschmutzungsquellen darstellen und Maßnahmen an diesen Stellen den größten Erfolg bringen dürften. Darüber hinaus war hier die beste Datenlage vorhanden. Für o.g. Hot Spots sollte neben der Ermittlung der Einleiterstruktur eine Bestandsaufnahme der aktuellen Abwasserentsorgungseinrichtungen sowie der hierfür beabsichtigten Ausbaupläne erfolgen.

Darüber hinaus galt es zusätzlich allgemeinwirtschaftliche Daten, z.B. über die Bevölkerungs- und Industrieentwicklung, sowohl auf mikro- als auch auf makroökonomischer Ebene zu erheben. Schließlich sollte eine Stakeholder-Analyse durchgeführt werden, um die Einflüsse verschiedener Interessengruppen insbesondere für eine Umsetzung der ausgewählten Maßnahmen mit berücksichtigen zu können.

Die gesamte Datenbasis sollte in Verbindung mit den naturwissenschaftlichen Untersuchungen und Modellen die Grundlage für Kosten-Nutzen-Analysen zur Zusammenstellung effizienter Maßnahmenbündel und letztendlich zur Bestimmung der besten Lösung zur Verringerung der Schad- und Nährstoffbelastung im Untersuchungsgebiet bilden.

#### **3.1. Methoden: Entwicklung eines Zielsystems und Maßnahmenkataloges**

Um einzelne Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässergüte im Einzugsgebiet der Oder und der angrenzenden Küstengewässer beurteilen zu können, wurde in einem ersten Schritt ein Zielsystem entwickelt (vgl. Anhang 1). Dabei ist das Oberziel in einzelne Wertkonten bzw. Teilziele aufgespalten worden, die sich allgemein bei der Beurteilung wasserwirtschaftlicher Maßnahmen durchgesetzt haben. Jedes der einzelnen Wertkonten z.B. Verbesserung bzw. Sicherung der Umwelt, läßt sich in einzelne Teilbereiche aufgliedern. Dem genannten Beispiel sind u.a. die Teilbereiche Wasser, Boden und ökologische Leistungsfähigkeit zuzuordnen. Insgesamt ist das Zielsystem als eine Art „Brutto-Checkliste“ zu verstehen, anhand derer es möglich wird, verschiedene Maßnahmen hinsichtlich ihres Beitrages zur Zielerreichung miteinander zu vergleichen.

Die insgesamt in Frage kommenden Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässergüte finden sich in Anhang 2. Bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt erfolgte jedoch eine Konzentration auf Maßnahmen zur Verbesserung der Abwasserentsorgung, da hiervon die größten Impulse zu erwarten sind.

### 3.2. Methoden: Datenerhebung und -verwendung

Da die erforderliche Informationsbasis sowohl mikro- als auch makroökonomische Daten umfaßt, wurde bei der Erhebung folgendermaßen verfahren:

- Bottom up-Betrachtung  
unter Auswertung aktueller Bestandsunterlagen und Ingenieurplanungen wurden zunächst Daten über die punktuellen Haupteinleiter erhoben. Die Erhebung umfaßt sowohl Daten über bestehende Abwasserentsorgungseinrichtungen und Investitionspläne als auch allgemeine Informationen über die gesellschaftliche und industrielle Entwicklung, um Rückschlüsse auf den zukünftigen Abwasseranfall ziehen zu können.
- Top down-Betrachtung  
unter Auswertung geographischer Daten (z.B. Einwohnerdichte), demographischer Kennziffern (u.a. Bevölkerungsentwicklung) und wirtschaftlicher Kennzahlen (z.B. Bruttosozialprodukt) über die einzelnen Wojewodschaften<sup>4</sup> sowie Polen insgesamt. Diese Daten dienen vor allem dazu, die makroökonomischen Rahmenbedingungen und deren Entwicklung zu erfassen, was für die Festlegung einzelner Strategien von maßgeblicher Bedeutung ist. Zusätzlich wurden wesentliche Kennziffern über die Abwasserentsorgung in Polen insgesamt erhoben.

Trotz des großen Aufwandes bei der Datenrecherche stellte sich - wie bereits im Vorfeld erwartet - heraus, daß insbesondere die erforderlichen Daten über die Abwasserentsorgung der einzelnen Hot Spots nur z.T. verfügbar sind. Die Ursachen dafür sind vielfältiger Natur. So finden zur Zeit in Polen, als einer dynamischen und aufstrebenden Nation, in vielen Bereichen Umbrüche und Umstrukturierungen statt, woraus ungeklärte Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten resultieren (u.a. Neugliederung der Wojewodschaften zum 01.01.1999). Erschwerend kam hinzu, daß leider die Kooperationsbereitschaft der angeschriebenen Personen und Kontaktstellen häufig nicht sehr ausgeprägt ist, so daß auch teilweise vorhandenes Datenmaterial nicht zur Verfügung gestellt wurde. Als Konsequenz aus diesen Rahmenbedingungen wurde wie folgt vorgegangen:

1. Schritt: Literaturrecherche
2. Schritt: Informationsbeschaffung (durch schriftliche Umfragen und ergänzende fernmündliche Informationsbeschaffung sowie durch Einschaltung der polnischen Projektpartner, die Informationen vor Ort beschaffen konnten)
3. Schritt: Exemplarische Bearbeitung eines repräsentativen Klärwerksprojektes (Posen)
4. Schritt: Hochrechnung bzw. griffweise Schätzung von Daten für die „Hot Spots“ der HELCOM-Liste (wobei soweit wie möglich mit tatsächlich erhobenen Daten gearbeitet wurde, die durch Literaturwerte, eigene Hochrechnungen sowie Daten aus den Referenzregionen (Swinemünde, Beuthen oder Gubin) ergänzt wurden.)

Diese Vorgehensweise erschien insbesondere deshalb sinnvoll, da auch die Bestandspläne und Ingenieurplanungen vor Ort unvollständig und überarbeitungsbedürftig sind. Zudem sind nach Meinung polnischer Experten gerade die Ist-Kosten-Abschätzungen für unfertige Klärwerke nur eingeschränkt verwertbar, weil sie in „sozialistischer Bauweise“ errichtet worden sind und somit als Dauerbaustellen häufig schon abbruchreif sind, bevor die Inbetriebnahme erfolgen kann. Darüber hinaus zeigt die Erfahrung in Polen, daß bei Auftragsvergaben an Anlagenhersteller oder auch private Abwasserdienstleister (sog. Betreibermodelle sind in Polen in mehreren Fällen realisiert worden) von der Ursprungsplanung erheblich abweichende Lösungskonzepte und Kosten entstanden sind. Somit ist nach derzeitigem Informationsstand davon auszugehen, daß mit der

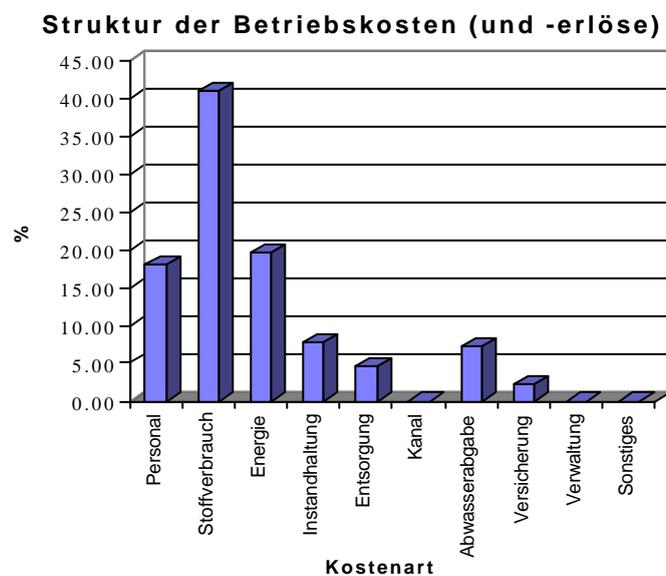
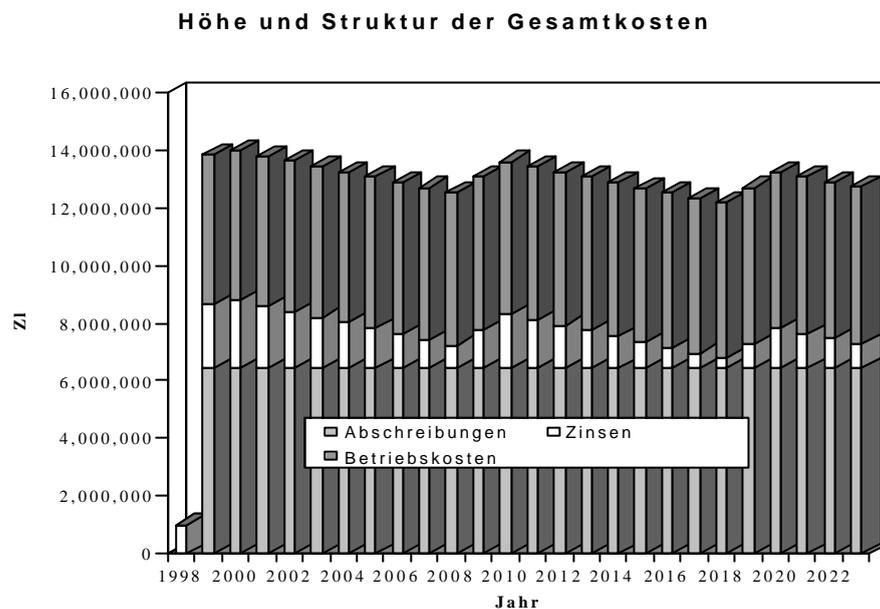
---

<sup>4</sup> Hier ist zu berücksichtigen, daß die Anzahl der Wojewodschaften am 01.01.1999 von ursprünglich 49 auf nun 16 Stück reduziert worden ist. Statistischen Daten liegen allerdings ausschließlich für die alte Wojewodschaftsstruktur vor.

beschriebenen Vorgehensweise eine bestmögliche Annäherung an die tatsächlichen Verhältnisse erzielt werden kann und sich Abweichungen bei Einzelprojekten in der Summe ausgleichen.

Zeitgleich mit der Datenrecherche wurden für die Weiterverarbeitung der Daten Modellbausteine definiert, die ursprünglich in einer zweiten Projektphase mit den Modellen der übrigen beteiligten Institute zu einem anwendungsreifen Softwaretool zusammengeführt werden sollten.

Hierzu wurde ein Programm entwickelt, das es ermöglicht, die Kosten der Abwasserentsorgung auf Basis der vorhandenen Anlagen und verschiedener Investitionsalternativen über einen Betrachtungszeitraum von max. 30 Jahren nach dynamischem Verfahren in Zloty/m<sup>3</sup> bzw. DM/m<sup>3</sup> zu errechnen. Dabei wird der Verlauf der verschiedenen Kostenarten über den gesamten Betrachtungszeitraum explizit errechnet und einzelne Größen graphisch dargestellt.



**Abb. 3.1:** Auszug aus Kostenkalkulationsprogramm

Darüber hinaus wurde als ein weiterer Baustein ein Berechnungsalgorithmus aufgestellt, um für verschiedene Maßnahmen (z.B. Investitionen in den Kläranlagenneubau) die Einkommens- und Beschäftigungseffekte zu berechnen.

Mit den aus bestimmten Investitionen in die Abwasserentsorgung resultierenden Gesamtkosten und Gebühren sowie den Frachtenänderungen und Arbeitsplatzeffekten sind wesentliche Größen gegeben, um Maßnahmen der Abwasserentsorgung mit anderen Möglichkeiten zur Verbesserung der Gewässerqualität (z.B. Verringerung des Düngemiteleintrages) vergleichen zu können. Zum anderen kann anhand eines Vergleichs der Abwassergebühr vor und nach Investitionsmaßnahmen abgeschätzt werden, wieviel Mittel aus dem Gebührenaufkommen inklusive sozialverträglicher Erhöhungen für Investitionen zur Verfügung stehen und wie hoch der Zuschußbedarf je nach Ausbaugröße sein würde.

Für eine abschließende Beurteilung ist es jedoch notwendig, das gesamte Wirkungsspektrum der einzelnen Alternativen (z.B. Auswirkungen auf den Tourismus) soweit wie möglich zu erfassen. Hierzu ist es notwendig, Auswirkungen der Frachtenänderungen in die naturwissenschaftlichen Modelle einzubringen, um Änderungen der Gewässergüte im Flußverlauf bis hin zur Ostsee zu beobachten und anschließend quantifizieren zu können.

Je nach zu definierendem Szenario wären dann die erforderlichen Ausbaumaßnahmen der Abwasserentsorgungseinrichtungen für verschiedene Standards (z.B. EU-Richtlinie) anhand der Bevölkerungszahl, -dichte sowie der Industriestruktur zu ermitteln. Als Grundlage für die Bemessung der notwendigen Kläranlagengröße kann vereinfacht untenstehende Formel herangezogen werden:

$$EW = E + EWG$$

EW = Einwohnerwerte

E = Einwohner

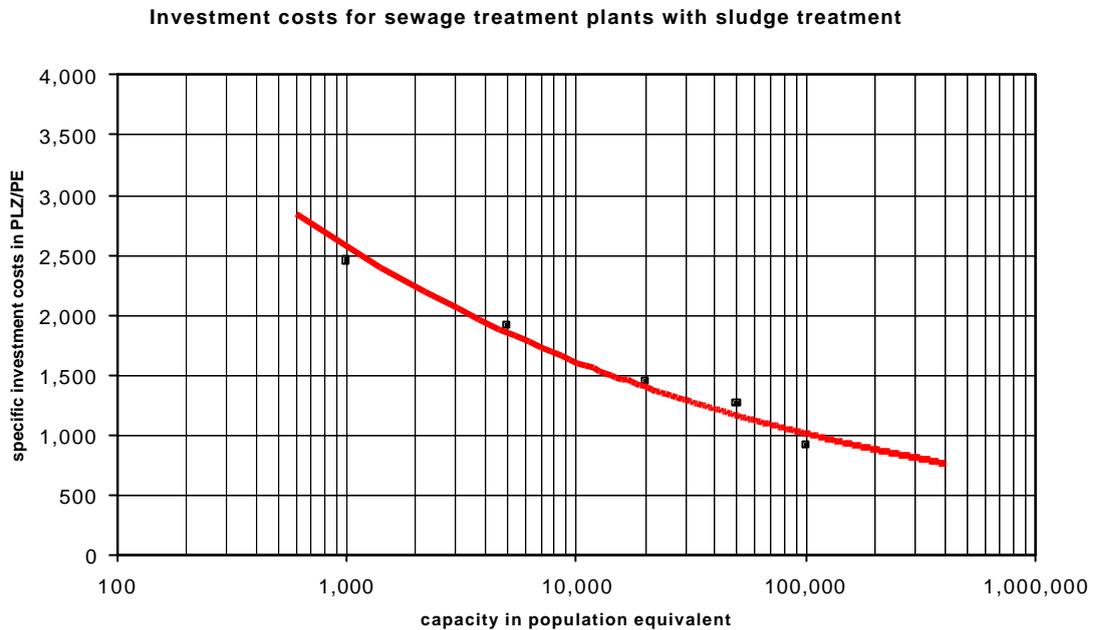
EWG = Einwohnergleichwerte

Die Bemessung der Kläranlage erfolgt somit maßgeblich nach Einwohnerwerten, denen eine bestimmte Fracht zugeordnet werden kann (frachtspezifische Bemessung). Die Fracht für die häuslichen Abwässer kann dabei aus den durchschnittlichen Werten pro Kopf, multipliziert mit der Einwohnerzahl, errechnet werden. Schwieriger gestaltet sich die Ermittlung der industriellen Frachten. Hier kann z.T. auf Statistiken zurückgegriffen werden, die die Abwassermengen und Frachten für einzelne Industriezweige enthalten. Diese können entsprechend dem Verschmutzungsgrad in Einwohnergleichwerte umgerechnet werden, wobei allerdings eventuelle industrielle Vorreinigungen zu berücksichtigen sind. Anhand der Kläranlagengröße ist es schließlich möglich, die Kosten abzuschätzen.

Abb.3.2 zeigt exemplarisch die Investitionsausgaben für den Neubau von Abwasserreinigungsanlagen mit Schlammbehandlung für verschiedene Größenordnungen. Die Kosten für das Kanalnetz hingegen lassen sich aus der Bevölkerungsdichte ermitteln. Somit können - selbstverständlich unter Berücksichtigung der polnischen Verhältnisse - die Kosten für die gesamten Abwasserentsorgungseinrichtungen abgeschätzt sowie die spezifische Gebühr ermittelt werden.

Ähnlich kann auch bei der Abschätzung der Ablaufwerte vorgegangen werden. So ist eine Hochrechnung auf die gesamten kommunalen Emissionen anhand von Größen wie Anschlußgrade, Bevölkerungsdichte im Einzugsgebiet, durchschnittlicher Trinkwasserverbrauch und eingesetzte Reinigungsverfahren möglich. Die industriellen Emissionen können aufgrund des

durchschnittlichen Abwasseranfalls pro Industriezweig und der zu erwartenden Reinigungsleistung abgeschätzt werden. Eine Verifizierung der Daten erfolgte anhand der Situationen in Swinemünde und Beuthen sowie in den übrigen Hot Spots.



**Abb. 3.2:** Modellkostenkurve für Kläranlagen

### 3.3. Mikro- und makroökonomische Daten

Zur genauen Spezifizierung verschiedener Entwicklungsszenarien und Maßnahmen konnte eine Vielzahl der notwendigen mikro- und makroökonomischen Eingangsdaten erhoben werden. Die Daten finden sich entweder im Kapitel 3.2. oder im Anhang 3:

Mikroökonomische Daten (Auszug):

- Einwohnerzahl
- Vorhandene Abwasserentsorgungseinrichtungen
- Einleiterstruktur
- Trink- und Abwassergebühren
- Anschlußgrade Trinkwasser/Abwasser

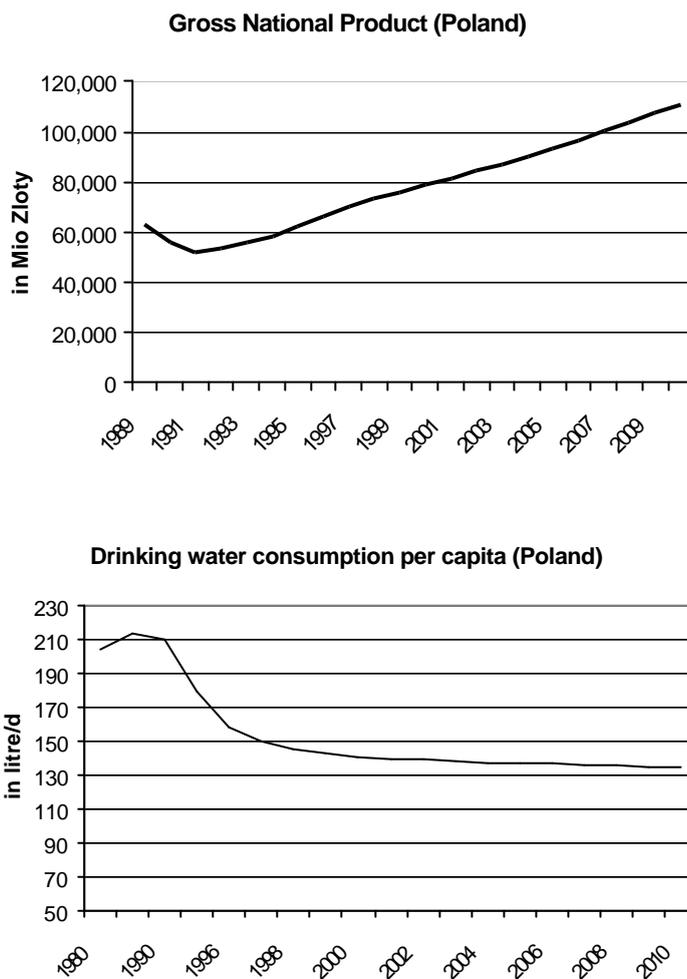
Makroökonomische Daten (Auszug):

- Bruttozialprodukt
- Bevölkerungsentwicklung
- Bevölkerungsdichte (Wojewodschaften)
- Pro-Kopf-Einkommen
- Arbeitslosenquoten
- Industrien (Wojewodschaften)
- Einleitungen der Oder in die Ostsee
- Trinkwasserverbrauch (Pro-Kopf)
- Landwirtschaftliche Flächen (Wojewodschaften)

- Düngemittelverbrauch

Für wesentliche Größen wurde jeweils auf Basis der Entwicklung der letzten Jahre und zu erwartender Änderungen eine Prognose für ihre zukünftige Entwicklung abgegeben. Exemplarisch sind hier die Grafiken für das Bruttosozialprodukt und den Trinkwasserverbrauch dargestellt.

Bedingt durch die dynamische Entwicklung im gesamten Land, sind für später zu entwickelnde Szenarien unterschiedliche makroökonomische Eingangsdaten zu verarbeiten, für die eine Prognose zumindest längerfristig sehr unsicher ist.



**Abb. 3.3:** Bruttosozialprodukt und Trinkwasserverbrauch in Polen

Interessanterweise ergibt sich hier ein "Selbststabilisierungseffekt" der Berechnungsergebnisse bei stark schwankenden Eingangsannahmen: Eine starke Wirtschaftsentwicklung geht zwar einher mit steigender Industrieproduktion, steigendem Wohlstand und höherer sanitärer Ausstattung mit verbessertem Komfort bei der Wasserverwendung. Gleichzeitig aber führt die Modernisierung der Technologien dazu, daß der spezifische Wasserverbrauch und der Abwasseranfall drastisch sinken. Die aus relativ wassersparsam agierenden Ländern (insbesondere Deutschland mit dem zweitniedrigsten Wasserverbrauch pro Kopf (129 l/E·d) nach Belgien (120 l/E·d), welches allerdings einen wesentlich schlechteren Ausstattungsgrad bei sanitären Anlagen in Haushalten aufweist) importierten Technologien wirken sich dahingehend aus, daß auch in Polen bei Neubauten wassersparende Spülkästen, in der Industrie moderne Kreislaufführungen (z.B. Galvanik, Textilfärbung) usw. eingesetzt werden. In außerordentlich florierenden Regionen (Posen

mit z.Zt. 2,9 % Arbeitslosigkeit gegenüber dem polnischen Durchschnitt von über 10 %) ist der spezifische Abwasseranfall trotz gesteigerter Industrieproduktion und hohen Pro-Kopf-Einkommens deshalb nicht höher als in entwicklungsschwachen Regionen (beispielsweise Kattowitz).

### **3.4. Vorhandene Abwasserentsorgungseinrichtungen: Status quo**

Auch wenn sich die Betrachtungen vornehmlich auf die Hot Spots konzentrieren, sollen hier einige wichtige Kennziffern der Abwasserentsorgung in Polen insgesamt genannt werden.

Zur Zeit weist die Abwasserentsorgung bzw. die Reinigungsleistung noch erhebliche Defizite auf, die sich zum einen in der geringen Anzahl der Kläranlagen begründen und zum anderen aus der schlechten Ausrüstung bzw. dem hohen Alter der Anlagen resultieren. So liegt das Durchschnittsalter der Kläranlagen bei über 30 Jahren. An das insgesamt 35.851 km lange Kanalnetz sind lediglich 32% der Bevölkerung angeschlossen. Insbesondere bei der ländlichen Bevölkerung beträgt der Anschlußgrad an das Abwassersystem nur 4%.

Insgesamt werden in Polen jährlich ca. 4 Mio. m<sup>3</sup> klärungsbedürftige Abwässer in Gewässer eingeleitet, wovon allerdings 35% nur unzureichend geklärt und weitere 30% völlig ungeklärt sind. Dies hat dazu geführt, daß etwa ein Drittel der polnischen Flüsse nicht die vorgeschriebenen Sauberkeitsnormen erfüllt. Die Anzahl der notwendigen Kläranlageneubauten für Industrie und Kommunen wird demnach auf ca. 1.900 beziffert. Zusätzlich wird mit einem Sanierungsbedarf für bestehende Anlagen in Höhe von 13-16 Mrd. US\$ kalkuliert.

Im folgenden sollen die vorhandenen Abwasserentsorgungsanlagen (Stand 1998) in den Hot Spots mit ihren wichtigsten Merkmalen kurz dargestellt werden. Dabei basieren die Aussagen auf tatsächlich erhobenen Daten, die z.T. durch Hochrechnungen und Plausibilitätsannahmen ergänzt wurden.

Insgesamt zeigte sich, daß der Zustand der Anlagen grundsätzlich relativ schlecht ist – Ausnahmen bilden vor allem Swinemünde und Ostrau (s. weiter unten). Die Ursachen sind zum einen in den verwendeten Baustoffen und Anlagenteilen zu sehen, die nicht mit deutschen Standards zu vergleichen sind. Zum anderen wurden die Anlagen wegen Geldmangels häufig in mehreren Etappen errichtet, so daß einzelne Bauteile z.T. jahrelang unbearbeitet blieben, bis die Anlage schließlich fertiggestellt wurde. Darüber hinaus ist davon auszugehen, daß sowohl aus Geldmangel als auch aufgrund fehlenden Know-hows keine ordnungsgemäße Betriebsführung (Wartung etc.) stattfindet und notwendige Sanierungen/Reinvestitionen unterbleiben. Die Lebensdauer dieser Anlagen und ihre Leistungsfähigkeit dürften also in der Regel unter denen der BRD liegen.

#### **Zielona Gora (Grünberg)**

In Grünberg wird zur Zeit eine Anlage neu gebaut, die jedoch noch nicht funktionsfähig ist. Da der Baufortschritt von verschiedenen Faktoren (u.a. Verfügbarkeit von Finanzmitteln) abhängt, kann der Zeitpunkt der Inbetriebnahme nicht mit Sicherheit vorausgesagt werden. Hier soll jedoch davon ausgegangen werden, daß diese Anlage im Jahre 2000 anlaufen wird und zumindest die neuen polnischen Standards erfüllt, die ab dem Jahr 2001 gelten werden. Der Anschlußgrad an das Kanalnetz beträgt in Grünberg 99,2%.

#### **Szczecin (Stettin)**

In Stettin wird das Abwasser überwiegend mechanisch gereinigt. Teilweise findet auch eine chemische bzw. biologische Reinigung statt, was allerdings nur auf ca. 30% der Wassermenge zutrifft. Zwar sind 87% der Anwohner an die Kanalisation angeschlossen, jedoch verfügt Stettin

insgesamt nicht über ausreichende Reinigungskapazitäten, da von den insgesamt 47,4 Mio. m<sup>3</sup> Abwasser, die in die Gewässer eingeleitet werden, nur 18,4 Mio. gereinigt werden.

#### Wroclaw (Breslau)

Mit dem Bau für die Kläranlage in Breslau wurde 1976 begonnen. Zwischenzeitlich wurde die Bautätigkeit allerdings aus Geldmangel unterbrochen, so daß die Anlage erst 1995 fertiggestellt wurde. Sie verfügt nur über eine mechanische Reinigung, die jedoch bis Ende 1999 um eine biologische Reinigungsstufe erweitert werden soll. Dadurch wird nicht nur die Reinigungsleistung verbessert, sondern auch die Kapazität von derzeit 9,1 Mio. m<sup>3</sup>/a auf ca. 33 Mio. m<sup>3</sup>/a erweitert. Nach dem Jahr 2000 ist beabsichtigt, die Anlagenkapazität auf 73 bis 110 Mio.m<sup>3</sup>/a zu erhöhen. Des weiteren sollen Hauptsammler für die Sammlung des Abwassers aus der Stadtmitte sowie aus den südlichen und westlichen Stadtteilen gebaut werden. Da der Anschlußgrad in Breslau bereits 99,3% beträgt, dürfte es sich hier um Sanierungsinvestitionen für überalterte Kanäle handeln. Ob dieses jedoch im anvisierten Zeitrahmen realisiert werden kann, darf bezweifelt werden.

#### Katowice (Kattowitz)

Die Stadt Kattowitz verfügt über insgesamt 11 Kläranlagen. Der überwiegende Teil des Schmutzwassers (ca. 64%) erfährt dabei neben der mechanischen zusätzlich eine biologische Reinigung. Lediglich ein minimaler Anteil (ca. 1,6%) wird chemisch behandelt. Insgesamt ist die Kapazität jedoch nicht ausreichend, so daß fast ein Drittel des Abwassers ungeklärt in die Gewässer eingeleitet wird. Da Kattowitz einen Anschlußgrad von 93% hat, kann davon ausgegangen werden, daß die Stadt über ein gut ausgebautes Kanalnetz verfügt. Da allerdings keine Informationen über den Zustand vorliegen, wird auch hier davon ausgegangen, daß das Netz insgesamt überaltert und sanierungsbedürftig ist.

#### Glogow (Glogau)

Glogau besitzt eine Anlage mit mechanischer Reinigungsstufe. Diese soll jedoch bis zum Jahre 2000 um eine biologische Stufe erweitert werden. Der Restwert der Kläranlage belief sich 1997 auf ca. 2 Mio. Zloty. 1997 wurden ca. 3,3 Mio. m<sup>3</sup> Abwasser angenommen. Gleichzeitig wurden ca. 6,7 Mio. m<sup>3</sup> ungeklärt in die Gewässer eingeleitet. Somit ist die Kläranlage nur in der Lage, ca. ein Drittel des insgesamt anfallenden Abwasservolumens zu behandeln. Es ist demnach anzunehmen, daß die Anlage permanent an ihrer Kapazitätsgrenze arbeitet und auch nur für ca. 3,3 Mio. m<sup>3</sup> Schmutzwasser pro Jahr ausgelegt ist. Der Anschlußgrad an die Abwasserkanalisation beträgt 99,4%. Das Netz hat eine Gesamtlänge von 113,3 Km, mit 100,2 Km Mischsystem, 7,9 Km Schmutzwasser- und 5,2 Km Regenwasserkanälen.

#### Lodz

Die Stadt Lodz leitet ihr Abwasser überwiegend ungeklärt in die Gewässer ein (80,7 Mio. m<sup>3</sup>/a). Nur 300.000 m<sup>3</sup> pro Jahr werden mechanisch-biologisch gereinigt. Demgegenüber ist jedoch ein gut ausgebautes Kanalnetz vorhanden, was durch einen Anschlußgrad von 94,9% belegt wird. Über den Zustand des Netzes liegen allerdings keine Angaben vor.

#### Bytom (Beuthen)

In Beuthen wird zur Zeit mehr als 80% des anfallenden Abwassers gereinigt. Neben der mechanischen Reinigung existieren auch biologische und chemische Stufen. Da sich die Kläranlage in keinem guten Zustand befinden und Sanierungen bzw. Erweiterungen dringend notwendig sind, gibt es bereits Bestrebungen, die Anlage mit Hilfe privater Unternehmen auszubauen. Dieses darf auch für das Kanalnetz gelten, an welches 98,5% der Einwohner angeschlossen sind.

## Swinoujscie (Swinemünde)

Im Jahre 1997 wurde die Kläranlage von Swinemünde in Betrieb genommen. Es handelt sich dabei um ein deutsch-polnisches Umweltschutzpilotprojekt, bei dem die Hälfte der Investitionsausgaben (20 Mio. DM) von der BRD übernommen wurde, weitere 11 Mio. DM wurden von deutscher Seite für Projektierung, Kanalbau und Personalschulung zugesteuert. Im Gegenzug wurde den Usedomer Kaiserbädern von der Stadt Swinemünde ein 20prozentiges Nutzungsrecht für zunächst 30 Jahre eingeräumt. Die Kläranlage in Swinemünde ist eine mechanisch-biologische Anlage mit weitergehender Phosphor- und Stickstoffelimination, die dem neusten Stand der Technik entspricht. Sie ist für 185.000 Einwohnerwerte ausgelegt worden und kann jährlich 10,2 Mio. m<sup>3</sup> Schmutzwasser übernehmen. Da die Anlage erst kürzlich errichtet wurde und somit auch für die aktuellen und zu erwartenden zukünftigen Verhältnisse dimensioniert wurde, kann davon ausgegangen werden, daß das gesamte im Kanalnetz anfallende Schmutzwasser in der Kläranlage behandelt wird. Abweichungen könnten sich höchstens durch unkorrekte Betriebsführung ergeben.

## Ostrava (Ostrau)

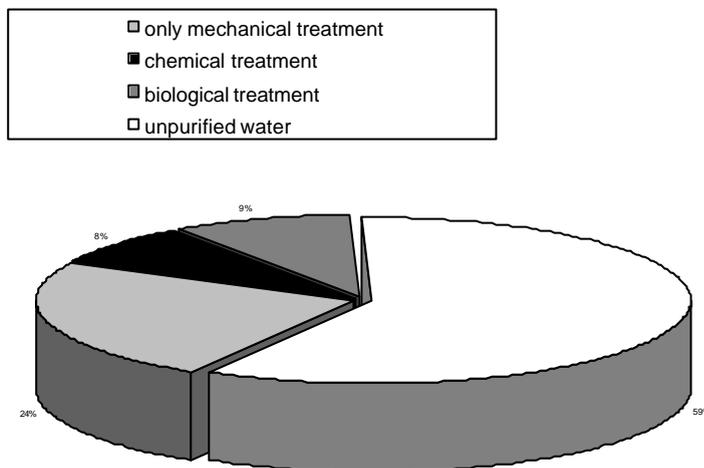
Neben den polnischen Hot Spots beeinflussen auch die Einleitungen der Stadt Ostrau in der Tschechischen Republik die Wasserqualität der Oder und letztendlich auch die der Ostsee. Seit 1994 gibt es zwischen der Stadt Ostrau und dem französischen Unternehmen Lyonnaise des Eaux einen Kooperationsvertrag über eine Laufzeit von 30 Jahren. Im Zuge dieser Kooperation wurde 1996 eine den neuesten Erkenntnissen entsprechende Kläranlage in Betrieb genommen. Sie verfügt über eine Kapazität von 800.000 EW und kann eine sichere Abwasserentsorgung für Ostrau gewährleisten.

**Tabelle 3.1:** Vorhandene Abwasserentsorgungseinrichtungen in den Hot Spots

	Poznan Posen	Zielona Gora Grün- berg	Szczecin Stettin	Wroclaw Breslau	Katowice Kattowitz	Glogow Glogau	Lodz	Bytom Beuthen	Swinouj- scie Swine- münde
Anschlußgrad (in %)	94,0	99,2	87,0	99,3	93,0	99,4	94,9	98,5	99,1
Kapazität (in Mio. m <sup>3</sup> /a)	ca. 62,0	0	18,4	ca. 9,1	37,5	3,3	0,3	40,9	10,2
Eingeleitete Abwässer (in Mio. m <sup>3</sup> /a) insgesamt	60,2	8,9	47,4	57,7	50,6	9,0	81,0	48,8	ca. 8,0
gereinigt insgesamt	59,8	0	18,4	9,0	37,5	3,3	0,3	40,9	ca. 8,0
davon nur mechanisch	36,4	0	13,2	9,0	13,0	3,3	0	17,5	0
biologisch	2,5	0	1,9	0	23,9	0	0,3	9,2	8,0
chemisch	21,2	0	3,3	0	0,6	0	0	14,2	0
Weitergehende N u. P Elimination	0	0	0	0	0	0	0	0	8,0
ungereinigt insgesamt (in Mio. m <sup>3</sup> /a):	0,4	8,9	29,0	48,7	13,1	5,7	80,7	7,9	?
davon aus Betrieben/In- dustrie (in %)	85,8	0	2,2	63,2	26,5	0	1,1	0,9	?
davon aus städt. Kanal (in %)	14,2	100	97,8	36,8	73,5	100	98,9	99,1	0

## Guben-Gubin (Referenzanlage)

Neben Swinemünde dient auch die Kläranlage im polnischen Gubin zur Verifizierung der Daten. Hier handelt es sich ebenso wie bei der Anlage in Swinemünde um ein deutsch-polnisches Gemeinschaftsprojekt. Die Anlage mit einem Bauvolumen von 30 Mio. DM wurde im Jahre 1997 nach 2 jähriger Bauzeit in Betrieb genommen und besitzt eine Kapazität von rund 90.000 EW. Wesentliche Zuschußgeber waren das BMU (6,6 Mio. DM), das Brandenburgische Umweltministerium (4,4 Mio. DM) und die EU (8 Mio. DM). Dabei ist vorgesehen, daß die Anlage zu etwa zwei Dritteln ihrer Kapazität die Abwässer von Guben und umliegenden deutschen Kommunen reinigt. Es handelt sich hier um eine mechanisch-biologische Abwasserbehandlungsanlage mit einem nachgeschalteten biologischen Drei-Phasen-Reinigungsprozeß, die bereits den anspruchsvollen europäischen Standards gerecht wird. Durch die Abwasserbehandlung kann die jährliche Schadstoffbelastung der Neiße schließlich um 3.400 t organische Verbindungen, 270 t Stickstoff sowie 50 t Phosphor reduziert werden. Eine Zusammenstellung der Situation an den Hot Spots und Referenzstandorten findet sich Tab. 3.1.



**Abb 3.4:** Abwasserbehandlung in den Hot Spots

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß 59 % der Abwässer in den Hot Spots überhaupt keine Reinigung erfährt, 24 % nur mechanisch gereinigt und lediglich 17 % einer weitergehenden Behandlung unterzogen werden. Aus dem Abwasseranfall, den Frachten und Behandlungsverfahren resultieren schließlich die in Tabelle 2 gezeigten Einleitungen.

**Tabelle 3.2:** Einleitungen aus kommunalen Kläranlagen

Parameter	Poznan (Posen)		Wroclaw (Breslau)		Glogow (Glogau)		Swinoujscie (Swinemünde)	
	mg/l	t gesamt	mg/l	t gesamt	mg/l	t gesamt	mg/l	t gesamt
CSB	359,46	22.163	141	7.938	420,17	1.381	50,00	409
BSB <sub>5</sub>	149,78	9.235	87	4.989	259,03	851	10,00	82
Schwebstoffe	133,82	8.251	55	3.097	121,20	398		
N gesamt	46,65	2.685	21	1.064	55,70	183	16,00	131
P gesamt	4,32	271	3,40	169	24,08	79	1,00	8

Diese Zahlen beinhalten auch einen Großteil des Gewerbes bzw. der Industrien in den jeweiligen Hot Spots, da vielfach die Abwässer indirekt (d.h. über die kommunalen Kläranlagen) in den Vorfluter eingeleitet werden.

### **3.5. Abwasserentsorgungseinrichtungen: Detailstudie über Posen**

In Einzugsgebiet von Posen existieren insgesamt 4 Kläranlagen, von denen zur Zeit keine weder die polnischen noch die EU-Grenzwerte einhält. Die größte Anlage in Kozielowy (COS) mit einer Reinigungsleistung von ca. 102.000 m<sup>3</sup>/d wurde 1986 in Betrieb genommen und verfügt lediglich über eine mechanische Reinigungsstufe. Es ist allerdings beabsichtigt, bis zum Mai des Jahres 2000 auch eine biologische Reinigungsstufe einzurichten, womit die Anlage dann die polnischen Grenzwerte einhalten könnte. Die zweite Großanlage in Lewobrzezny (LOS) mit einer Reinigungsleistung von ca. 60.000 m<sup>3</sup>/d reinigt das Wasser mechanisch und besitzt zusätzlich eine chemische Reinigungsstufe. Sie wurde bereits im Jahre 1908 errichtet und ist vollständig renovierungsbedürftig. Zusätzlich sind noch zwei kleinere Anlagen (Strzeszyn und Szlachecin) vorhanden, die zusammen ca. 3.000 m<sup>3</sup>/d mechanisch und biologisch reinigen. Sie arbeiten jedoch an ihrer Kapazitätsgrenze, so daß es häufig zu Überlastungen kommt. Die maximale Kläranlagenkapazität aller Anlagen in Posen beträgt ca. 165.000 m<sup>3</sup>/d. Dies ist jedoch nicht ausreichend, um den gesamten Abwasseranfall bewältigen zu können. Als Konsequenz wird ein Teil des Abwassers ungeklärt in die Warthe geleitet.

Der Anschlußgrad an das Abwassernetz beträgt 94%. Die Pumpstationen sind mit einer Ausnahme (Garbary) in gutem Zustand, da der größte Teil erst innerhalb der letzten 3-4 Jahre errichtet worden ist. An Kanalanlagen sind 160 Km Mischsystem im Stadtzentrum vorhanden, welches jedoch veraltet und hydraulisch überlastet ist, was zu regelmäßigen Überläufen selbst bei Trockenwetter führt. Darüber hinaus verfügt Posen über 470 Km Schmutzwasser- und 410 Km Regenwasserkanäle. Die gesamten in die Warthe eingeleiteten Frachten aus der kommunalen Abwasserentsorgung, die aus den gegenwärtigen Reinigungskapazitäten resultieren, sind bereits in Kapitel 3.2.1. dargestellt worden.

Laut einer Studie sind Investitionen in Höhe von ca. 79 Mio. US\$ in den Jahren 1998 bis 2005 für Sanierung und Ausbau der Abwasseranlagen erforderlich. Ab dem Jahre 2006 würden in den Folgejahren noch einmal ca. 289 Mio. US\$ notwendig sein (s. Investitionsplan im Anhang). Die Investitionen beinhalten zu einem großen Teil die Sanierung und den Ausbau des Kanalnetzes, um die Überläufe zu reduzieren. Darüber hinaus umfaßt der Investitionsplan auch eine Modernisierung der Kläranlagen, einschließlich einer Erweiterung der gesamten Abwasserkapazität auf ca. 290.000 m<sup>3</sup>/d, wobei der größte Teil bereits durch den Ausbau der COS-Anlage erzielt wird.

Bei COS besteht allerdings die Gefahr, daß die Verbesserung der Reinigungsleistung durch die biologische Reinigungsstufe, welche zur Einhaltung der polnischen Standards führen würde, trotzdem nicht ausreichen könnte. Diese Situation würde dann eintreten, wenn Teile der Warthe zu empfindlichen Gebieten erklärt werden würden, da von ihr aus Nährstoffe auch in die Ostsee gelangen. Sollten daraufhin die strengeren EU-Standards Anwendung finden, die insbesondere bei Stickstoff eine höhere Reinigungsleistung verlangen, wäre die Anlage überfordert.

Momentan besteht noch Unsicherheit darüber, ob die LOS-Anlage in eine reine Regenwasserbehandlungsanlage umgebaut werden soll, oder ob sie auch mit einer biologischen Reinigungsstufe versehen werden soll, was zusätzlich Investitionen in Höhe von ca. 21,4 Mio. US\$ erforderlich machen würde.

Da jedoch die Trinkwasserver- und die Abwasserentsorgung privatisiert wird (voraussichtliche Vergabe im Jahre 2000), kann davon ausgegangen werden, daß die tatsächlichen Investitionskosten in Sanierung und Ausbau der Abwasseranlagen von dieser Prognose abweichen werden.

Im folgenden sollen nun einige wesentliche Aspekte eines Ausbaus der LOS von einer mechanisch-chemischen zu einer biologischen Anlage dargestellt werden, die zu einer Beurteilung dieser Maßnahme beitragen und letztendlich bei einer Entscheidungsfindung berücksichtigt werden sollten. Die folgende Tabelle zeigt die aktuellen Eingangswerte und Ablaufwerte an der LOS-Anlage, sowie die Ablaufwerte, wie sie nach dem Ausbau im Jahre 2000 mindestens eingehalten werden müssen. Zusätzlich sind die dazugehörigen Frachten für einen durchschnittlichen Abwasseranfall von 60.000 m<sup>3</sup>/a ausgewiesen.

Parameter	Eingangswerte (mg/l)	Ablaufwerte aktuell (mg/l)	einzuhaltende Ablaufwerte nach Ausbau (mg/l)
CSB	600,0	ca 240,0	75,0
BSB	250,0	ca. 100,0	15,0
Schwebstoffe	300,0	ca. 120,0	50,0
Stickstoff gesamt	55,0	ca. 44	30,0
Phosphor	6,5	ca. 1,65	1,5
<b>Frachten</b>	<b>(t/a)</b>	<b>(t/a)</b>	<b>(t/a)</b>
CSB	13.140,0	ca. 5.256,0	1.642,5
BSB	5.475,0	ca. 2.190,0	328,5
Schwebstoffe	6.570,0	ca. 2.628,0	1.095,0
Stickstoff gesamt	1.204,5	ca. 963,6	657,0
Phosphor	142,4	ca. 36,1	32,9

**Tabelle 3.3:** Abwasserbehandlungsanlage LOS

Die folgenden Grafiken zeigen zum einen die prozentuale Frachtreduzierung der einzelnen Parameter. Zum anderen sind die allein aus den Investitionskosten in Höhe von 21,4 Mio. US\$ (85,17 Zl) resultierenden realen Gebühren dargestellt. Über einen Zeitraum von 30 Jahren wären hier inklusive erforderlicher Reinvestitionen zusätzliche reale Gebühren in Höhe von 0,30 Zl/m<sup>3</sup> zu verzeichnen.

Neben den Frachtreduzierungen sind als weitere Nutzen aus den Investitionen auch Beschäftigungseffekte zu berücksichtigen. Hier würden je nach Auslastung der Unternehmen bis zu 789 Arbeitsplätze für ein Jahr neu geschaffen werden können.

Um nun die Verbesserung der Gewässerqualität im Odereinzugsgebiet sowie der Ostsee zu quantifizieren, wären die Frachtreduzierungen in die Gewässermodelle der Naturwissenschaftler einzugeben. Somit ließen sich Aussagen darüber tätigen, welchen Wirkungsgrad die Investitionen hinsichtlich z.B. des Saprobienindex haben (Kosten-Wirksamkeits-Funktion).

In Anhang 4 sind die levels of service (LOS) für den Trink- und Abwasserbereich aufgeführt, die als ein Katalog durchzuführender Maßnahmen und zu erreichender Standards über einen bestimmten Zeithorizont zu sehen sind.

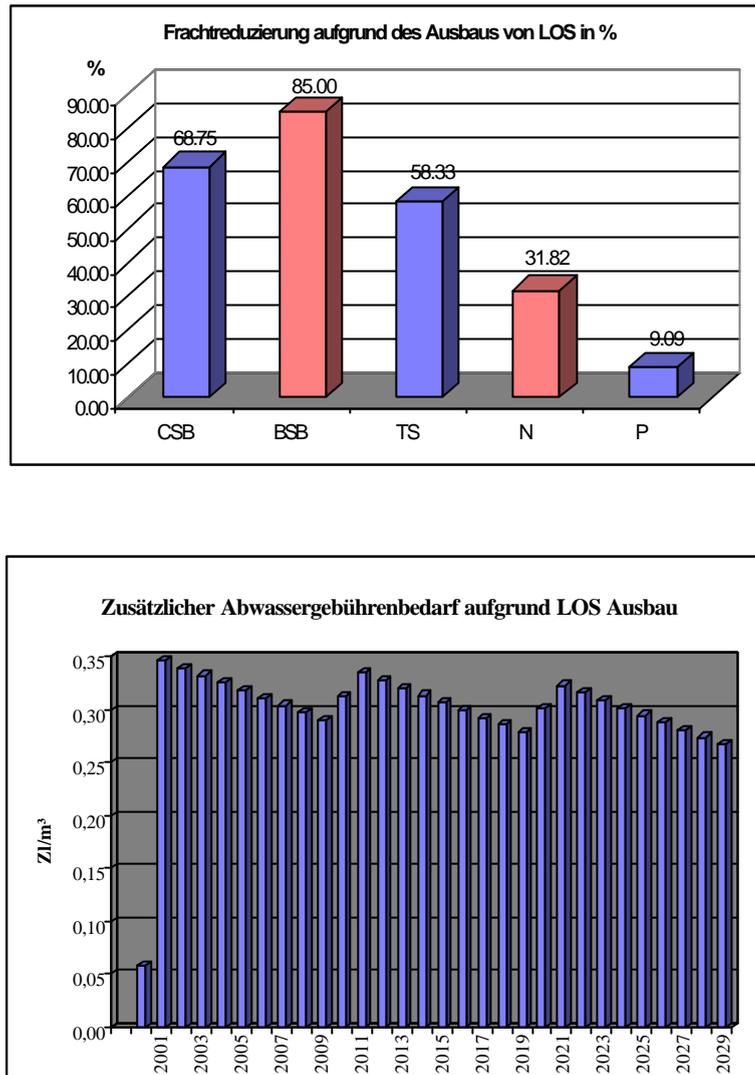


Abb. 3.5: Frachtreduzierung LOS und zusätzlicher Abwassergebührenbedarf

### 3.6. Stakeholder

Grundsätzlich dürfte den meisten Bürgern an einer Reduzierung des Verschmutzungsgrades von Oder und Ostsee gelegen sein, sei es aus Gründen der Gewässernutzung oder schlicht aus ästhetischen Überlegungen heraus. Allerdings werden einige Gruppen mit Sicherheit ein verstärktes Interesse an gewässergüteverbessernden Maßnahmen besitzen.

Hierzu zählt insbesondere die Fischereiindustrie, die mit erheblichen Ertragssteigerungen rechnen dürfte, sollten die Maßnahmen erfolgreich sein. Darüber hinaus bestehen auch für die Tourismusindustrie (vor allem an der Ostseeküste) Abhängigkeiten zwischen Umsatz und Gewässerqualität. Die Städte und Regionen sind u.a. an dem Imagegewinn interessiert, der durch saubereres Wasser zu verzeichnen wäre.

Je nachdem, durch welche Maßnahmen eine Verbesserung der Wasserqualität erreicht werden soll, ergeben sich weitere Vorteile für bestimmte Gruppen. So würde sich aufgrund evtl. Klärwerksbauten die Auftragslage der Bauindustrie verbessern, was nicht nur Einkommenssteigerungen nach sich ziehen würde, sondern auch zur Sicherung/Schaffung von Arbeitsplätzen führen könnte. Darüber hinaus wären dadurch höhere Steuereinnahmen bei Staat

und Kommunen zu verzeichnen sowie eine Einsparung an Arbeitslosengeld durch die gesicherten/neu geschaffenen Arbeitsplätze.

In Abhängigkeit von den einzelnen Maßnahmen wird es jedoch - neben oben beschriebenen Vorzügen - auch zu Nachteilen für diverse Gruppen kommen. So würde sich z.B. aufgrund von Investitionen in den Abwasserbereich die Gebühr erhöhen, die Industrie hätte u.U. Reinigungsaufgaben umzusetzen oder die Bauern könnten zu einer Umstellung ihrer Produktion angehalten werden. So wird trotz weiter oben aufgeführter Vorteile je nach Ausgestaltung des Maßnahmenbündels mit Widerstand von einzelnen Interessengruppen zu rechnen sein.

### 3.7. Empfehlungen

Während der Datenerhebung und -auswertung zeigte sich, daß für die betrachteten Gebiete ein weiterer Ausbau der Kläranlagen gem. EU-Standard aus ökonomischen Gründen zunächst keinen Sinn macht. Dieses würde zwar Verbesserungen der Gewässergüte nach sich ziehen, andererseits jedoch zu unverhältnismäßig hohen Kosten und (sofern keine signifikante Subventionierung erfolgt) zu einem erheblichen Anstieg der Abwassergebühren führen, der politisch nur schwer durchsetzbar sein würde.

Aus diesen Gründen empfehlen wir, eine schrittweise Erfüllung der festgelegten Standards für die einzelnen Einzugsgebiete zuzulassen. Dabei sollten auch die Ergebnisse des naturwissenschaftlichen Bearbeitungsteils berücksichtigt werden und Maßnahmen mit besonders hoher Kostenwirksamkeit ergriffen werden. So könnten beispielsweise aufgrund der Erkenntnis, daß im Frühjahr Phosphat und im Sommer die Stickstoffverbindungen der limitierende Faktor für das Phytoplankton sind, bestimmte Klärwerkstypen errichtet werden, die genau auf diese Situation abgestimmt sind. Hier wäre z.B. an hochbelastete Belebungsanlage mit chemischer Fällung zu denken, die vergleichsweise kostengünstig sind, aber einen hohen Wirkungsgrad bezüglich der Kohlenstoffverbindungen und der Elimination von Phosphaten, Schwermetallen und persistenten Stoffen aufweisen.

Parallel zu Kläranlagenneubauten würde sich vielfach ein Ausbau des Kanalnetzes als sinnvoll erweisen, da die Netze wie z.B. in Posen häufig überlastet sind, was zu Überlaufen führt, deren Fracht hinsichtlich der gewässergüterrelevanten Parameter häufig höher ist als die Reduzierung, die mit besseren Kläranlagen erzielt werden könnte. Am Beispiel der Detailuntersuchungen für Posen sind die LOS (levels of service) als Kriterienkatalog mit Zeithorizont anliegend aufgelistet worden.

### Literatur

- BOHN, T., 1993: Wirtschaftlichkeit und Kostenplanung von kommunalen Abwasserreinigungsanlagen, Schriftenreihe des Institutes für Baubetriebslehre der Universität Stuttgart, Stuttgart, p. 192.
- CONSTANZA, R., D'ARCE, R., 1997: The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature*, 387: 253-260.
- FRANKFURTER ALLGEMEINE ZEITUNG GmbH, 1997: Wirtschaftshandbuch Polen. Deutsch-Polnische Wirtschaftsförderungsgesellschaft AG, Vereinigung der Unternehmensverbände in Berlin und Brandenburg e.V., 2. Auflage 1997, p. 59.
- GENSCHOW, E., MULL, R. 1997: Kosten-Wirksamkeits-Beziehungen als Bewertungsmaßstab zur Verbesserung der Gewässergüte, *Korrespondenz Abwasser* 44, 2: 239-248.
- GLOWNY URZAD STATYSTYCZNY, 1997: Rocznik Statystyczny, Warszawa, p. 715.
- GLOWNY URZAD STATYSTYCZNY, 1998: Maly Rocznik Statystyczny, Warszawa, p. 546.
- HANUSCH, H., 1994: Nutzen-Kosten-Analyse, München, p. 202.

- INSTITUT FÜR KONJUNKTUR UND PREISE DES AUßENHANDELS (Hrsg), 1998: Wirtschaftsstandort Polen 1997/1998 - Sonderausgabe für deutsche Investoren. Warschau, p. 61.
- JANCZUKOWICZ, W., KRZEMIENIEWSKI, M., PESTA, J., 1998: Wastewater Management in Polish Rural Areas, UTA International 3: 174-178.
- KALTEMEIER, D., 1997: Die EG-Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IUV-Richtlinie) aus Sicht des Gewässerschutzes. Korrespondenz Abwasser 44, 6: 1029-1036.
- KUHNERT, L., SCHROEDTER, W. 1998: Auslastungsgrad und Kapazitäten von Kläranlagen, Korrespondenz Abwasser 45, 3: 514-521.
- LEIST, H.-J., MAGOULAS, G., 1997: Nachhaltigkeit in der Wasserversorgung., gwf, 138, 4: 166-172.
- NEHRING, D., 1997: Die Ostsee auf dem Weg der Genesung?, Wasser & Boden 49, 5: 18-25.
- REICHERTER, E., GÜNTHER, F.W.: Ein Modell zur Kostenschätzung für die Abwasserkanalisation, Korrespondenz Abwasser 44, 2: 203-209
- PFLÜGNER, SIEGLER, H.-J., KALIORAS, D., 1993: Bewertungshandbuch ‚Ansätze zur monetären Nutzenermittlung in der Wasserwirtschaft‘. Erstellt im Auftrag der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), LAWA-Arbeitsgruppe Nutzen-Kosten-Untersuchungen in der Wasserwirtschaft, Braschel + Schmitz, IFB-Planungsgruppe, München, p. 355.
- PIMM, S. L., 1997: The value of everything, Nature 387: 231-232.
- RUDOLPH, K.-U., 1980: Über die Bedeutung ökologischer und anderer außerökonomischer Wertkomponenten bei Nutzen-Kosten-Betrachtungen im Bereich Wassergütwirtschaft. ZfU-Zeitschrift für Umweltpolitik 1: 537.
- RUDOLPH, K.-U., 1980: Die Mehrdimensionale Bilanzrechnung als Entscheidungsmodell der Wassergütwirtschaft". Schriftenreihe WAR 5 (Herausgeber: Verein zur Förderung des Institutes für Wasserversorgung, Abwasserbeseitigung und Raumplanung, Technische Hochschule Darmstadt), p. 300.
- RUDOLPH, K.-U., 1986: Wasserwirtschaftliche Anwendungsbeispiele der mehrdimensionalen Projektbewertung, Wasser und Boden 3,: 114.
- RUDOLPH, K.-U., 1987: Wasser und Umwelt, Perspektiven 11: 22-25.
- RUDOLPH, K.-U., 1992: Umweltökonomie – Anwendungsbeispiele der Wasserwirtschaft. In: WASSER – Eine Einführung in die Umweltwissenschaften, hrsg. von Hans Reiner Böhm und Michael Deneke, Darmstadt: Wiss. Buchges, p. 254.
- RUDOLPH, K.-U., GÄRTNER T. 1998: Kostensenkungsprogramm beim Neubau, Umbau und Betrieb von Kläranlagen. In: Handbuch Kommunales Abwasser, Hrsg.: Claus Walter Schmitz, Bonn: 285-319.
- RUDOLPH, K.-U., 1998: Handlungsspielräume einer nachhaltigen Abwasserwirtschaft, Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht 1: 79 ff.
- STATISTISCHES BUNDESAMT 1995: Länderbericht Polen, Wiesbaden, p. 169
- UMWELTBUNDESAMT, 1982: Die monetären Nutzen gewässergüteverbessernder Maßnahmen, dargestellt am Beispiel des Tegeler Sees in Berlin. Berichte des Umweltbundesamtes 3/82, Berlin, p. 358.
- UMWELTBUNDESAMT, 1991: Umweltbedingte Folgekosten im Bereich Freizeit und Erholung, Texte 4/91 des Umweltbundesamtes, Berlin, Teil 5: 1-42.
- UMWELTBUNDESAMT, 1991: Kosten und Wertschätzung des Arten- und Biotopschutzes, Berichte 3/91 des Umweltbundesamtes, Berlin, p. 629.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1997: Combined Sewer Overflows - Guidance For Financial Capability Assessment And Schedule Development. Washington, D.C., p. 59.
- VELWISCH, D., 1998: Europäische Vorgaben für die Wasserwirtschaft. Korrespondenz Abwasser 45, 12: 2309-2321.
- ZWINTZ, R. 1986: Zur monetären Bewertung volkswirtschaftlicher Kosten durch die Grundwasserver-schmutzung. Berichte 7/86 des Umweltbundesamtes, Berlin: 215.

## 4. Das Oder-Ästuar: Nährstoffbelastung und Modellierung der trophischen Entwicklung

*Christoph Humborg<sup>1,3</sup>, Katja Fennel<sup>1</sup>, Marianna Pastuszak<sup>2</sup> und Wolfgang Fennel<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Institut für Ostseeforschung Warnemünde*

<sup>2</sup> *Sea Fisheries Institute, Department of Oceanography, Gdynia, Poland*

<sup>3</sup> *Department of Systems Ecology, Stockholm University, Sweden (aktuelle Adresse)*

### 4.1. Zielsetzung

Das Ziel dieses Forschungsvorhabens ist eine adäquate Budgetierung und Modellierung der Nährstoff- und Schwermetallflüsse im Oderhaff, der Pommerschen Bucht und der angrenzenden Küstengewässer. Eine Studie über die Schwermetallfrachten der Oder und deren Verbleib in der Ostsee wurde in jüngster Zeit vom IOW bereits parallel erarbeitet (LEIPE et al., 1998), auf deren Ergebnisse für die Empfehlung von Reduktionsmengen zurückgegriffen werden kann. Daher wurde in der ersten Projektphase zunächst eine Budgetierung und Modellierung der Nährstoffe im Oderhaff und der angrenzenden Küstengewässer vorgenommen. Als Modellregion für das zu entwickelnde Boxmodell wurde das Oderhaff vorgesehen, da hier eine große Dichte physikalischer, chemischer und biologischer Daten besteht sowie die hydrographischen Randbedingungen durch den direkten Flußeintrag in das Haff und den Austrag durch die Lagunen-Ausgänge (Swina, Dzwina und Peenestrom) klar definiert sind. Das Oderhaff stellt somit ein ideales Testgebiet für das zu entwickelnde Boxmodell dar. Der konzeptionelle Aufbau des Boxmodells, der bei weitem den arbeitsintensivsten Teil der Modellierung darstellt, wird auch für die angrenzenden Küstengebiete genutzt.

### 4.2. Datenerhebung

Daten zur Schwermetall- und Nährstoffverteilung in der Pommerschen Bucht stehen aus dem BMBF-Verbundprojekt TRUMP (Transport und Umsatzprozesse in der Pommerschen Bucht), das unter der Federführung des IOW erarbeitet wurde, zur Verfügung. Ein Abschlußbericht, der die Meßergebnisse von insgesamt 12 Meßkampagnen umfaßt, liegt jetzt vor (TRUMP, 1998). Auch die Daten der polnischen Kooperationspartner (MIR), die ebenfalls an TRUMP beteiligt waren, werden im Rahmen von OBBSI aufgearbeitet, so daß auf Daten von über 20 Expeditionen aus den Jahren 1994-97 zurückgegriffen werden kann. Ebenfalls wurden vom MIR zwei Datensätze aus dem Oderhaff zur Verfügung gestellt. Zum einen ein 18 Jahre umfassenden Datensatz (7 Stationen) in monatlicher Auflösung zur Salzgehalts-, Temperatur-, Nährstoff- und Sauerstoffverteilung, zum anderen ein hochauflösender Datensatz (wöchentliche bis tägliche Messungen) gleicher Variablen aus dem Swinakanal aus den Jahren 1996-97. Daten zur Zoobenthosbesiedlung aus dem Haff aus den letzten 20 Jahren wurden von den polnischen Kooperationspartnern zusammengestellt. Ebenfalls wurden Nährstofffrachten der Oder in das Haff aus den letzten zehn Jahren durch das ZALF zur Verfügung gestellt. Somit sind alle wichtigen Kennzahlen für das Oderhaff, wie Ein- und Austräge von Nährstoffen sowie deren Dynamik, weitgehend bekannt. Für die Pommersche Bucht besteht aufgrund der Resultate des TRUMP-Projektes ein ähnlicher Erkenntnisstand.

Physikalische Antriebsdaten für das Modell (Wind, Temperatur und Licht) werden an einer automatischen Meßboje (ODAS *Oder Bank*) des IOW in der Pommerschen Bucht in 10minütiger Auflösung seit 1996 erhoben.

### 4.3. Boxmodellierung

Das Boxmodell umfaßt die Zustandsvariablen Phytoplankton (P), Detritus (D), gelöster anorganischer Stickstoff (DIN) und Phosphor (DIP) sowie Sauerstoff (O), deren numerische Behandlung in Gleichung 1-5 zusammenfassend dargestellt ist. In marinen Systemen wird Stickstoff als der die Primärproduktion limitierende Nährstoff angesehen, ein Wechsel von einer N- zu P-Limitation ist im Modell jedoch berücksichtigt.

Das Modell beinhaltet eine obere und untere Wasserschicht (geschichtete Wassersäule) und eine Sedimentschicht (Abb. 3.1). Die wichtigsten modellierten Prozesse in der Wassersäule sind die Bildung von Phytoplanktonblüten unter Aufnahme von Nährstoffen (FENNEL, 1995), im Sediment die Nährstoffremineralisation unter Zehrung von Sauerstoff. Eine Remineralisierung in der Wassersäule wurde nicht berücksichtigt, da diese in flachen Küstensystemen zu vernachlässigen ist. Die erhobenen Daten aus dem Oderhaff und der Pommerschen Bucht wurden als Eintragsdaten für die numerischen Boxmodelle genutzt. Nährstoffe (DIN, DIP) gelangen über die Oder in die obere Schicht der Wassersäule, die Mischung mit dem Haffwasser wird durch die Mischungsgleichung berechnet. Die Nährstoffe werden mit Hilfe des Sonnenlichtes durch das Phytoplankton in organische Substanz umgewandelt. Detritus (tote organische Substanz) sowie Phytoplankton sedimentieren in die untere Wassersäulenschicht und das Sediment, wo organische Substanz unter Sauerstoff- bzw. Nitrat- oder Sulfatverbraucher remineralisiert wird. Bei der Produktion sowie Zersetzung organischen Materials wird das weitgehend feststehende stöchiometrische Verhältnis der Elemente O:S:N:P = 138:53:15:1 des Phytoplanktons, das sogenannte Redfield-Verhältnis, wie auch in vergleichbaren Modellansätzen berücksichtigt (STIEGEBRANDT & WULFF, 1987; LOICZ, 1996). Unter anoxischen Bedingungen im Sediment ist die Remineralisierungsrate um den Faktor 10 verlangsamt und eine Eliminierung des Stickstoffs (Denitrifizierung) setzt ein. Angetrieben wird das Boxmodell über den Wasserein- und -austrag in das Haff sowie durch die Lichtverhältnisse und den Windschub. Bei Überschreitung einer Windstärke von 2 dyn werden die gesamte Wassersäule durchgemischt, organische Substanz resuspendiert sowie Nährstoffe und Sauerstoff zwischen Sediment und Wassersäule ausgetauscht.

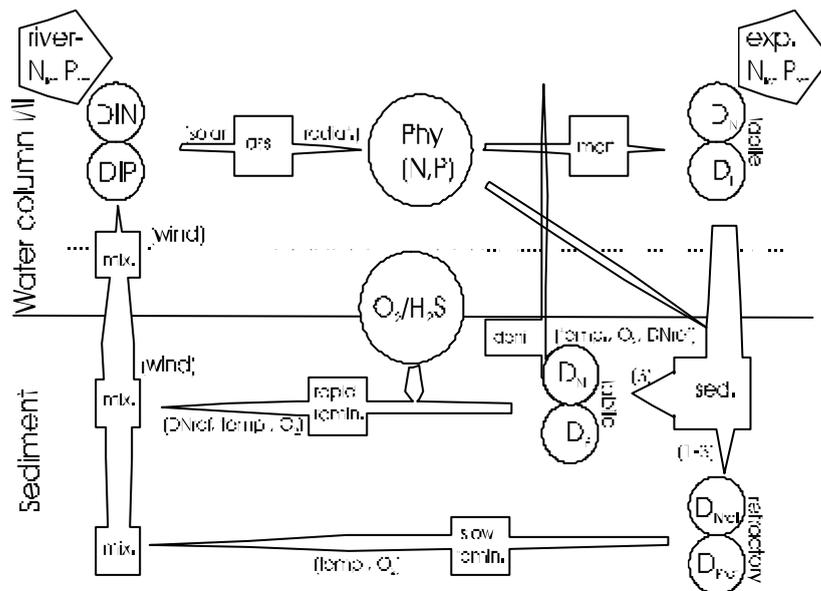


Abb. 4.1: Schematische Darstellung des Boxmodells

- 1)  $\frac{\Delta P}{\Delta t} = (1 + r_1) \mu (DIN, DIP, I) P - L_{PD} P - w_P P + A_{mix} \Delta P - EXP(P)$
- 2)  $\frac{\Delta D}{\Delta t} = L_{PD} P - w_D D + A_{mix} \Delta D - Exp(D) - (1 + r_1) Re\ min.D - EXP(D)$
- 3)  $\frac{\Delta DIN}{\Delta t} = River(DIN) + A_{mix} \Delta DIN - \mu (DIN, DIP, I) P - Exp(DIN) + Re\ min.D - L_{NN} - EXP(DIN)$
- 4)  $\frac{\Delta DIP}{\Delta t} = River(DIP) + A_{mix} \Delta DIP - r_1 \mu (DIN, DIP, I) P - Exp(DIP) + Re\ min.D - EXP(DIP)$
- 5)  $\frac{\Delta O}{\Delta t} = A_{mix} \Delta O - r_2 Re\ min.D$

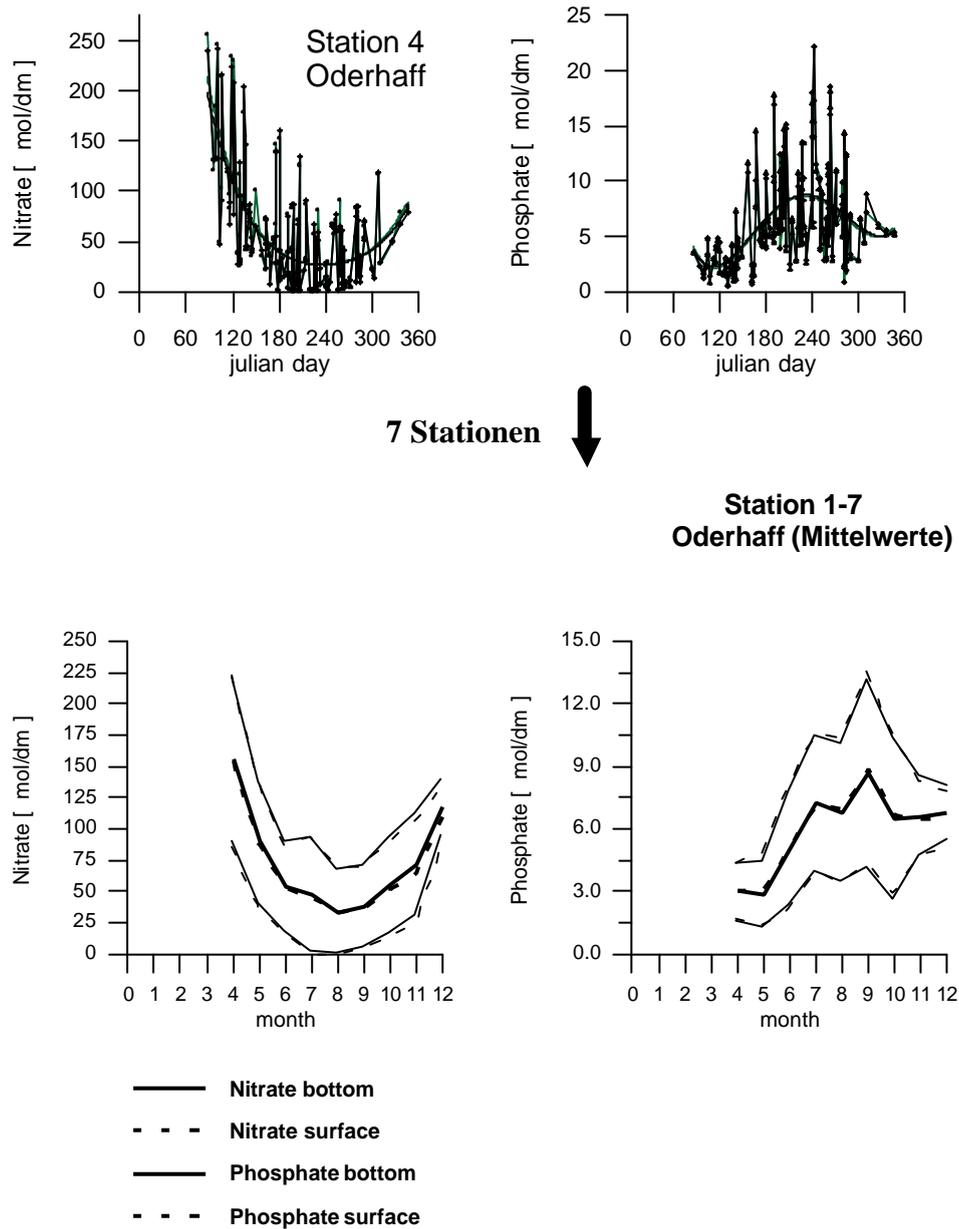
P	Phytoplankton		$L_{PD}$	Phytoplankton Mortalität
D	Detritus		Exp.	Export
DIN	gelöster anorg. Stickstoff		River	Flußwassereintrag
DIP	gelöster anorg. Phosphor		Remin.	Remineralisierungsrate
O	Sauerstoff		$r_1$	N/P (Redfield ratio)
I	Solarstrahlung		$r_2$	O/N (Redfield ratio)
$w_p$	Sinkgeschwindigkeit Phytoplankton		$L_{NN}$	Denitrifizierung
$w_D$	Sinkgeschwindigkeit Detritus		$A_{mix}$	vertikaler Mischungskoeffizient

Das Modell beinhaltet z.Zt. zwei miteinander verbundene Boxen, die dem Oderhaff und der Pommerschen Bucht entsprechen, und simuliert den Transport von Nährstoffen, Phytoplankton und Detritus vom Oderhaff in die Pommersche Bucht. Eine dritte Box, die der offenen Ostsee (Arkona See, Bornholm See) entspricht wird noch angekoppelt. Aufgrund der bisher unzureichenden Erfassung der Austauschprozesse zwischen der Pommerschen Bucht und der offenen Ostsee, sollen die Modellresultate aus der Pommerschen Bucht hier nicht vorgestellt werden.

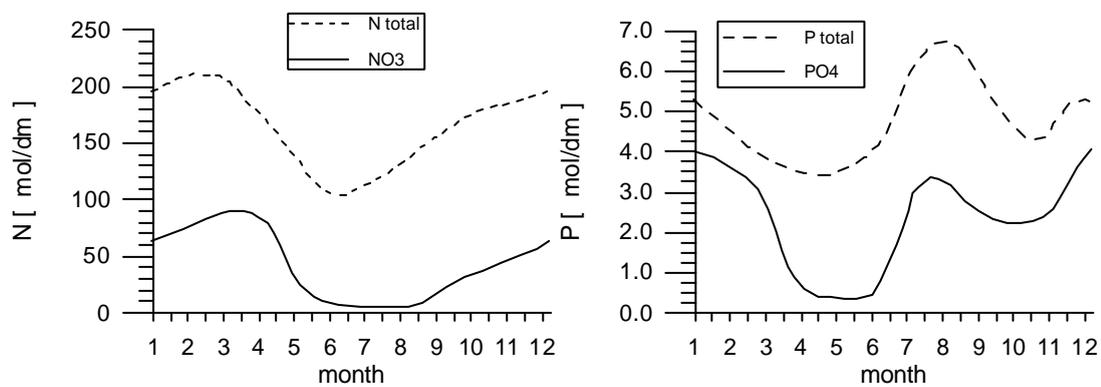
#### 4.4. Analyse der Nährstoffdaten

In Abb. 3.2 ist die mittlere Nitrat- und Phosphatkonzentration im Oderhaff aus den Jahren 1979-97 dargestellt. Es wurden jeweils ca. 2 500 Daten ausgewertet. Für die Monate Januar bis März wurden keine Proben genommen. Für diese Monate kann auf die hochauflösenden Daten zurückgegriffen werden, die im Swinakanal seit April 1997 ermittelt werden. Hier steht auch kein echter Jahresgang zur Verfügung, die Frühjahrswerte in Abb. 3.3 sind aus dem Jahre 98, die restlichen stammen aus dem Jahre 1997. Dennoch ergeben beide Datensätze ein ähnliches Bild. Danach werden maximale anorganische Nährstoffkonzentrationen im Frühjahr zur Zeit der maximalen Wasserführung der Oder gefunden. Minima werden im Sommer (Juli/August) gemessen. Im Gegensatz dazu ist die geringste Phosphatkonzentration nach der Frühjahrsblüte des Phytoplanktons vorzufinden (April/Mai). Maximale Werte wurden im Sommer gemessen.

Ob im Oderhaff eine echte Nährstofflimitierung des Phytoplanktons vorliegt, die im Frühjahr phosphatlimitiert, im Sommer stickstofflimitiert ist, ist unwahrscheinlich, da eine Lichtlimitierung im sehr trüben Haffwasser und die ständige Nährstofffreisetzung aus den Haffsedimenten ebenfalls berücksichtigt werden müssen. Dazu stehen aus dem Haff kaum Daten zur Verfügung. Zur Parametrisierung dieser Prozesse wurden Literaturdaten aus vergleichbaren, belasteten Buchten der Ostsee herangezogen (FENNEL, 1995; BALZER, 1984; WASMUND, 1993).



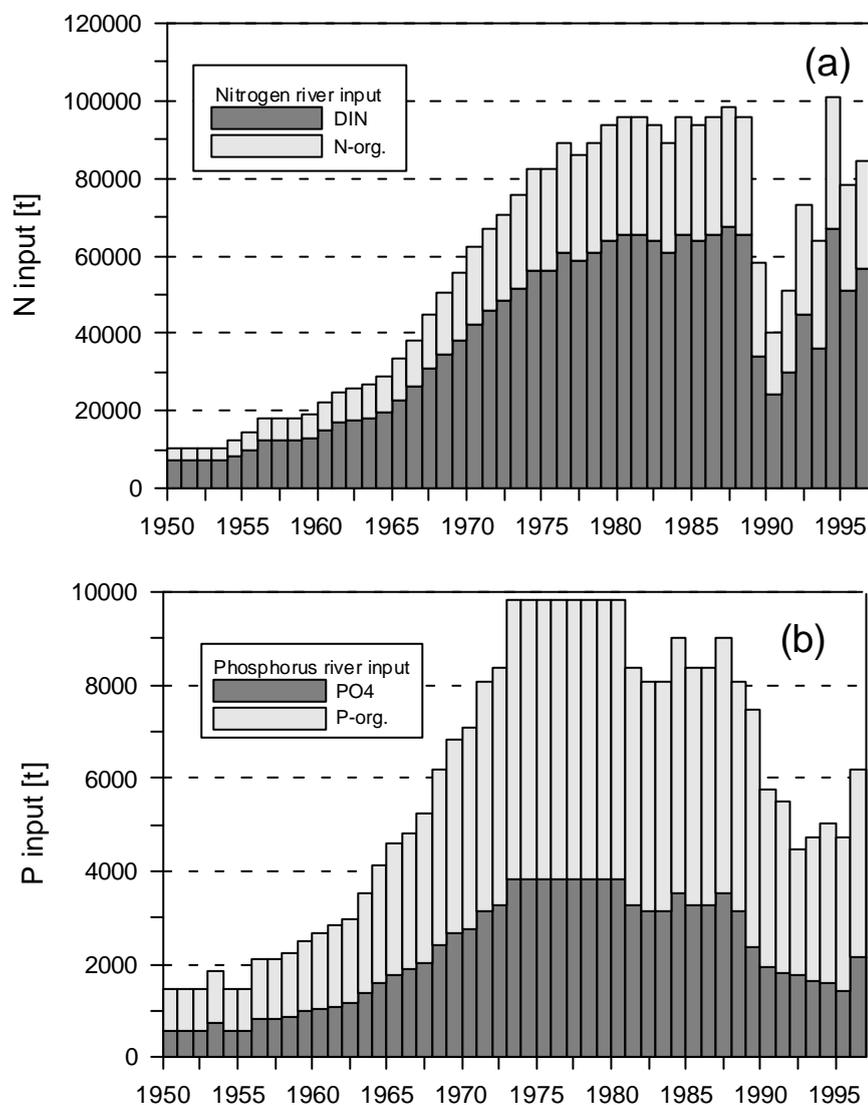
**Abb. 4.2:** Mittlere Nitrat- und Phosphatkonzentrationen im Oderhaff ( $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$ ).



**Abb. 4.3:** Gesamtstickstoff- und Phosphorkonzentrationen im Swinakanal ( $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$ ).

Die hochauflösenden Messungen aus dem Swinakanal (Abb. 4.3), über den ca. 75% des Wassers aus dem Oderhaff abgeführt werden, zeigen daß ein großer Teil der anorganischen Nährstofffracht der Oder im Oderhaff in organische Form umgewandelt wird. Während in den Wintermonaten die Gesamtmenge der in die Ostsee eingetragenen Stickstoff- (N total) und Phosphorkomponenten (P total) zu einem großen Teil durch die anorganischen Komponenten Nitrat und Phosphat bestimmt werden, wird während der Vegetationsperiode zu Zeiten der Phosphatminima im Frühjahr und der Stickstoffminima im Sommer die Gesamtmenge eingetragenen Materials durch organische Phosphor- bzw. Stickstoffspezies bestimmt. Im Oderhaff werden die Nährstoffe durch die Primärproduzenten, das Phytoplankton, in organische Formen transformiert und gelangen so in die Pommersche Bucht, in den Wintermonaten gelangen die Nährstofffrachten der Oder weitgehend untransformiert in die Ostsee. Darüber hinaus werden organische Phosphorkomponenten im Sediment des Haffs zunächst gebunden um später in Phosphate umgewandelt zu werden. Diese Sedimentfreisetzung des Phosphat zwischen Juni und September führt zu einem signifikanten Phosphatanstieg in der Wassersäule, der in der Oder nicht zu beobachten ist.

#### 4.5. Modellergebnisse



**Abb 4.4:** Angenommener Verlauf der Nährstoffeinträge der Oder in das Oderhaff

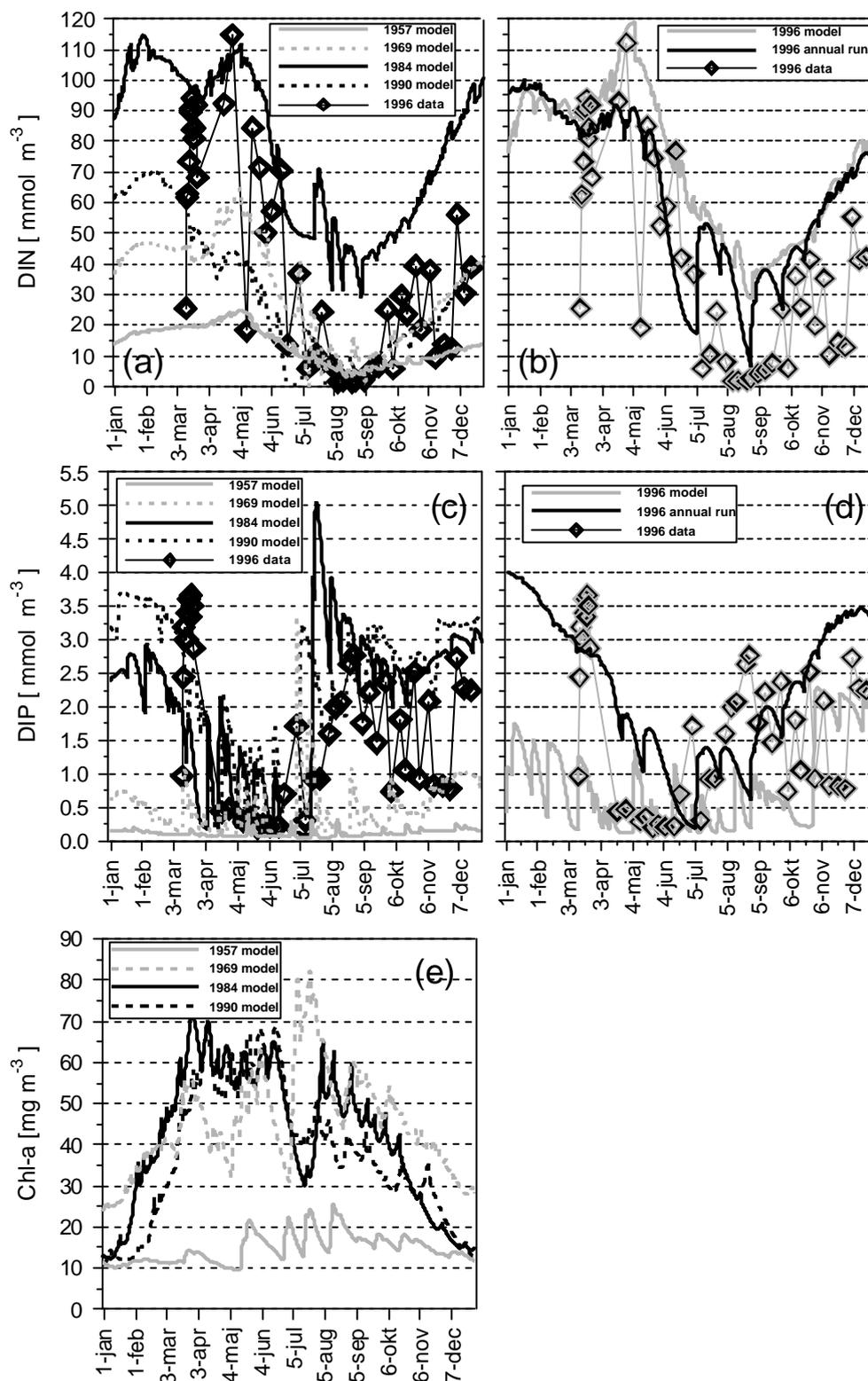
Kontinuierliche Nährstoffmessungen in der Oder stehen erst seit den achtziger Jahren zur Verfügung. Um jedoch die langfristigen Veränderungen im Oderhaff zu simulieren, wurde

angenommen, daß der Nährstoffanstieg in der Oder zwischen den fünfziger und achtziger Jahren dem Anstieg des Düngemittelverbrauchs im Odereinzugsgebiet entspricht. Diese ersten groben Abschätzungen müssen natürlich in Zusammenarbeit mit dem ZALF noch verbessert werden. In dieser ersten Projektphase ging es jedoch zunächst darum, einen Modellansatz zu konzipieren, mit dem die langfristigen Eutrophierungserscheinungen simuliert werden können. Darüber hinaus liegen für die fünfziger Jahre einige Eintragsabschätzungen vor, so daß die Größenordnung des Nährstoffanstieges auf jeden Fall richtig erfaßt ist (Abb. 4.4). Die Modellergebnisse werden daher auch mit verbesserten Antriebsdaten nicht wesentlich verändert.

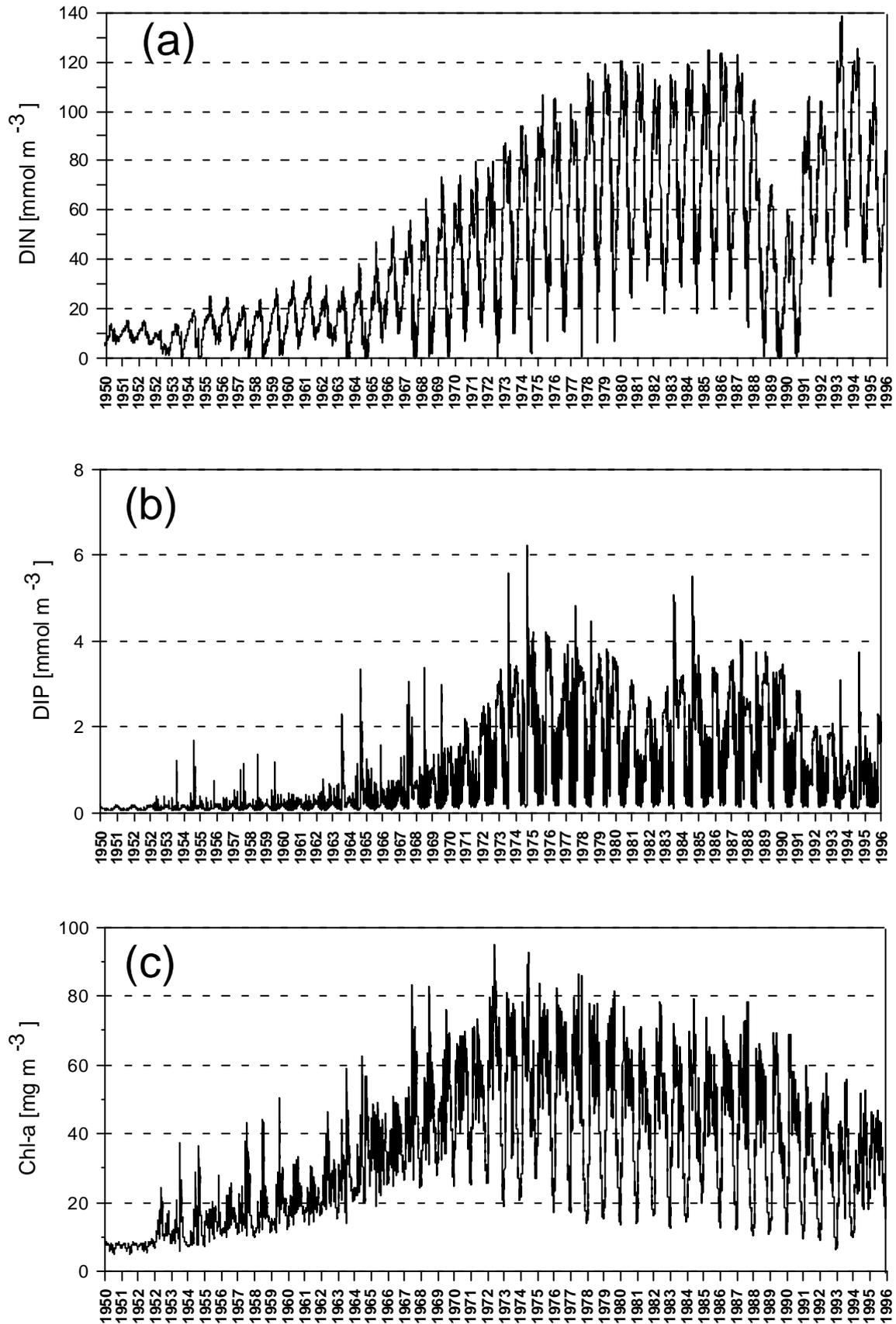
Die saisonale Dynamik der Nährstoffe (DIN, DIP) sowie des Phytoplanktons (Chl *a*) in der Wassersäule des Oderhaffs konnten hinreichend simuliert werden. In Abb. 4.5 (e) ist die simulierte Chl *a* Konzentration eines Jahres dargestellt. Maximale Konzentrationen ergeben sich im Mai und August, wie dies auch im Oderhaff im Rahmen des BMBF-Projektes GOAP (Greifswalder Bodden Oder Ästuar Austauschprozesse; GOAP, 1995) gemessen wurde. Die modellierten Konzentrationen sind geringfügig geringer als die Meßwerte. Dies läßt sich durch methodische Ungenauigkeiten der Chl *a* Messungen in hypertrophen aquatischen Systemen erklären, wo gelöste organische Substanzen wie Humin- und Gelbstoffe miterfaßt werden.

In Abb. 4.5 a-d ist ein Vergleich der gemessenen (Swinakanal) mit den modellierten Nährstoffkonzentrationen in der Wassersäule dargestellt. Hierbei wurden nur die Daten aus dem Jahre 1996 aus dem Swinakanal berücksichtigt. Minimale Phosphatkonzentrationen treten im Modell wie auch in den Meßwerten zur Zeit der Frühjahrsblüte auf (4.4 c und d), minimale anorganisch gelöste Stickstoffkonzentrationen entsprechend den gemessenen Konzentrationen im August zur Zeit des zweiten Chl *a* Maximums (Abb 4.5 a und b).

Die Langzeitsimulationen liefern ebenfalls gute Ergebnisse. In Abb. 4.6 a-c sind die simulierten Nährstoffkonzentrationen sowie Chlorophyll *a* Konzentrationen über annähernd fünf Jahrzehnte dargestellt. Die anorganisch gelösten Stickstoffkonzentration und vor allem die Phosphatkonzentration steigen zu Beginn des Modellaufes im Vergleich zur Chlorophyll *a* Konzentration nur geringfügig an. Dies weist auf eine Phosphatlimitierung der Phytoplanktonproduktion im Oderhaff hin, was durch das hohe N/P Verhältnis (15-30) der Nährstoffeinträge der Oder zu erklären ist. Die letzten zehn Jahre des Modellaufes basieren auf gemessenen Nährstoffantriebsdaten und liefern interessante Hinweise auf mögliche Effekte eines reduzierten Nährstoffeintrages der Oder. Der Phosphateintrag in das Oderhaff ist in den letzten Jahren aufgrund einer verstärkten Klärung der Abwässer, der Umstrukturierung der polnischen Industrie sowie der Verwendung phosphatfreier Waschmittel stark gesunken (Abb. 4.4). Dies führte zu einer verminderten Phytoplankton Primärproduktion (gemessen), die heute ca. 1/3 unter den Werten vor der Phosphatabnahme liegen. Das Modell zeigt sich sensitiv gegenüber diesen verminderten Einträgen und zeigt ebenfalls um ca. 1/3 verminderte Chlorophyll *a* Konzentrationen mit Beginn der achtziger Jahre (Abb. 4.6 c). Die modellierten Eutrophierungseffekte im Sediment des Oderhaffs sind in Abb. 4.7. dargestellt. Die Sauerstoffkonzentration nimmt jedes Jahr nach der Sedimentation der Frühjahrsblüte deutlich ab, was wiederum im Modell zu einer Nährstofffreisetzung aus dem Sediment führt. Im Modell erscheint Schwefelwasserstoff (entspricht der negativen Sauerstoffkonzentration geteilt durch zwei in Abb. 4.7 a) aufgrund der permanenten Durchmischung der Wassersäule nur für sehr kurze Perioden im Verlaufe eines Jahres, was auch den tatsächlichen Beobachtungen entspricht. Mit der Abnahme der Phosphateinträge verbessern sich auch die Sauerstoffbedingungen im Sediment.



**Abb. 4.5:** Simulierter Jahreslauf von a) DIN c) DIP, e) Chl a in der Wassersäule des Oderhaffs; ausgewählte Jahre aus einem 47 Jahres-Lauf; b) für N und d) für P geben einen Vergleich zwischen dem Langzeitmodelllauf und einer einjährigen Modellsimulation wieder; die Rauten geben Messungen aus dem Jahre 1996 wieder.



**Abb. 4.6:** Langzeitsimulation der Konzentrationen von a) DIN, b) DIP und c) Chl a in der Wassersäule des Oderhaffs zwischen 1950 und 1996.

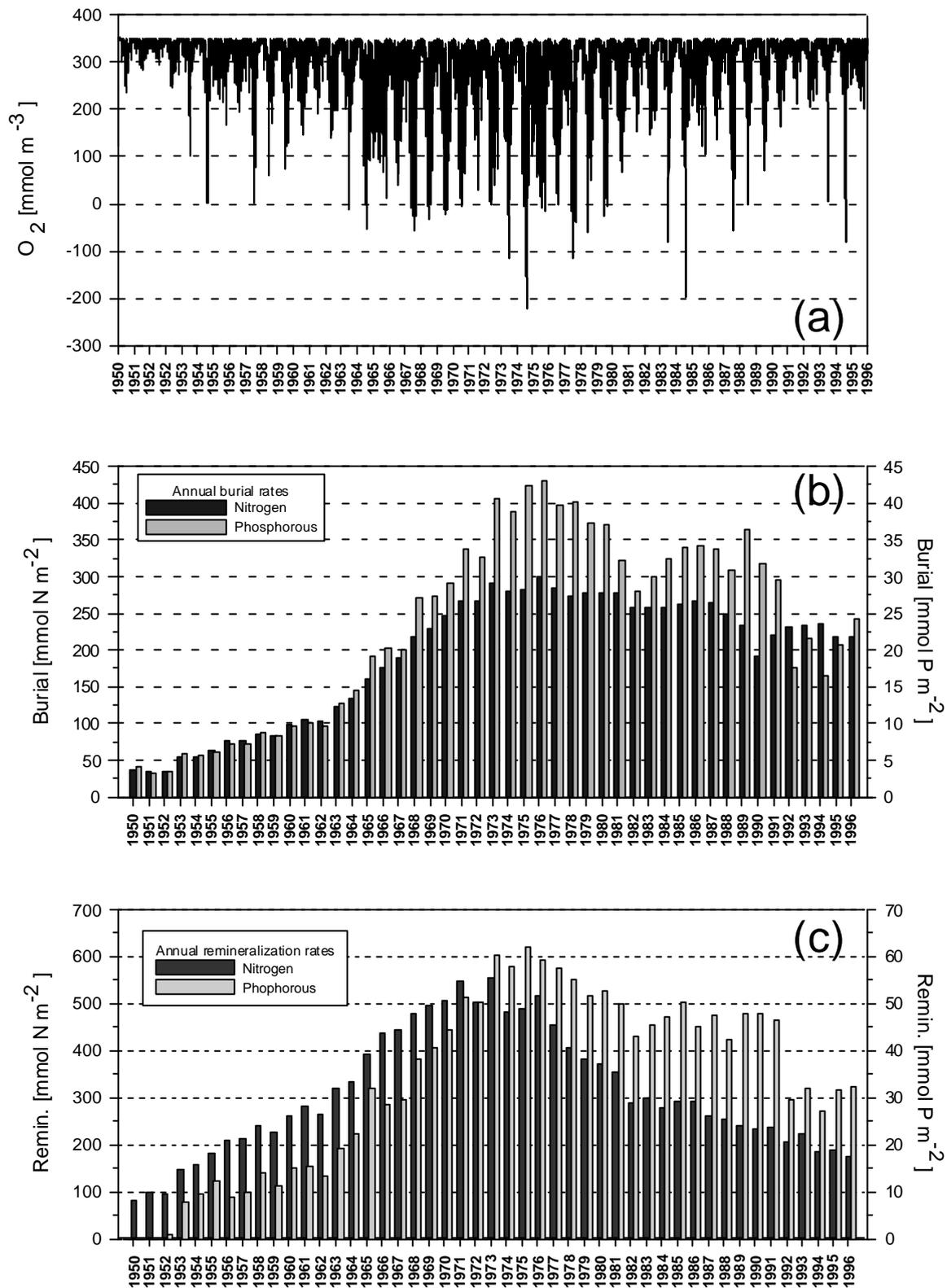
Am deutlichsten zeigen sich jedoch die Eutrophierungserscheinungen in aquatischen Systemen in der Anreicherung organischen Materials im Sediment und der damit einhergehenden Veränderung der Remineralisationsraten. Daher wurde im Modell die Stickstoffremineralisierung und Denitrifizierung an die Vergrabungsrate organischen Materials gekoppelt. Der Gehalt organischen Materials im Haffsediment beträgt etwa 10% und hat sich im Laufe des letzten Jahrhunderts verdoppelt. Die simulierten Vergrabungsraten von N und P liegen zwischen  $35 - 300 \text{ mmol N m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ , bzw.  $3 - 42 \text{ mmol P m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ . Geologische Untersuchungen weisen auf durchschnittliche Vergrabungsraten von  $104 \text{ mmol N m}^{-2} \text{ a}^{-1}$  und  $14 \text{ mmol P m}^{-2} \text{ a}^{-1}$  in den letzten 100 Jahren hin. Berücksichtigt man, dass nur die letzten „eutrophierten“ fünf Jahrzehnte modelliert wurden, und nimmt ebenfalls an, daß die Vergrabungsraten zu Beginn der fünfziger Jahre den der ersten fünfzig Jahre dieses Jahrhunderts entsprechen, ergeben sich durchschnittliche berechnete Vergrabungsraten von  $108 \text{ mmol N m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ , bzw.  $13 \text{ mmol P m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ , die mit den oben genannten geologischen Untersuchungen hervorragend übereinstimmen.

Die simulierten Remineralisationsraten von N und P im Sediment zeigen einen Anstieg im Laufe der ersten zwei Jahrzehnte aufgrund erhöhter Sedimentationsraten organischen Materials. Mit Mitte der siebziger Jahre nimmt die Remineralisationsrate vor allem für Stickstoff ab, weil die Remineralisationskapazität des Sedimentes an die Vergrabungsrate organischen Materials gekoppelt wurde. Das Modell beschreibt also die Beziehung zwischen abnehmender Pufferkapazität des Sedimentes und der Eutrophierung durch abnehmende N-Umsatzraten. Dies stimmt mit Messungen aus unterschiedlichen Gebieten der Ostsee überein, wo mit zunehmendem Anteil organischen Materials im Sediment abnehmende Sauerstoffzehrungsraten und Nährstofffreisetzungsraten beobachtet worden sind (BALZER, 1984). Die simulierten Phosphat-Freisetzungsraten stimmen ebenfalls mit Messungen aus dem Oderhaff überein.

Die Nährstoffretention im Oderhaff, die sich aus dem Vergleich der Messungen in der Oder und der Swina ergeben, liegt bei etwa 10% (Vergrabung von N und P und Denitrifizierung sind die verursachenden Prozesse). Die im Modell ermittelten Nährstoffausträge in die Pommersche Bucht liegen ebenfalls bei 90%.

#### 4.6. Fazit

Die Boxmodellierung der gewählten Zustandsvariablen im Oderhaff liefert erste gute Ergebnisse über die Nährstoffdynamik in der Wassersäule, die Remineralisation der Nährstoffe im Sediment und spiegelt die Phytoplanktondynamik wider. Es deutet sich weiterhin an, daß konkrete Szenarien zu unterschiedlichen Eintragsmengen der Oder, die die Modellierung des ZALF liefern wird, mit Hilfe des Boxmodells besser bewertet werden können. Die Phosphatkonzentration im Oderwasser hat vermutlich aufgrund des Zusammenbruchs vieler Industriebetriebe in Polen sowie durch die Verwendung phosphatfreier Waschmittel in den letzten Jahren auf ca. 1/3 abgenommen, die Primärproduktion im Oderhaff weist in der Folge nur halb so hohe Werte auf wie in den achtziger Jahren (GOAP, 1995). Modellläufe mit entsprechenden Phosphatkonzentrationen ergaben ebenfalls eine Reduzierung der Phytoplanktonbiomasse um die Hälfte.



**Abb. 4.7:** Langzeitsimulation der a) Sauerstoffkonzentration, b) N- und P-Vergrabungsraten und c) N- und P-Remineralisationsraten im Sediment des Oderhaffs zwischen 1950 und 1996.

## Literatur

- AMELANG, N., LENK, B., MEYER, H., WESTPHAL, H., 1996: Die raum-zeitliche Verteilung von Primärproduktion und Chlorophyll a im Untersuchungsgebiet. Background document prepared for the German Federal Ministry for Science and Education (Forschungsprojekt Greifswalder Bodden und Oderästuar-Austauschprozesse- Förder Nr. 03F0095C, Zwischenbericht 1995).
- ANDREAE, M.O., BANGE, H.W., DAHLKE, S., MEYER-REIL, L.-A., RAPSOMANIKIS, S., WOLFF, C., 1996: Mikrobieller N-, S- und C-Umsatz und die Emission von N<sub>2</sub>O und CH<sub>4</sub> im Greifswalder Boden und im westlichen Teils des Oderästuars. Background document prepared for the German Federal Ministry for Science and Education (Forschungsprojekt Greifswalder Bodden und Oderästuar-Austauschprozesse- Förder Nr. 03F0095C, Zwischenbericht 1996).
- BAIRD, D., ULANOWICZ, R.E., BOYNTON, W.R., 1995: Seasonal nitrogen dynamics in Chesapeake Bay; a network approach. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 41: 137-162.
- BALZER, W., 1984: Organic matter degradation and biogenic element cycling in a nearshore sediment (Kiel Bight). *Limnology and Oceanography*, 29: 1231-1246.
- BANNISTER, T.T., 1974. Production equations in terms of chlorophyll concentrations, quantum yield, and upper limit production. *Limnology and Oceanography*, 19: 1-12.
- BERNER, R.A., RUTTENBERG, K.C. AND RAO, J.-L., 1993: The nature of phosphorus burial in modern marine sediments. In: R. Wollast, F.T. Mackenzie and L. Chou (Editors), *Interactions of C, N, P and S biogeochemical cycles and global change*. NATO ASI Series 14, Springer Verlag, pp. 365-378.
- BILLEN, G. AND LANCELOT, C., 1988: Modelling benthic nitrogen cycling in temperate coastal systems. In: T.H. Blackburn and J. Sørensen (Editors), *Nitrogen cycling in coastal marine environments*. Wiley and Sons, pp. 341-378.
- BRAND, K., 1896. Über das Stettiner Haff. *Wiss. Meeresuntersuchungen*, N.F.1(1834/96)2, Band 1 (Heft 2), Kiel und Leipzig: 107-141.
- BROECKER, W. S., PENG, T.H., 1982: *Tracers in the sea*. Elgidio press.
- CANFIELD, D.E., 1993: Organic matter oxidation in marine sediments. In: R. Wollast, F.T. Mackenzie and L. Chou (Editors), *Interactions of C, N, P and S biogeochemical cycles and global change*. NATO ASI Series 14, Springer Verlag, pp. 333-363.
- COWAN, J.L.W., PENNOCK J.R., BOYNTON W.R., 1996: Seasonal and interannual patterns of sediment-water nutrient and oxygen fluxes in Mobile Bay, Alabama (USA); regulating factors and ecological significance. *Marine Ecology Progress Series*, 141: 229-245.
- COWAN, J.L.W., BOYNTON, W.R., 1996: Sediment-water oxygen and nutrient exchanges along the longitudinal axis of Chesapeake Bay: Seasonal patterns controlling factors and ecological significance. *Estuaries*, 19, No. 3: 562-580.
- FENNEL, W., 1995: A model of the yearly cycle of nutrients and plankton in the Baltic Sea. *Journal of Marine Systems*, 6: 313-329.
- FENNEL, W., NEUMANN, T., 1996: The mesoscale variability of nutrients and plankton as seen in a coupled model. *German Journal of Hydrography*, 48: 49-71.
- GORDON, D.C, BOUDREAU, P.R., MANN, K.H., ONG, J.-O., SILVERT, W.L., SMITH, S.V., WATTAYAKOM, G., WULFF, F., YANAGI, T., 1996. *LOICZ Biogeochemical Modelling Guidelines*. LOICZ/R&S/95-5, vi+96pp. LOICZ, Texel, The Netherlands.
- GRELOWSKI, A., PASTUSZAK, M., 1996: Odpływ wody oraz zrzuty zanieczyszczeń z polskich rzek do Bałtyku w latach 1988-1994. *Studia i Materiały MIR Seria A*, No. 34.
- GUNNARS, A., BLOMQUIST, S., 1997: Phosphate exchange across the sediment-water interface when shifting from anoxic to oxic conditions of freshwater and brackish-marine systems. *Biogeochemistry*, 37: 203-226.
- HEIP, C., 1995: Eutrophication and zoobenthos dynamics. *Ophelia*, 41: 113-136.
- HOWARTH, R.W., BILLEN, G., SWANEY, D., TOWNSEND, A., JAWORSKI, N., LAJTHA, K., DOWNING, J.A., ELMGREN, R., CARACO, N., JORDAN, T., BERENDSE, F., FRENEY, J.,

- KUDEYAROV, V., MURDOCH, P., ZHAO-LIANG, Z., 1996: Regional nitrogen budgets and riverine N & P fluxes for the drainages to the North Atlantic Ocean: Natural and human influences. *Biogeochemistry*, 35: 75-139.
- JØRGENSEN, B.B., 1996: Material flux in the sediment. *Coastal and Estuarine Studies*, 52: 115-135.
- KÄHLER, P., 1990: Denitrifikation in marinen Küstensedimenten. *Berichte aus dem Institut für Meereskunde an der Christian-Albrechts Universität, Kiel*, 199.
- LAMPE, R., 1993: Environmental state and material flux in the western part of the Oder River estuary – results and consequences. *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 137: 275-282.
- LEIPE, T., EIDAM, J., LAMPE, R., MEYER, H., NEUMANN, T., OSADCZUK, A., JANKE, W., PUFF, T., BLANZ, T., GINGELE, F.X., DANNENBERGER, D. AND WITT, G., 1998: Das Oderhaff-Beiträge zur Rekonstruktion der holozänen und geologischen Entwicklung und anthropogenen Beeinflussung des Oder-Ästuars. *Marine Science Reports, Baltic Sea Research Institute*, 28.
- MAJEWSKI, A., 1980: *Zalew Szczecinski*. Wydawnictwo Komunikacji i Lacznosci, Warszawa.
- MARTENS, C.S., 1993: Recycling efficiencies of organic carbon, nitrogen, phosphorus and reduced sulfur in rapidly depositing coastal sediments. In: R. Wollast, F.T. Mackenzie and L. Chou (Editors), *Interactions of C, N, P and S biogeochemical cycles and global change*. NATO ASI Series 14, Springer Verlag, pp. 379-400.
- MARTIN J.-M., BURTON, J.D AND EISMA, D., 1981: *River Inputs to Ocean Systems*. UNEP, IOC, SCOR.
- MASLOWSKI, J., 1993: Long-term changes in the bottom macrofauna of the Szczecin Lagoon (north-western Poland). *Acta Hydrobiol.*, 35: 341-355.
- MATTHÄUS, W., NEHRING, D., LASS, H.U., NAUSCH, G., NAGEL, K. AND SIEGEL, H., 1996: The Baltic Sea in 1996 – Continuation of stagnation and decreasing phosphate concentrations. *German Journal of Hydrography*, 48: 161-174.
- MEYBECK, M., 1982: Carbon, nitrogen and phosphorus transport by world rivers. *American Journal of Science*, 282: 401-450.
- MEYBECK, M., 1993: C, N, P and S in rivers: from sources to global inputs. In: R. WOLLAST, F.T. MACKENZIE AND L. CHOU (Editors), *Interactions of C, N, P and S biogeochemical cycles and global change*. NATO ASI Series 14, Springer Verlag, pp. 163-193.
- MŁODZINSKA, Z., 1980: Hydrochemia - występowanie soli fosforu, azotu i krzemu. In: A. Majewski (Editor), *Zalew Szczecinski*. Wydawnictwo Komunikacji i Lacznosci, Warszawa, pp. 265-276.
- MOHRHOLZ V., PASTUSZAK M., SITEK S., NAGEL K. LASS U., 1998: The exceptional Oder flood in summer 1997 - riverine mass- and nutrient transport into the Pomeranian Bight during the Oder flood 1997. *German Journal of Hydrography*, 50 No. 2/3: 129-144.
- NEHRING, D., MATTHÄUS, W., LASS, H.U., NAUSCH, G. AND NAGEL, K., 1995: The Baltic Sea in 1995 – Beginning of a new stagnation period in its central deep waters and decreasing nutrient loads in its surface layer. *German Journal of Hydrography*, 47: 319- 327.
- NIXON, S.W., KELLY, J.R., FURNAS, B.N., OVIATT, A., HALE, S.S., 1979: Phosphorus regeneration and metabolism of coastal marine bottom communities. In: K.R Tenore and B.C. Coull (Editors), *Marine Benthic Dynamics*. The Belle W. Baruch Library in Marine Science, No. 11, Univ. of South Carolina Press, pp. 219-242.
- NIXON, S.W., 1995 : Coastal marine eutrophication: A definition, social causes, and future concerns. *Ophelia*, 41: 199-219.
- PASTUSZAK M., NAGEL K., NAUSCH G., 1996: Variability in nutrient distribution in the Pomeranian Bay in September 1993. *Oceanologia*, 38 (2): 195-225.
- PASTUSZAK M., SITEK S., GRELOWSKI A., 1998: The exceptional Oder flood in summer 1997, nutrient concentrations in the Swina Strait during the years 1996 and 1997 - with emphasis on the flood event. *German Journal of Hydrography*, 50 No. 2/3:183-202.
- POLESZCZUK, G., GARBACIK-WESOLOWSKA, A., SITEK, S. AND MUTKO, T., 1995: Status tlenowy i troficzny wod I estuarium Odry *Studia I. Studia i Materialy MIR Seria A*, No. 33. Polish

- Institute for Meteorology and Water Management, 1990-1997. Environmental conditions in the Polish Zone of the Southern Baltic Sea, Maritime Branch Materials. In: B. Cyberska, Z. Laier and A. Trzosinska (Editors), Annual Reports for the years from 1990 till 1996, Gdynia, Poland (in Polish).
- RAAPHORST, W.V., KLOOSTERHUIS, H.T., BERGHUIS, E.M., GIELES, A.J.M., MALSCHAERT, J.F.P., VAN NOORT, G.J., 1992: Nitrogen cycling in two types of sediment of the southern North Sea (Frisian Front, Broad Fourteens): Field data and mesocosm results. *Netherlands Journal of Sea Research*, 28(4): 293-316.
- SCHINDLER, D.W., 1981: Studies on eutrophication in lakes and their relevance to the estuarine environment. In: B.J. Neilson and L.E. Cronin (Editors), *Estuaries and Nutrients*. Humana Press, pp. 71-82.
- SCHINDLER, D.W., 1990: Experimental perturbations of whole lakes as a test of hypotheses concerning ecosystem structure and function. *Oikos*, 57: 25-41.
- SHRADER-FRECHETTE, K.S. AND MCCOY, E.D., 1995: *Method in Ecology*. Cambridge University Press.
- SLOMP, C.P., MALSCHAERT, J.F.P. AND VAN RAAPHORST, W., 1998: The role of adsorption in sediment-water exchange of phosphate in North-Sea continental margin sediments. *Limnology and Oceanography*, 43: 832-846.
- STIEGEBRANDT, A. AND WULFF, F., 1987: A model for nutrients and oxygen in the Baltic proper. *Journal of Marine Research*, 45: 729-759.
- VOLLENWEIDER, R.A., MARCHETTI, R. AND VIVIANI, R., 1992: *Marine Coastal Eutrophication*. Elsevier.
- WASMUND, N., 1993: Der Sauerstoffbedarf des Sediments in den Darß-Zingster Boddengewässern (südliche Ostsee). *Rostocker Meeresbiologische Beiträge*, 1: 47-59.
- WULFF, F., FIELD, J.G., MANN, K.H., 1989: *Network analysis in Marine Ecology*. Springer Verlag.

#### Forschungsberichte:

- GOAP (1995): Zwischenbericht des BMBF-Projektes „Greifswalder Bodden und Oderästuar - Austauschprozesse- (Förder-Nr. 03F0095C)
- TRUMP (1998): Abschlußbericht des BMBF-Projektes „Transport und Umsatzprozesse in der Pommerschen Bucht (Förder-Nr. 03F0105B).

## 5. Umweltrechtliche Untersuchung in Polen und Deutschland

*Chris Müller, Stefan Mahlberg und Wilfried Erbguth*

*Ostseeinstitut für Seerecht und Umweltrecht der Juristischen Fakultät der Universität Rostock*

Gegenstand der juristischen Untersuchung im Projekt „Oder Basin-Baltic Sea Interactions“ war zunächst eine synoptische und zugleich bewertende Zusammenstellung aktueller umweltrechtlicher (nationaler, supranationaler, internationaler) und institutioneller Rahmenbedingungen, die im weitesten Sinne die Bewirtschaftung des Wassers erfassen, sowie deren Vollzug in Polen und Deutschland. Die Analyse verfolgte weiter das Ziel, Grundlagen für verbesserte Rahmenbedingungen im Sinne einer nachhaltigen Gewässernutzung zu erarbeiten und gegebenenfalls Vorschläge zur Fortschreibung des einschlägigen Rechts zu unterbreiten.

Für den Bereich des polnischen Rechts kam es dabei zu einer Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Pawel Czechowski von der Universität Warschau, dessen Erfahrungen für das Projekt wegen seiner Tätigkeit als Vorsitzender der Expertenkommission für die Harmonisierung des polnischen Rechts mit dem Rechtssystem der Europäischen Gemeinschaften besonders wertvoll waren.

Die rechtliche Betrachtung beschäftigte sich in der ersten Phase mit der status quo-Analyse des geltenden bzw. in der Novellierung befindlichen Umweltrechts Deutschlands und Polens, soweit jenes die Bewirtschaftung des Wassers erfaßt und unmittelbar oder mittelbar Ansätze zu einer Steuerung von Nährstoff- und/oder Schwermetalleinträgen in Gewässer bietet. Diese breitgefächerten Rechtsbereiche waren zu systematisieren sowie im Verhältnis von Deutschland und Polen zu vergleichen und zu bewerten.

Im Rahmen der Untersuchung hatten darüber hinaus auch die Einflüsse des Völkerrechts und – was vor allem die Rechtslage in Deutschland, aber angesichts der polnischen Beitrittsbestrebungen zur EU auch diejenige in Polen anbelangt - des Europarechts die ihnen gebührende Beachtung zu finden. Eine Übersicht der im Projektzusammenhang relevanten Rechtsvorschriften findet sich im Anhang III.

Die rechtliche Analyse konnte an die auch im naturwissenschaftlichen und ökonomischen Teil übliche Unterscheidung der Stoffeinträge in Gewässer nach ihrer Herkunft aus Punktquellen oder diffusen Quellen anknüpfen, weil beide Problemfelder rechtlich ebenfalls differierenden Regimen unterliegen. Im deutschen Recht besteht aber insoweit eine Gemeinsamkeit, als in beiden Bereichen eine außerordentliche Rechtszersplitterung zu konstatieren ist. Bei dem die Punktquellen betreffenden Recht besteht vor allem eine Heterogenität in vertikaler Hinsicht, die auf sich ergänzende und überlagernde, zum Teil unklare Kompetenzen auf Europa-, Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene zurückzuführen ist (vgl. Anhang I, Tabelle A). Eine eher horizontale Streuung der einschlägigen Rechtsvorschriften findet sich dagegen für das Feld der diffusen Gewässereinträge (vgl. Anhang I, Tabelle B). Ein etwas anderes Bild läßt sich für das polnische Recht zeichnen, wo aufgrund der zentralstaatlichen Struktur Polens eine innerstaatliche Kompetenzverteilung bei den Rechtsvorschriften zur Steuerung der Stoffeinträge aus Punktquellen nicht besteht. Was die Rechtsvorschriften bezüglich der diffusen Quellen anbelangt, sind zentrale Bereiche nicht oder noch nicht in mit dem deutschen Recht vergleichbarer Dichte geregelt, eine horizontale Zersplitterung zeichnet sich dennoch schon ab.

Im Hinblick auf die diffuse Einleitung von Schad- und Nährstoffen in Gewässer waren in erster Linie die rechtliche Regelungen zur Steuerung des Einsatzes von Düngemitteln in der Landwirtschaft zu analysieren. In diesem Zusammenhang konnte für das deutsche Recht teilweise

auf Erkenntnisse zurückgegriffen werden, die im Rahmen eines zwischenzeitlich abgeschlossenen DFG-Forschungsprojekts zum Thema "Bodenschutz und Landwirtschaft" gewonnen wurden. Die zu großen Teilen europarechtlich geprägten agrarstoffspezifischen Normen des Düngemittelrechts bedienen sich zur Steuerung des Einsatzes jener Stoffe in der Landwirtschaft sowohl auf europäischer als auch deutscher und zukünftig wohl auch polnischer Ebene im wesentlichen des Begriffs der guten fachlichen Praxis. Mit dessen untergesetzlichen Konkretisierungen ist für diesen Bereich ein Instrumentarium geschaffen worden, das bei konsequenter Anwendung Möglichkeiten zur Reduzierung insbesondere des Eintrags von Nährstoffen aus der Landwirtschaft in Gewässer bietet. Ergänzend zu den agrarstoffspezifischen Vorschriften gelangen für den Bereich des Einsatzes von Sekundärrohstoffdünger Normen des Kreislaufwirtschafts- und Abfallrechts zur Anwendung. Anknüpfungspunkte finden sich hier in erster Linie für die Reduzierung des Eintrags von Schadstoffen. Darüber hinaus bieten auch das Wasserrecht, das Bodenschutzrecht, das Naturschutzrecht und das Recht der Flurbereinigung Möglichkeiten zur direkten oder indirekten Steuerung von Stoffeinträgen aus diffusen Quellen in Gewässer.

Hinsichtlich der Einleitung von Nähr- und Schadstoffen aus Punktquellen sind vornehmlich die emissions- und immissionsbezogenen Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer einer eingehenden Analyse und Bewertung unterzogen worden. Die Empfehlungen der HELCOM, die Vorgaben des europäischen Rechts, hier vor allem der Richtlinie kommunales Abwasser sowie die Anforderungen des deutschen und mit Abstrichen wegen der teilweise höheren Grenzwerte des polnischen Wasserrechts, insbesondere der deutschen Abwasserverordnung und der polnischen Verordnung über die Wasserklassifizierung und die Bedingungen für Abwassereinleitungen in Gewässer dürften, zumindest im Falle ihrer flächendeckenden Umsetzung dafür sorgen, daß sich die Belastung der Gewässer nicht weiter erhöht, hinsichtlich einiger Parameter wahrscheinlich sogar verringert. Eine Zusammenstellung der auf Stickstoff- oder Phosphorverbindungen bezogenen Parameter in den untersuchten Rechtsvorschriften findet sich im Anhang II. Insgesamt ist die rechtliche Ausgangslage zur Steuerung der Gewässerbelastungen aus Punktquellen durchaus problemadäquat. Kritisch anzumerken ist, daß im Wasserrecht das planerische Instrumentarium zum Schutz vor Schad- und Nährstoffeinträgen eher schwach ausgebildet ist und die genannten Vorgaben regelmäßig nur für neue Einleitungen gelten. Demnach wird in den nächsten Jahren verstärkt darauf zu achten sein, wie schnell und umfassend bestehende Einleitungen angepaßt werden. Ein erster wichtiger Schritt ist durch die EG-Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser erfolgt.

Im Verlauf der Projektbearbeitung geriet zudem die zur Zeit im Entwurf vorliegende EU-Richtlinie zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie) immer stärker ins Blickfeld. Mit dieser Richtlinie will die Europäische Kommission einen transparenten, effizienten und kohärenten rechtlichen Handlungsrahmen für eine nachhaltige Nutzung der Gewässer in der Gemeinschaft vorgeben. Die wohl bedeutsamsten Neuerungen des Entwurfs sind die angestrebte Einführung eines europaweiten, perfektionistisch ausgeformten Wasserbewirtschaftungssystems in Flußeinzugsgebieten. Als zentrales Instrument zur Erreichung der umweltpolitischen Zielsetzungen soll die Aufstellung von rechtsverbindlichen Flußgebietsmanagementplänen und Maßnahmenprogrammen vorgeschrieben werden, die alle ökologischen, geographischen, geologischen, hydrographischen, demographischen und ökonomischen Grundlagen, Daten, Fakten, Bewertungen und Analysen umfassen sowie die Koordination aller Maßnahmen des Gewässerschutzes gewährleisten (sollen).

Eine etwa 200-seitige Erläuterung und Analyse der im Projekt untersuchten Rechtsvorschriften bedarf noch der Endredaktion und kann dann auf Wunsch gegen Deckung der Kopier- und Bindekosten von 20 DM zugesandt werden.

## 5.1. Anhang I: Rechtsnormen zu Gewässerunreinigungen

**Tabelle 2.1:** Übersicht über die relevanten Rechtsnormen zur Steuerung von Gewässerunreinigungen aus Punktquellen

	<b>emissionsbezogene Vorgaben</b>	<b>immissionsbezogene Vorgaben</b>
<b>internationale Übereinkommen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Helsinki-Kommission (Empfehlung 16/9)</li> </ul>	
<b>europäisches Recht</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>RL 76/464/EWG (Gewässerschutzrichtlinie)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>RL 75/440/EWG (Oberflächenwasserrichtlinie)</li> <li>RL 78/659/EWG (Fischgewässerrichtlinie)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>RL 91/271/EWG (Kommunalabwasserrichtlinie)</li> </ul>	
<b>Bundesrecht</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>§ 7a WHG</li> <li>Abwasserverordnung</li> <li>Rahmen-Abwasser- verwaltungsvorschrift</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>§ 6 WHG</li> </ul>
<b>Landesrecht</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>§ 7a WHG entsprechende Normen in Wassergesetzen</li> <li>Indirekteinleiterverordnungen</li> <li>Reinhalteordnungen</li> <li>Verordnungen zur Umsetzung der Kommunalabwasserrichtlinie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>§ 6 WHG entsprechende Normen in Wassergesetzen</li> <li>wasserwirtschaftliche Planungen</li> <li>Wasserschutzgebietsverordnungen</li> <li>Programme und Pläne der Raumordnung</li> </ul>
<b>kommunale Satzungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vorschriften zur Begrenzung von Schadstoffeinleitungen in Abwasseranlagen</li> </ul>	

**Tabelle 2.2:** Übersicht über die relevanten Rechtsnormen zur Steuerung von Gewässerunreinigungen aus diffusen Quellen

<b>agrarstoffspezifische Regelungen</b>		<b>sonstige Regelungen</b>			
Düngemittelrecht	Pflanzenschutzrecht	Kreislaufwirtsch.- und Abfallrecht	Wasserrecht	Bodenschutzrecht	Naturschutzrecht
Düngemittelgesetz (insb. § 1a)	Pflanzenschutzgesetz (insb. §§ 2a und 6)	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (insb. § 8)	Wasserhaushaltsgesetz	Bundesbodenschutzgesetz (insb. § 17)	Bundesnaturschutzgesetz
Düngemittelverordnung  Düngerverordnung	Pflanzenschutzmittelverordnung  Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung  Pflanzenschutz-Sachkundeverordnung	Klärschlammverordnung  Bioabfall- und Kompostverordnung  (Gülleverordnungen der Länder)	Wasserrechtl. Erlaubnis (§§ 7, 6, 3 WHG)  Wasserschutzgebiete (§ 19 WHG)  Allg. wasserrechtl. Besorgnisgrundsatz (§ 1 a WHG)		Schutzgebietsausweisungen (§ 12 ff. BNatSchG)

## 5.2. Anhang II: Richt- und Grenzwerte zur Einleitung von N und P in Gewässer

Parameter für die Einleitung von Stickstoff- und Phosphorverbindungen in Gewässer im internationalen, europäischen, deutschen und polnischen Recht

### A: Internationale Vorgaben

**Tabelle 2.3:** Helsinki-Kommission, Empfehlung 16/9 betreffend die Stickstoffelimination in kommunalen Kläranlagen einschließlich Zeiträume der Verwirklichung

Größe der Anlage (in tausend)	Konzentration N <sub>ges</sub> , mg/l <sup>5</sup> (Jahresmittel)	Mindestver- ringerung in %	Jahr (Ende)	Staaten im Übergangs- Stadium
10-50 EW	15	70-80	1998	2020
50- 100 EW	15	70-80	1998	2020
> 100 EW	10 <sup>6</sup>	70-80	1998	2010

### B: Europarechtliche Vorgaben

**Tabelle 2.4:** Richtlinie des Rates 75/440/EWG vom 06.06.1975 über die Qualitätsanforderungen an Oberflächengewässer für die Trinkwassergewinnung (kurz: Oberflächenwasserrichtlinie oder Rohwasserrichtlinie)

	A1 G <sup>7</sup>	A1 I <sup>8</sup>	A2 G	A2 I	A3 G	A3 I
Nitrat in mg/l	25	50	-	50	-	50
Phosphat in mg/l	0,4	-	0,7	-	0,7	-

**Tabelle 2.5:** Richtlinie des Rates 78/659/EWG vom 18.07.1978 über die Qualität von Süßwasser, das schutz- oder verbesserungsbedürftig ist, um das Leben von Fischen zu erhalten (kurz: Fischgewässerrichtlinie)

	Salmonidengewässer		Cyprinidengewässer	
	G	I	G	I
Gesamtphosphor in mg/l	-	-	-	-
Nitrit in mg/l	≤0,01	-	≤0,03	-
Nicht ionisiertes Ammonium (NH <sub>3</sub> ) in mg/l	≤0,005	≤0,025	≤0,005	≤0,025
Ammonium gesamt (NH <sub>4</sub> ) in mg/l	≤0,04	≤1	≤0,2	≤1

<sup>5</sup> N<sub>ges</sub> bedeutet Summe der nach Kjeldahl bestimmten Stickstoffmenge.

<sup>6</sup> Alternativ darf das Tagesmittel 20 mg/l nicht übersteigen.

<sup>7</sup> Guidewert

<sup>8</sup> Imperativwert

**Tabelle 2.6:** Richtlinie des Rates 91/271/EWG vom 21.05.1991 über die Behandlung von kommunalem Abwasser (kurz: Kommunalabwasserrichtlinie)

Anforderungen an Einleitungen aus kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen in empfindliche Gebiete nach § 5 der Richtlinie			
Parameter	jahresmittlere Konzentration bei		Prozentuale Verringerung
	10 000- 100 000 EW	> 100.000 EW	
Gesamt-P in mg/l	2	1	80%
Gesamt-N in mg/l	15	10	70-80%

**C: Vorgaben im deutschen Recht (nur Bundesrecht)****Tabelle 2.7:** Abwasserverordnung

Anhang		Ammoniumstickst. (NH <sub>4</sub> -N) mg/l	Stickstoff aus Nitrit (NO <sub>2</sub> -N) mg/l	Stickstoff, gesamt <sup>9</sup> (N <sub>ges</sub> ) mg/l	Ges. geb. Stickstoff (TN <sub>b</sub> ) mg/l	Phosphor, gesamt mg/l
1	Häusliches und kommunales Abwasser	10 <sup>10</sup>	-	18 <sup>11</sup>	-	1-2 <sup>12</sup>
2	Braunkohle-Brikettfabrikation	-	-	-	-	-
5	Herstellung von Obst- und Gemüseprodukt.	10	-	18	-	2
6	Herst. von Erfrischungsgetränken u. Getränkeabfüllungen	-	-	-	-	2
7	Fischverarbeitung	10	-	25	-	2
8	Kartoffelverarbeitung	10	-	18	-	2
9	Herst. v. Beschichtungsst. u. Lackharzen	-	-	-	-	-
10	Fleischwirtschaft	10	-	18	-	2
11	Brauereien	10	-	18	-	2
12	Herst. v. Alkohol und alkohol. Getränken	10	-	18	-	2
13	Holzfasierplatten	-	-	-	-	-
14	Trocknung pflanzl. Produkte für die Futtermittelherstellung	-	-	-	-	2
15	Herst. v. Hautleim, Gelatine, Knochenleim	10	-	30	-	2
16	Steinkohlenaufbereit.	-	-	-	-	-
18	Zuckerherstellung	10	-	30	-	2
20	Fleischmehlindustrie	-	-	50	-	-
21	Mälzereien	-	-	-	-	-
22	Chemische Industrie	-	-	50	-	2
24	Eisen-, Stahl- und Tempergießerei	-	-	-	-	-
25	Lederherst., Pelzveredelung, Lederfaserstoffherstellung	10	-	-	-	2

<sup>9</sup> Als Summe von Ammonium-, Nitrit- und Nitratstickstoff.<sup>10</sup> Nur für Größenklassen 3 bis 5.<sup>11</sup> Nur für Größenklassen 4 und 5; 25 mg/l, wenn die Gesamt-Tagesfracht-N um ≥ 70% reduziert wird.<sup>12</sup> 1 mg/l bei Größenklasse 5; 2 mg/l bei Größenklasse 4.

26	Steine und Erden	-	-	-	-	-
36	Herstellung von Kohlenwasserstoffen	-	-	25	-	1,5
37	Herstellung anorganischer Pigmente	10 <sup>13</sup>	-	-	-	-
39	Nichteisenmetallherst.	-	-	-	-	-
40	Metallbearbeitung, Metallverarbeitung	20-100 <sup>14</sup>	5 <sup>15</sup>	-	-	2
41	Herst. u. Verarb. v. Glas und künstlichen Mineralfasern	-	-	-	-	-
42	Alkalichloridelektrolyse	-	-	-	-	-
43	Herst. v. Chemiefas., Folien und Schwamm-tuch nach dem Viskoseverf. sow. v. Celluloseacetatfas.	-	-	10-50 <sup>16</sup>	-	2
45	Erdölverarbeitung	-	-	40	-	1,5
46	Steinkohleverkokung	-	-	9 <sup>17</sup>	12 <sup>18</sup>	2
48	Verwend. bestimmter gefährlicher Stoffe	-	-	-	-	-
50	Zahnbehandlung	-	-	-	-	-
51	Oberird. Ablagerung von Abfällen	-	2	70	-	3
52	Chemischreinigung	-	-	-	-	-
53	Fotograf. Prozesse	-	-	-	-	-
54	Herst. v. Halbleiterbauelementen	-	-	-	-	-
55	Wäschereien	-	-	20	-	2
57	Wollwäschereien	-	-	30	40	2

#### D: Vorgaben im polnischen Recht

**Tabelle 2.8:** Verordnung über die Klassifizierung der Gewässer sowie über die Bedingungen zur Einleitung von Abwasser in die Oberflächengewässer und ins Grundwasser

Parameter	Einheit	Grundanforderungen		Stehende Gewässer und Einzugsgebiete	Einleitung ins Meer
		Bis 2000	Nach 2000		
NH <sub>4</sub> -N	mg/l	6	6	6	6
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	30	30	30	30
N <sub>ges</sub>	mg/l	30	30	30	30
P <sub>ges</sub>	mg/l	5	1,5	1	1

<sup>13</sup> Nur für Anwendungsbereich 5.

<sup>14</sup> Je nach Herkunftsbereichen.

<sup>15</sup> Nur in Herkunftsbereichen 2, 3, 4, 6, 9, 10.

<sup>16</sup> 10 für die Anwendungsbereiche 1, 3, 4; 50 für den Anwendungsbereich 2.

<sup>17</sup> Angaben in g/t.

<sup>18</sup> Angaben in g/t.

### 5.3. Anhang III: Vorschriften zum Eintrag von Nähr- und Schadstoffen

Übersicht über die im Projekt untersuchten Vorschriften, die Regelungen zur Steuerung des Eintrags von Nähr- und Schadstoffen in Gewässer enthalten

#### A: Internationale Vorschriften

- Helsinki-Übereinkommen über den Schutz der Meeresumwelt des Ostseegebietes vom 09.04.1992, BGBl. 1994, Teil II, S. 1355
- Vertrag vom 19.05.1992 zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der Republik Polen über die Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Wasserwirtschaft an den Grenzgewässern, BGBl. 1994, Teil II, S. 59
- Vertrag vom 11.04.1996 über die internationale Kommission zum Schutz der Oder gegen Verunreinigung, BGBl. 1997, Teil II, S. 1707

#### B: Europäische Vorschriften

- Richtlinie 76/464/EWG vom 04.05.1976 betreffend die Verschmutzung infolge der Ableitung bestimmter gefährlicher Stoffe in die Gewässer der Gemeinschaft (Gewässerschutzrichtlinie), ABl. EG Nr. L 129, S. 23
- Richtlinie des Rates 82/176/EWG vom 22.03.1982 betreffend Grenzwerte und Qualitätsziele für Quecksilberableitungen aus dem Industriezweig Alkalichlorid-elektrolyse, ABl. EG L 81, S. 29
- Richtlinie des Rates 83/513/EWG vom 26.09.1983 betreffend Grenzwerte und Qualitätsziele für Cadmiumableitungen, ABl. EG L 291, S. 1
- Richtlinie des Rates 84/156/EWG vom 08.03.1984 betreffend Grenzwerte und Qualitätsziele für Quecksilberableitungen mit Ausnahme des Industriezweiges Alkalichloridelektrolyse, ABl. EG L 74, S. 49 und L 99, S. 38
- Richtlinie des Rates 84/491/EWG vom 09.10.1984 betreffend Grenzwerte und Qualitätsziele für Ableitungen von Hexachlorcyclohexan, ABl. EG L 274, S. 11 und L 296, S. 11
- Richtlinie des Rates 86/280/EWG vom 12.06.1986 betreffend Grenzwerte und Qualitätsziele für die Ableitung bestimmter gefährlicher Stoffe der Liste I im Anhang der Richtlinie 76/464/EWG (Tetrachlorkohlenstoff, DDT, Pentachlorphenol), ABl. EG L 181, S. 16
- Richtlinie des Rates 88/347/EWG vom 16.06.1988 betreffend Grenzwerte und Qualitätsziele für Ableitungen von Hexachlorbenzol, Hexachlorbutadien und Aldrin, Dieldrin, Endrin, Isodrin, ABl. EG L 158, S. 35
- Richtlinie des Rates 90/415/EWG vom 27.07.1990 betreffend Grenzwerte und Qualitätsziele für Ableitungen von 1,2-Dichlorethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen und Trichlorbenzol, ABl. EG L 219, S. 49
- Richtlinie des Rates 75/440/EWG vom 06.06.1975 über die Qualitätsanforderungen an Oberflächengewässer für die Trinkwassergewinnung (Oberflächenwasserrichtlinie oder Rohwasserrichtlinie), ABl. EG L 194, S. 34
- die Richtlinie des Rates 76/160/EWG vom 08.12.1975 über die Qualität der Badegewässer (Badegewässerrichtlinie), ABl. EG L 31, S. 1

- die Richtlinie des Rates 78/659/EWG vom 18.07.1978 über die Qualität von Süßwasser, das schutz- oder verbesserungsbedürftig ist, um das Leben von Fischen zu erhalten (Fischgewässerrichtlinie), ABl. EG L 222, S. 1
- die Richtlinie des Rates 79/923/EWG vom 10.11.1979 über die Qualitätsanforderungen an Muschelgewässer (Muschelgewässerrichtlinie), ABl. EG L 281, S. 47
- Richtlinie des Rates 80/68/EWG vom 17.12.1979 über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe (Grundwasserrichtlinie), ABl. EG L 20, S. 43
- Richtlinie des Rates 91/271/EWG vom 21.05.1991 über die Behandlung von kommunalem Abwasser, ABl. EG L 135, S. 40
- Richtlinie des Rates 91/676/EWG vom 12.12.1991 über den Schutz der Gewässer vor Verunreinigungen durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen (Nitratrichtlinie), ABl. EG L 375, S. 1
- Richtlinie des Rates 96/61/EG vom 24.09.1996 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung, ABl. EG Nr. L 257, S. 26
- *Vorschlag* für eine Richtlinie des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, ABl. EG 1997 Nr. C 184, S. 20; ABl. EG 1998 Nr. C 16, S. 14; KOM (1998) 76 endg.

## **C: Deutsche Vorschriften**

### **Bundesrecht**

- Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) i.d.F. der Bekanntmachung vom 12.11.1996, BGBl. I, S. 823
- Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz – KrW-/ AbfG) vom 27.09.1994, BGBl. I, S. 2705
- Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz – BNatSchG) i.d.F. der Bekanntmachung vom 21.09.1998, BGBl. I, S. 2994
- Düngemittelgesetz vom 15.11.1977, BGBl. I, S. 2134
- Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz - BBodSchG) vom , BGBl. I, S. 502
- Flurbereinigungsgesetz vom 16.03.1976, BGBl. I, S. 546
- Gesetz zum Schutz grenzüberschreitender Wasserläufe vom 02.09.1994, BGBl. II, S. 2333
- Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserverordnung – AbwV) i.d.F. der Bekanntmachung vom 09.02.1999, BGBl. I, S. 86.
- Verwaltungsvorschrift über Mindestanforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Rahmen-Abwasser-VwV) i.d.F. der Bekanntmachung vom 31.07.1996, GMBL. S.729
- Grundwasserverordnung (GrundwasserVO) vom 18.03.1997, BGBl. I, S. 542
- Gentechnik-Sicherheitsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 14.03.1995, BGBl. I, S. 297
- Verordnung über die Grundsätze der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung) vom 26.01.1996, BGBl. I, S. 118
- Klärschlammverordnung (AbfKlärV) vom 15.04.1992, BGBl. I, S. 912

- Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (Bioabfallverordnung – BioAbfV) vom 21.09.1998, BGBl. I, S. 2955

## **2. Landesrecht**

### **Baden-Württemberg:**

- Wassergesetz für Baden-Württemberg (WG) vom 01.07.1988, GBl. S. 269
- Verordnung des Umweltministeriums über das Einleiten von Abwasser in öffentliche Abwasseranlagen (Indirekteinleiterverordnung – IndVO) vom 12.07.1990, GBl. S. 258
- Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 91/271/EWG über die Behandlung von kommunalem Abwasser (Reinhalteordnung kommunales Abwasser – RokA) vom 10.12.1993, GBl. S. 746
- Verordnung über Schutzbestimmungen in Wasser- und Quellenschutzgebieten und die Gewährung von Ausgleichsleistungen des Landes Baden-Württemberg (Schutzgebiets- und Ausgleichs-Verordnung - SchALVO) vom 08.08.1991, GBl. S. 545

### **Bayern:**

- Bayerisches Wassergesetz (BayWG) vom 19. 07. 1994, GVBl. S.823
- Verordnung über die Genehmigungspflicht für das Einleiten wassergefährdender Stoffe in Sammelkanalisationen (VGS) vom 09.12.1990, GVBl. S. 586
- Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 91/271/EWG über die Behandlung von kommunalem Abwasser (Reinhalteordnung kommunales Abwasser – RokAbw) vom 23.08.1992, GVBl. S. 402

### **Berlin:**

- Berliner Wassergesetz (BWG) vom 03.03.1989, GVBl. S. 605
- Verordnung über die Genehmigungspflicht für das Einleiten gefährlicher Stoffe und Stoffgruppen in öffentliche Abwasseranlagen und ihre Überwachung (VGS) vom 14.03.1989, GVBl. S. 561
- Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 91/271/EWG über die Behandlung von kommunalem Abwasser (KomAbwVO Bln) vom 19.05.1996, GVBl. S. 226

### **Brandenburg:**

- Brandenburgisches Wassergesetz (BbgWG) vom 13.07.1994, GVBl. S. 302
- Verordnung über die Behandlung von kommunalem Abwasser im Land Brandenburg (Brandenburgische Kommunalabwasserverordnung – BbgKAbwV) vom 18.02.1998, GVBl. II, S. 182

### **Bremen:**

- Bremisches Wassergesetz (BrWG) vom 26.02.1991, GBl. S.65, ber. S.158
- Verordnung über Grenzwerte für Schadstoffe bei Einleitung nichthäuslichen Schmutzwassers in öffentliche Abwasseranlagen (Grenzwertverordnung) vom 31.07.1992, GBl. S.169
- Verordnung über die Behandlung von kommunalem Abwasser (KomAbwV) vom 23.04.1997, GBl. S. 172

### **Hamburg:**

- Hamburgisches Wassergesetz (HWaG) vom 20.06.1960, GVBl. S. 335

- Allgemeine Einleitungsbedingungen für das Einleiten von Abwasser in öffentliche Abwasseranlagen vom 20.08.1986, Amtl. Anz. S. 1621
- Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 91/271/EWG über die Behandlung von kommunalem Abwasser (KomAbwVO) vom 24.06.1997, GVBl. I S. 297

#### **Hessen:**

- Hessisches Wassergesetz (HWG) vom 25.09.1996, GVBl. S. 384
- Verordnung über das Einleiten oder Einbringen von Abwasser mit gefährlichen Stoffen in öffentliche Abwasseranlagen (Indirekteinleiterverordnung – VGS) vom 09.12.1992, GVBl. I, S. 675
- Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 91/271/EWG über die Behandlung von kommunalem Abwasser (KomAbw-VO) vom 25.10.1996, GVBl. I S. 470, GVBl. II, S. 85-47

#### **Mecklenburg-Vorpommern:**

- Wassergesetz des Landes Mecklenburg-Vorpommern (LWaG) vom 30.11.1992, GVOBl. S. 669
- Verordnung über die Genehmigungspflicht für das Einleiten oder Einbringen gefährlicher Stoffe oder Stoffgruppen in Abwasseranlagen (Indirekteinleiterverordnung – Indir.VO) vom 09.07.1993, GVBl. S. 783

#### **Nordrhein-Westfalen:**

- Wassergesetz für das Land Nordrhein-Westfalen (Landeswassergesetz – LWG) vom 25.06.1995, GV. NW. S. 926
- Ordnungsbehördliche Verordnung über die Genehmigungspflicht von Abwasser mit gefährlichen Stoffen in öffentliche Abwasseranlagen (VGS) vom 25.09.1989, GV. NW. S.405
- Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 91/271/EWG über die Behandlung von kommunalem Abwasser (Kommunalabwasserverordnung – KomAbwV) vom 30.09.1997, GV. NW. S. 2030

#### **Rheinland-Pfalz:**

- Wassergesetz für das Land Rheinland-Pfalz (Landeswassergesetz – LWG) vom 14.12.1990, GVBl. S. 11
- Landesverordnung über die Genehmigungspflicht für das Einleiten von Abwasser mit gefährlichen Stoffen in öffentliche Abwasseranlagen (Indirekteinleiterverordnung – IndVO) vom 13.08.1992, GVBl. S. 297
- Landesverordnung über die Beseitigung von kommunalem Abwasser (KomAbwVO) vom 27.11.1997, GVBl. S. 441

#### **Saarland:**

- Saarländisches Wassergesetz (SWG) vom 03.03.1998, Amtsbl. S. 306
- Verordnung über die Behandlung von kommunalem Abwasser vom 15.10.1997, Amtsbl. S. 1066

#### **Sachsen:**

- Sächsisches Wassergesetz (SächsWG) vom 21.07.1998, GVBl. S. 393
- Gesetz über das Einleiten von Abwasser in öffentliche Abwasseranlagen (Indirekteinleitergesetz – IndEinlG) vom 02.07.1991, GVBl. S. 233

- Verordnung des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landesentwicklung zur Umsetzung der Richtlinie 91/271/EWG über die Behandlung von kommunalem Abwasser (VOkomAbw) vom 03.05.1996, GVBl. S. 180

#### **Sachsen-Anhalt:**

- Wassergesetz für das Land Sachsen-Anhalt (WG LSA) vom 21.04.1998, GVBl. S. 186
- Indirekteinleitungsverordnung (IndEinl VO) vom 10.09.1997, GVBl. S. 843
- Verordnung über kommunales und Industrieabwasser bestimmter Branchen (Kommunalabwasserverordnung – KomAbwVO) vom 18.11.1997, GVBl. S. 970

#### **Thüringen:**

- Thüringer Wassergesetz (ThürWG) vom 10.05. 1994, GVBl. S. 445
- Thüringer Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 91/271/EWG über die Behandlung von kommunalem Abwasser (ThürkoAbwVO) vom 10.10.1997, GVBl. S. 368.

#### **D: Polnische Vorschriften**

- Wassergesetz vom 24.10.1974, Gesetzblatt Nr. 38 Ziff. 230 mit zahlreichen späteren Änderungen
- Gesetz über den Schutz und die Gestaltung der Umwelt vom 31.01.1980, Neuverkündung im Gesetzblatt Nr. 49 (1994), Ziff. 196
- Gesetzes über den Naturschutz vom 16.10.1991
- Gesetzes über die Staatliche Umweltschutzinspektion vom 20.07.1991, Gesetzblatt Nr. 77 Ziff. 325
- Verordnung des Ministers für Umweltschutz, natürliche Ressourcen und Forstwirtschaft über die Klassifizierung von Gewässern und die Bedingungen der Einleitung von Abwässern in Gewässer oder den Untergrund vom 05.11.1991, Gesetzblatt Nr. 116 Ziff. 503
- Verordnung des Ministers für Umwelt, Natürliche Ressourcen und Fortswirtschaft über die Bestimmung der Umwelt und menschliche Gesundheit schädlichen Vorhabensarten und über die Beurteilung der Umwelteinwirkungen vom 13.05.1995, Gesetzblatt Nr. 52, Ziff. 284
- Anordnung des Ministers für Umweltschutz, natürliche Ressourcen und Forstwirtschaft über die landwirtschaftliche Abwässernutzung vom 7.06.1986, MP Nr. 23 Ziff. 170
- *Entwurf* eines Gesetzes über die Düngemittel und die Düngung vom März 1998

## 6. Integrative, transdisziplinäre Forschung zum Küstenzonenmanagement: Eine kritische Bestandsaufnahme

*Gerald Schernewski und Bodo von Bodungen*

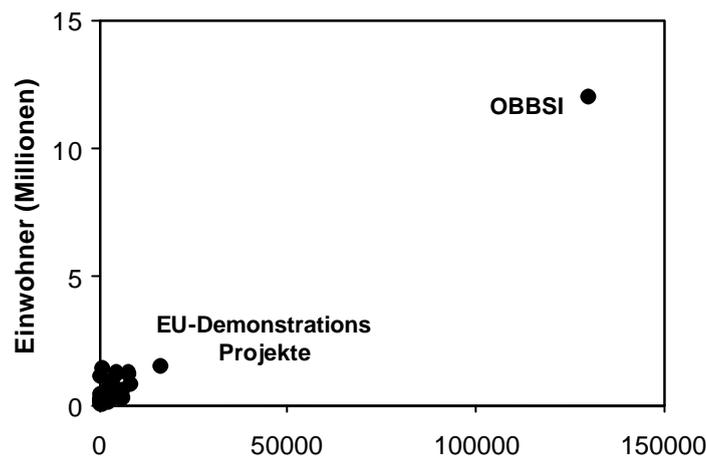
*Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW) an der Universität Rostock*

### 6.1. Transdisziplinäre Forschung als Herausforderung

Im Falle der Oder mit den hohen Nähr- und Schadstoffeinträgen im riesigen Einzugsgebiet und deren negativen Auswirkungen auf die Küstenzone wird deutlich, daß sich die Küstenzone nicht losgelöst vom Flußeinzugsgebiet betrachten läßt. Die Küstenzone stellt vielmehr einen Spiegel der Prozesse und Belastungen im Einzugsgebiet dar. Dadurch müssen Flußeinzugsgebietsmanagement und Küstenzonenmanagement eine Einheit bilden. Im folgenden wird beides auch begrifflich vereinfachend unter Küstenzonenmanagement zusammengefaßt.

Küstenzonenmanagement erfordert transdisziplinäre Forschung sowie die Einbindung von Politik, Verwaltung und Gesellschaft. Wie sehen die Erfahrungen und Anforderungen aus internationaler Sicht aus? Im Rahmen der EU-Initiative zum integrierten Küstenzonenmanagement wurden 35 transdisziplinäre Projekte europaweit durchgeführt, wobei der inhaltliche Schwerpunkt in den Bereichen Sozioökonomie, Verwaltung, Regionalplanung und Politik lag. Bei der kritischen Evaluierung dieser Projekte (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 1999) ist eine Schlußfolgerung, daß Initiativen zum Küstenzonenmanagement und die entwickelten Strategien nicht allumfassend sein können, sondern klare definierte Fragestellungen und Nutzungskonflikte bearbeitet werden müssen. Das bedeutet, daß der Prozeß des Küstenzonenmanagements nicht nur einmal durchlaufen wird, sondern jede neue Fragestellung und jeder Nutzungskonflikt diesen Prozeß erneut in Gang setzen. Jedes Element und jede beteiligte Institution kann also wiederholt gefragt sein. Für die Wissenschaft heißt dies konkret, daß sie nicht nur kurzfristig als Dienstleister im Küstenzonenmanagement involviert ist, sondern dauerhafte Beteiligung erforderlich sein kann. Gleiches gilt auch für das großräumige Management von Flußeinzugsgebieten. Eine zyklische Betrachtung des Managements mit der wiederholten Einbindung verschiedener Institutionen wirft die Frage auf, wer beim Küstenzonenmanagement federführend sein sollte. Die EU-Kommission sieht hier u.a. Universitäten und Forschungseinrichtungen in der Pflicht, da diese am ehesten eine unparteiische Leitung sicherstellen können. Konflikte zwischen verschiedenen Akteuren können dadurch verringert und die Effizienz der Zusammenarbeit erhöht werden.

Konkrete Anforderungen, wie Forschung zur Unterstützung und als Teil des Küstenzonenmanagements aussehen sollte, ergeben sich nicht nur aus den Schlußfolgerungen aus dem europäischen Demonstrationsprogramms zum IKZM, sondern auch aus dem Forschungsplan (HOLLIGAN & DE BOOIS 1993) sowie dem Implementierungsplan (PERNETTA & MILLIMAN 1995) zu LOICZ (Land-Ocean Interaction in the Coastal Zone), einem Kernprojekt des IGBP (International Geosphere-Biosphere Programme). Übergreifend wird gefordert, daß Forschung verstärkt zur Lösung konkreter praktischer lokaler Probleme beiträgt und die konkreten Nutzer der Ergebnisse frühzeitig eingebunden werden. Zudem sollte durch Verbreitungsstrategien sichergestellt werden, daß andere Projekte auf der vorhandenen Wissensbasis aufbauen können, statt sie zu duplizieren und es sollte Wissen generiert werden, welches überregionale Bedeutung hat. Ein weiteres bedeutendes Problem stellt der EUROPÄISCHEN KOMMISSION (1999) zufolge die mangelnde Kooperation über die Land-Meer-Grenze hinweg dar. Hierbei wird vor allem auf verwaltungsrechtliche Probleme abgehoben. Dieser Aspekt verweist jedoch auch auf die grundsätzliche Notwendigkeit der räumlich integrierten Betrachtungsweise.



**Abb. 6.1:** Vergleich der 35 von der EU im Rahmen des Demonstrationsprogramms zum integrierten Küstenzonenmanagement geförderten Projekte mit dem von der Volkswagen-Stiftung geförderten Projekt OBBSI (Oder Basin-Baltic Sea Interactions). Für den Vergleich sind die in den Projekten überplanten Flächen sowie die Einwohnerzahlen einander gegenübergestellt. Die Daten zum Demonstrationsprogramm stammen aus Europäische Kommission (1997) (aus Schernewski et al. 1999).

Welche Probleme treten in der Praxis auf? Der erforderliche großräumige, ökosystemübergreifende und dabei fachlich vielfältige Ansatz im Küstenzonen- und Einzugsgebietesmanagement läßt sich nur durch transdisziplinäre Verbundprojekte mit mehreren Partnern bewältigen. Transdisziplinarität stellt eine Herausforderung für die beteiligten Partner dar. Sie beinhaltet die Bereitschaft, sich in die Denkweisen und wissenschaftlichen Ansätze anderer Fachbereiche einzuarbeiten und einen regelmäßigen und intensiven Informationsaustausch zu pflegen. Aufgrund ihres unterschiedlichen historischen Hintergrundes und unterschiedlicher Anforderungen haben die einzelnen Disziplinen sehr unterschiedliche methodische Konzepte und eine ausgeprägte fachspezifische Sprache entwickelt. Beides erschwert die transdisziplinäre Kooperation, da gemeinsame Arbeitskonzepte und Planungen durchaus unterschiedlich verstanden und interpretiert werden. Aus diesem Grund ist ein zwingendes Konzept, welches vor Projektbeginn vorliegt noch wichtiger als in üblicher Verbundforschung. Die Entwicklung einer gemeinsamen Sprachebene sowie die sorgfältige Definition und Diskussion der über- und untergeordneten Ziele eines gemeinsamen Projektes aus verschiedenen fachlichen Blickwinkeln sind hierbei unumgänglich. Die auf diese Weise entstehende Hypothesen- oder Zielsetzungshierarchie muß dann von allen Partnern akzeptiert und als uneingeschränkte Richtlinie der Arbeit angesehen werden. Transdisziplinäre Forschung erfordert zudem wissenschaftliche und koordinative Erfahrung aller Beteiligten. Aufgrund dieser Tatsache sowie der Problematik der Fachspezifität von Promotionsarbeiten lassen sich Doktoranden nur begrenzt und in wohldefinierten Bereiche einbinden. Das Koordinationsproblem stellt sich in weit größeren Maße als in anderen Verbundprojekten und von den Projektleitern muß ein anhaltendes projektbegleitendes Engagement geleistet werden.

Während des Projektes stellt die Aufrechterhaltung ausreichender Kommunikation und wissenschaftlichen Austausches zwischen den Partnern einen zentralen Punkt dar. Trotz des Einsatzes neuerer Medien, wie E-mail, ist ein direkter Informationsaustausch durch Arbeitstreffen unumgänglich. Nur durch direkten Kontakt wird Verständnis für die wissenschaftlichen Probleme der einzelnen Partner gebildet und eine Vertrauensbasis geschaffen. Große räumliche Distanz der beteiligten Partner-Institute stellt mittlerweile kein unüberwindliches Hindernis mehr dar, wirkt sich aber dennoch eher hemmend auf eine enge Kooperation aus. Hemmend in diesem

Zusammenhang ist allerdings die notorische Überbelastung und die Knappheit an Zeit, der sich eigentlich alle in der Wissenschaft Tätigen ausgesetzt sehen.

## 6.2. Erfahrungen und Konsequenzen aus dem Projekt OBBSI

Im Projekt OBBSI stellen sich die beteiligten Institute der Herausforderung transdisziplinärer Forschung und der Notwendigkeit räumlich überregionaler Ansätze wird Rechnung getragen. Neben den erwähnten generellen, ergaben sich einige spezifische Probleme. Das Konzept des Projektes war schlüssig, wenngleich im nachhinein festgestellt werden kann, daß eine differenziertere Darlegung der Teilziele sowie eines Arbeitsplans zur Erreichung dieser Ziele, Mißverständnissen vorgebeugt und das grundsätzliche, gemeinsame Verständnis der Abläufe verbessert hätten.

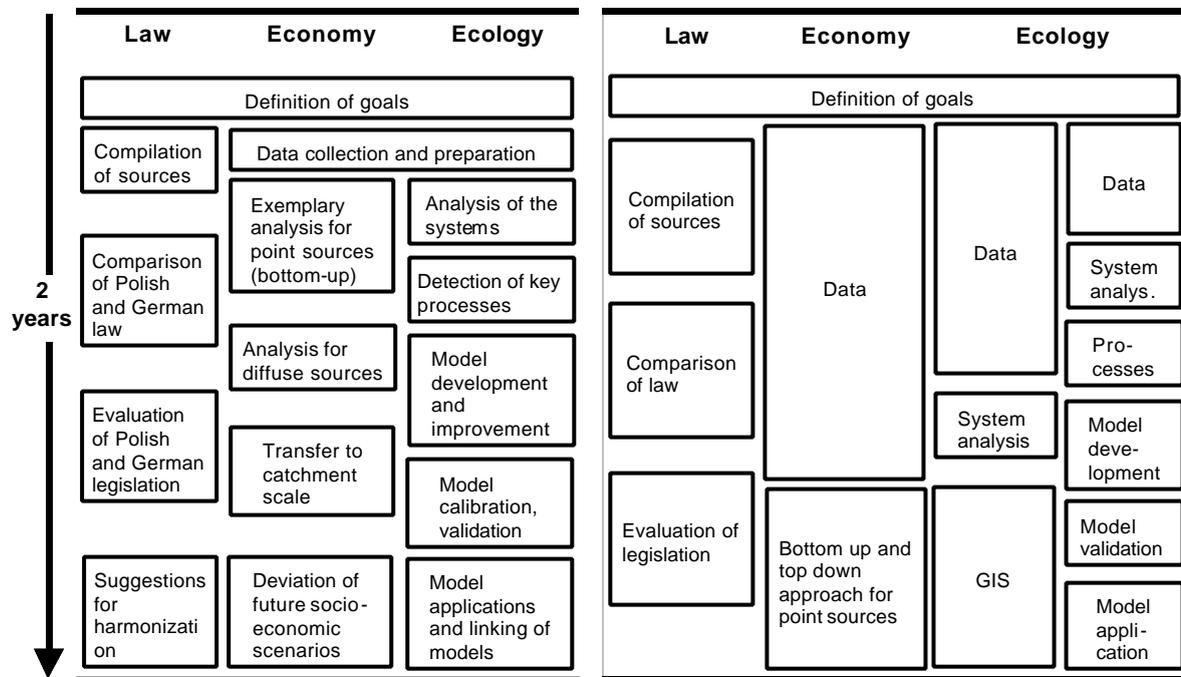
Der Fortschritt des Projektes hing wesentlich an der Geschwindigkeit, mit der die notwendigen Umweltdaten gesammelt und aufbereitet werden konnten. Dabei sollte auf bestehende Daten sowohl in Polen als auch in Deutschland zurückgegriffen werden. Ein ganz wesentliches Problem stellte hier die Fehleinschätzung der Datenverfügbarkeit, der Datenverläßlichkeit sowie des Aufwands für die Datenverarbeitung dar. Problematisch für das Gesamtprojekt wurde es vor allem dadurch, daß es durch den unterschiedlichen Fortschritt der einzelnen Partner zu einer Entkopplung der Arbeiten kam. Als Folge wurden gemeinsame Zwischenziele nicht gleichzeitig erreicht, woraus eine Entkopplung der Arbeiten resultierte und sich die einzelnen Partner notgedrungen verselbständigten. Eine ähnliche Situation kann aber auch allein durch unzureichenden Informationsaustausch auftreten. Der nationale Austausch innerhalb von OBBSI funktionierte gut. Bei Arbeiten im Oder-Einzugsgebiet ist aber zudem grenzübergreifende Kooperation mit den polnischen Instituten erforderlich, die als Auftragnehmer ins Projekt eingebunden wurden. Bei der Kooperation traten erhebliche Sprachprobleme auf, die die Kommunikation allgemein und die tiefe inhaltliche Durchdringung von Arbeitskonzepten und Planungen erschwerte sowie den Ablauf unerwartet verzögerte. Als hinderlich erwies sich, daß das Budget für erforderliche aber auch kostspielige Übersetzungen sehr begrenzt war und sehr gezielt eingesetzt werden mußte.

Leider wird der tatsächliche zeitliche Aufwand, den eine Arbeitsgruppe für die Bearbeitung eines Aspektes, wie die Datenerfassung und -aufbereitung, benötigt, meist erst im Laufe der Zeit deutlich. Es besteht bei transdisziplinären parallel angesetzten Arbeiten dadurch ständig die Gefahr eines unterschiedlichen Arbeitsfortschritts.

Sind andere Partner auf verspätete Zwischenergebnisse angewiesen, so kann es zu erheblichen Behinderungen im Projektablauf kommen, was bei OBBSI auch der Fall war. Aufgrund der mehrfach aufeinander aufbauenden Arbeitsschritte einer jeden Gruppe und des Ineinandergreifens der Teilergebnisse zwischen den Partnern, wurden modifizierte Zeitplanungen nach Verzögerungen erschwert. Trotz der Größe des Projektes OBBSI war es kaum möglich, zusätzliche Kapazitäten zu schaffen, die ein Aufholen nach Verzögerungen erlaubten oder es ermöglichten, unerwartete Lücken zu schließen.

Im Rahmen der abgeschlossenen ersten Phase des Projektes standen die Schaffung einer soliden Datengrundlage sowie die Entwicklung von Modellen als Werkzeuge beim Küstenzonen- und Einzugsgebietsmanagement im Vordergrund. Das Zusammenwirken der Modelle sollte dann in der folgenden Phase exemplarisch in Eintragsreduktions-Szenarien getestet werden. Spätere Anwendungen der Modell-Werkzeuge, über die wissenschaftliche Fragestellungen hinaus, waren in der ersten Phase noch nicht benannt. Potentielle Anwender und Nutzer in Deutschland und Polen wurden daher nicht in den Definitions- und Entwicklungsprozeß eingebunden, und eine direkte Interaktion mit diesem Personenkreis war nicht vorgesehen. Ein grundsätzliches Konzept, wie die entwickelten Modelle und Daten für Außenstehende zugänglich und benutzerfreundlich anwendbar

gemacht werden können und wie Entscheidungsträger und Interessierte über die Ergebnisse informiert werden sollen, ist erst gegen Ende der ersten Phase des Projektes intensiver diskutiert worden. Dies, wie auch aktivere Öffentlichkeitsarbeit war vorrangig für die zweite Phase vorgesehen. Strukturen und Konzepte für die Einbindung von Anwendern, Interessierten sowie regionalen Verbänden und Behörden auf polnischer und deutscher Seite und deren Information wären allerdings bereits in der ersten Phase hilfreich gewesen.



**Abb. 6.2:** Voraussplanung der Arbeitsabläufe der verschiedenen Bereiche in OBBSI (links) und tatsächlich realisierte Arbeiten (rechts)

Leider ist der Erfahrungsaustausch mit anderen nationalen Projekten, die ähnliche Fragestellungen bearbeiten, unvollständig, da es in Deutschland kein umfassendes, zentralisiertes Informationssystem hierzu gibt. Gleiches gilt auch in bezug auf bestehende Daten der Oder aus früheren Arbeiten und abgeschlossenen Projekten. Der inhaltliche Aufbau auf bestehende Daten und Ergebnisse ist aufgrund unzureichender Informations- und Zugriffsmöglichkeiten nur begrenzt und wenig systematisch möglich. Dies gilt für das deutsche Odergebiet und erst recht für das zwischen Deutschland, Tschechien und Polen geteilte Gesamt-Einzugsgebiet einschließlich des Haffs. Aus den Erfahrungen lassen sich folgende generelle Forderungen für ein Projekt ableiten:

- Ein transdisziplinäres und internationales Projekt benötigt eine zentrale und dauerhaft agierende Koordination, die permanenten Informationsaustausch sicherstellt und Fehlentwicklungen entgegensteuert. Die Koordinationsfunktion kann nicht ohne Einschränkungen durch einen der im Projekt tätigen Wissenschaftler nebenbei wahrgenommen werden. Sie erfordert zusätzliche personelle Kapazität (Etablierung einer Geschäftsstelle).
- Ein Projekt erfordert klar definierte Ziele, die von allen Partnern akzeptiert und mit all ihren Konsequenzen und Implikationen erfaßt werden. Die Wege, die zur Erreichung der Ziele führen, sind deutlich aufzuzeigen sowie mit Teilzielen und Alternativen zu versehen. Eine schriftliche Niederlegung stellt sicher, daß sich später in das Projekt eintretende Mitarbeiter einen vollständigen Überblick verschaffen können. Nur durch eine regelmäßige und frühzeitige Kontrolle der erreichten Teilziele ist eine möglicherweise notwendige Modifikation der Projektstrategie rechtzeitig einzuleiten.

- Es sind Kondensationskeime für die gemeinsame Arbeit wichtig, die die Motivation und Identifikation mit dem Projekt unterstützen (Internet-Homesite, gemeinsame Foliensammlung, Info-Broschüre). Zudem erhöhen die den Informationsaustausch und sorgen für regelmäßige Kontakte zwischen den Mitarbeitern.
- Eine systematische und intensive Einbindung von verschiedensten Einrichtungen aus dem Untersuchungsgebiet, wie Universitäten, Forschungseinrichtungen, Ämtern und Behörden, ist unumgänglich. Es müssen in hohem Maße Wissenschaftler assoziiert werden, die neben Fachwissen detaillierte lokale Kenntnisse besitzen und Zugang zu verschiedensten Datenquellen vermitteln können.
- Frühe Interaktion mit zukünftigen Nutzern der Daten, Ergebnisse und Modelle erhöhen den praktischen Nutzen der Arbeit und können so die Motivation fördern. Externe Evaluationen durch Praktiker und Wissenschaftler im Rahmen von Workshops sollten genutzt werden, um die kritische Auseinandersetzung mit der Arbeit zu erhöhen und um Denkanstöße zu erhalten.
- Eine gemeinsame, über die Projektlaufzeit hinausreichende Strategie zur Öffentlichkeitsarbeit und Verbreitung der Projektinformationen, Ergebnisse, Daten und Modelle ist notwendig, um eine nachhaltige Wirkung des Projektes sicherzustellen.

### **6.3. Forschung zum Küstenzonenmanagement in Deutschland**

Der Begriff des integrierten Küstenzonenmanagements ist mittlerweile auch in Deutschland zur Mode geworden und auch dessen Notwendigkeit wird weitgehend eingesehen. Anders als in Staaten wie Großbritannien, den USA oder Australien haben sich in Deutschland aus den anhaltenden Diskussionen allerdings bislang wenig Konsequenzen ergeben. Weder die Wissenschaft noch die Verwaltungen haben Strukturen geschaffen, die konkretes integriertes Management ermöglichen. Ein grundsätzliches Problem stellt die Unschärfe und allumfassende Definition des Küstenzonenmanagements dar. Dadurch können einerseits die verschiedensten Aktivitäten unter dem Begriff summiert werden und andererseits sieht sich keine Institution wirklich in der Lage, die Koordination und Federführung für ein solch komplexes Aufgabenfeld zu übernehmen. Ein vorrangiges Ziel in Deutschland muß deshalb sein, die dominierend theoretisch semantischen Erörterungen zugunsten praktischer Fallbeispiele und konkreter Konfliktanalysen und -lösung zurückzustellen und damit den Forderungen der Europäischen Kommission nachzukommen. Dann scheint es auch denkbar, dass wissenschaftliche Institutionen in Deutschland die von der EU empfohlene Federführung für räumlich und inhaltlich überschaubare Projekte übernehmen.

Übergeordnetes regionales Küstenzonenmanagement, wie beispielweise für die Oder-Küstenzone, beinhaltet in verschiedenen Phasen unterschiedliche inhaltliche Schwerpunkte, die unterschiedliches Fachwissen erfordern. Die mit der Bearbeitung betrauten Fachleute und Arbeitsgruppen können und sollten also aus Sicht des Managements längerfristig durchaus wechseln. Das heißt auch, daß die Wissenschaft nur in einigen Phasen eine bedeutende aber sich durchaus wiederholende Rolle spielt. Die wesentlichen regionalen Ziele des IKZM und die zu bearbeitenden Nutzungskonflikte müssen aber wegweisend für alle Phasen bleiben. Um die zeitliche Kontinuität und eine langfristige Verfolgung von Zielen zu gewährleisten, ist eine mit Personen unterschiedlichen Hintergrunds ausgestattete Koordinierungsgruppe erforderlich. Dies gilt insbesondere für große und zudem internationale Regionen wie das Odereinzugsgebiet. Diese Koordinierungsgruppe sollte die Möglichkeit haben, finanzielle Mittel den inhaltlichen Erfordernissen entsprechend zu lenken und konkrete Fragestellungen an definierte Konsortien abzugeben. Eine regionale Koordinierungsgruppe, unterstützt durch ein Koordinationssekretariat, ermöglicht kontinuierliche regionale Öffentlichkeitsarbeit zum Thema IKZM, den Aufbau eines Informationssystems sowie eine Intensivierung des Informationsaustausches auf und zwischen

allen Ebenen. Hierzu geben die verschiedenen regionalen Küstenzonenmanagement-Initiativen in England mit ihren eigenen Zeitschriften, Seminaren und Homepages ein überzeugendes Beispiel. Auf der Tagung zur Bewertung der EU-Küstenzonenmanagement-Initiative im Sept. 1999 in Kiel wurde in mehreren Workshops der Wunsch nach einem nationalen Forum zum IKZM in Deutschland laut. Es soll dem Informationsaustausch und der Informationsbereitstellung dienen und die Öffentlichkeit über den Nutzen und die Notwendigkeit des Küstenzonenmanagements informieren. Ein solches nationales Forum würde eine sinnvolle Ergänzung zu regionalen Initiativen darstellen und könnte dem Küstenzonenmanagement in Deutschland die erforderlichen zusätzlichen Impulse verleihen.

Derzeit beschränkt sich der Beitrag der Wissenschaft im Rahmen des Küstenzonenmanagements wesentlich auf den Bereich der Forschung und dies liegt unter anderem an der wenig geeigneten Drittmittelförderung des Küstenzonenmanagements. An konkreten Problemen und Fragestellungen orientierte Forschung stellt einen relativ komplexen Prozeß im Zeitablauf dar, in dem verschiedene, aufeinander aufbauende Phasen durchlaufen werden, wie die Analyse und Bewertung des Zustands eines Systems, die Definition eines Zielzustands, die Ableitung von möglichen Maßnahmen, die Entwicklung von Modellen zur vorausschauenden Analyse der Wirksamkeit der dieser Maßnahmen, die Umsetzung von Maßnahmen sowie die Nachsorge und Evaluierung des Zustands. Die Länge einzelner Phasen deckt sich in der Regel nicht mit der Förderdauer der verschiedenen Förderinstitutionen, die lediglich wenige Jahre beträgt. In der Regel ist keine langfristige Förderung von einer Institution möglich. Um ein Ziel langfristig zu verfolgen müssen deshalb verschiedene Finanzierungsquellen genutzt werden. Durch wechselnde Förderung mit notwendigerweise wechselnden Zielsetzungen und Partnern ist eine kontinuierliche Entwicklung von beispielsweise gekoppelten, transdisziplinären Modell-Werkzeugen für das Küsten- und Einzugsgebietsmanagement aber nicht möglich. Erfolgversprechende Ansätze müssen ausreichende zeitliche und personelle Kontinuität der Arbeit gewährleisten. Zudem ist die Evaluierung solcher transdisziplinären Projekte aus fachspezifischer Sicht sehr problematisch, da ihr Nutzen und Wert weniger aus dem Erkenntnisgewinn jedes einzelnen Teilprojektes ergibt, sondern vielmehr aus dem Mehrwert der durch die Integration der Ergebnisse entsteht. Von daher ist die Forschungsförderung über sogenannte Drittmittel in Deutschland derzeit nur begrenzt für Forschung zum Küstenzonenmanagement geeignet.

Damit ist die Forschung aber nicht aus der Verantwortung für Küstenzonenmanagement entlassen. Aus langjährigen Arbeiten verschiedenster Institutionen sowie aus zahlreichen Projekten und Monitoring-Programmen liegen eine Vielzahl an Daten, Informationen und auch Simulationsmodellen vor, die wertvoll für Küstenzonenmanagement sein können. Augenmerk muß in der Zukunft darauf liegen, durch engere Kooperation den Informationsbedarf von Planern und anderen Akteuren zu ermitteln und die vorhandenen Daten und Kenntnisse dann zielgerichtet für deren Fragestellungen aufzubereiten.

## 7. Öffentlichkeitsarbeit

### 7.1. Vorträge und Präsentationen

- Humborg, C. (1997): Oder Basin - Baltic Sea Interactions (OBBSI). LOICZ Workshop Focus 4 in Geesthacht, 17.-18. Juni.
- Humborg, C. & Kölle, C. (1997): Altered nutrient fluxes from rivers to the sea. Modelling and management approaches. Euroconference on Coastal Management Research, St. Filii de Gouxols, Spain, 6.-10. Dezember,.
- Humborg, C. (1998): The exceptional Oder flood in summer 1997 - the fate of nutrients and particulate organic matter in the Baltic Sea. Scientific Workshop on the Oder Flood. Workshop am Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrography in Hamburg, 12.-14. Januar.
- Rudolph, K.-U. (1997): Evaluation of water projects with impact on coastal areas. Euroconference on Coastal Management Research, St. Filii de Gouxols, Spain, 6.-10. Dezember.
- Schernewski, G., Pollehne, F. & Bodungen, B. von (1999): Coastal zone research for integrated management strategies: The example of the Oder Basin - Baltic Sea. Conference on 'Integrated Coastal Zone Management: What lessons for Germany and Europe?' in Kiel, 26.-27. Aug..
- Schernewski, G. (1999): Integriertes Küstenzonenmanagement am Beispiel von Oder/Oder Haff. Workshop 'Ökosystem Boddengewässer: Integriertes Küstenzonen-Management' in Kloster/Hiddensee, 16.-17. Sept..
- Schernewski, G. (1999): Ökosysteme der Ostsee - neuere Erkenntnisse und Küstenzonenmanagement: Äußere Küstengewässer und Ostsee. Vortrags-Veranstaltung des Wissenschaftsverbands Umwelt WVU in Rostock, 11. Nov..

### 7.2. Publikationen

- Allgemeines Deutsches Sonntagsblatt (6. Februar 1998): Alles im Fluß. Ein Forscherteam ermittelt, wie die Oder sauberer werden könnte - und was das kostet.
- Humborg, C., Mahlburg, S. & Müller, C. (1997): Leben am Wasser. Integratives Küstenmanagement am Beispiel der Oder und angrenzender Küstengewässer Tradition et Innovatio. Das Forschungsmagazin der Universität Rostock, Heft 2, 17-20.
- Humborg, C. & Kölle, C. (1997): Altered nutrient fluxes from rivers to the sea. Modelling and management approaches.
- Humborg, C., Nausch, G., Neumann, T., Pollehne, F. & Wasmund, N. (1998): The exceptional Oder flood in summer 1997 - the fate of nutrients and particulate organic matter in the Baltic Sea. Deutsche Hydrographische Zeitschrift; 50, 2/3: 1-13.
- Humborg, C, Fennel, K, Pastuszak, M. & Fennel, W. (in press): A box model approach for a long-term assessment of estuarine eutrophication, Szczecin Lagoon, southern Baltic.
- Müller, C. & Mahlburg, S. (1997): Leben am Wasser - Integratives Wassermanagement am Beispiel der Oder und angrenzender Küstengewässer. Deutsche Universitätszeitung, Special v. 07.11.1997, S. 19.
- Pastuszak, M., Sitek, S., Grelowski A. (1998): The exceptional Oder flood in summer 1997 – nutrient concentrations in the Swina Strait during the years 1996 and 1997 - with emphasis on the flood event. Dt Hydrogr Z 50, 2/3: 183-202.
- Rudolph, K.-U. (1997): Evaluation of water projects with impact on coastal areas.
- Schernewski, G., R. Dannowski, C. Humborg, S. Mahlburg, C. Müller, F. Pollehne, J. Steidl & V. Wallbaum (2000): Interdisziplinäre Forschung zum Küstenzonenmanagement: Erfahrungen und Perspektiven am Beispiel der Oder. Bodden, 9, 73-85.

Schernewski, G, T. Neumann, V. Podsetchine & M. Wielgat (accepted): Integrated water quality and transport modelling in the Oder estuary (southern Baltic Sea): Background and strategy. Marine Science Reports.

### **7.3. Workshops**

6. - 7. Mai 1998: OBBSI Status Seminar am Institut für Ostseeforschung Warnemünde.

25. - 26. Mai 1999: Evaluierungs-Workshop: ‚The project OBBSI (Oder Basin - Baltic Sea Interactions) and future perspectives of integrated coastal zone research in the Baltic‘ am Institut für Ostseeforschung in Warnemünde.

### **7.4. Internet**

Eine vollständige Dokumentation des Projektes findet sich unter folgender Internet-Adresse: <http://www.io-warnemuende.de>. Ergänzende Informationen sind bei den Bearbeitern der einzelnen Beiträge oder über Dr. Gerald Schernewski ([gerald.schernewski@io-warnemuende.de](mailto:gerald.schernewski@io-warnemuende.de)) zu erhalten.

## Zusammenfassung und Perspektiven

Mit dem von der Volkswagen-Stiftung finanzierten 2-jährigen Pilot-Projekt OBBSI wurde versucht, sich der aus Sicht des integrierten Küsten- und Einzugsgebietsmanagements erforderlichen räumlich integrierten, interdisziplinären Forschung zu stellen. Das Einzugsgebiet der Oder (120.000 km<sup>2</sup>) (Abb. 1.2) und die Oder-Küste (Abb. 1.3) decken eine weitaus größere Fläche ab, als dies in vergleichbaren, im Rahmen der EU-geförderten, Demonstrationsprojekten zum Küstenzonenmanagement der Fall ist (Abb. 1.4). Gleichzeitig wurde durch die Zusammenführung von naturwissenschaftlich (Institut für Ostseeforschung, Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung), umwelt-ökonomisch (Universität Witten/Herdecke) und juristisch (Ostseeinstitut für Seerecht und Umweltrecht) ausgerichteten Instituten sowie entsprechenden polnischen Partner-Instituten ein transdisziplinärer Ansatz verfolgt. Ziele des Projektes waren die Schaffung einer zuverlässigen Datengrundlage zu den Stickstoff- und Phosphorfrachten im Odereinzugsgebiet, die Analyse der Eintragspfade und des Belastungszustands sowie die Entwicklung von räumlich und inhaltlich gekoppelten Modellen zur Simulation und Prognose zukünftiger Veränderungen. Gleichzeitig sollten sozio-ökonomische Szenarien entwickelt werden, aus denen sich die zukünftigen Einträge herleiten lassen, die dann die Startbedingungen für die Modelle liefern. Begleitet wurde die Arbeit durch Auswertungen der gegenwärtigen Umweltgesetzgebung und die Definition zukünftiger gesetzlicher Anforderungen, um die Umsetzung der Szenarien zu ermöglichen (Abb. 1.5).

### Das Oder-Einzugsgebiet

Für das in Deutschland und Polen liegende Gewässersystem der Oder wurde eine einheitliche mittelmaßstäbige GIS-Basis (M 1:200.000) aufgebaut, auf deutscher Seite ergänzt um Uecker, Peene und Zarow als größere Zuflüsse zum Oder-Haff. Das Gewässernetz wurde durch ein Routing-Modell ergänzt, das die Fließrichtungen und Verknüpfungen der Fließgewässer abbildet. Integraler Bestandteil der GIS-Basis sind weiterhin die Teileinzugsgebiete des Odersystems (M 1:500.000 bis 1:200.000) mit den Themenbereichen Hydrographie (Einzugsgebietsgrenzen), Hydrometeorologie, Landnutzung (einschließlich Nährstoffüberschuß 1989/90), Böden, Grundwasserverhältnisse, Relief und Verwaltungsstruktur. Aussagen zu den diffusen N- und P-Einträgen aus den landwirtschaftlich genutzten Flächen des Einzugsgebietes, die das vorliegende gewässerorientierte Projekt ergänzen, resultieren aus einem vom ZALF koordinierten und maßgeblich bearbeiteten parallelen polnisch-deutschen Verbundprojekt zum Einzugsgebiet der Oder und der Pommerschen Bucht. Es liegt eine weitgehend vollständige, nach Teileinzugsgebieten differenzierte, GIS-basierte Beschreibung der landwirtschaftlichen Nährstoffeinträge im Odergebiet vor. Die implementierten Modellalgorithmen gestatten zukünftig Szenariountersuchungen zur Reaktion der diffusen landwirtschaftlich bedingten Nährstoffeinträge auf Landnutzungsänderungen.

Die ökomorphologische Zustandserfassung der Fließgewässer wurde durch die Arbeitsgruppe Ilnicki in Polen vorgenommen. Erste methodische Überlegungen zu einem geeigneten Modellansatz für die Beschreibung des Nährstofftransport- und -eliminationsverhaltens im Odersystem sind abgeschlossen. Daten zu den Abflüssen und zur Gewässerbeschaffenheit der Oder und ihrer Hauptzuflüsse, mit denen die Modellkalibrierung vorgenommen werden kann, liegen für 32 ausgewählte Pegel und Stromabschnitte für den Zeitraum 1993/95 vor.

Im Rahmen des Projektes erfolgte eine Bestandsaufnahme der Abwasserentsorgungseinrichtungen sowie der geplanten Investitionen an den stark belasteten ‚Hot Spots‘ der HELCOM. Dabei wurden die erhobenen Daten über die Hot Spots mit den Verhältnissen in den beiden Modellregionen Swinemünde und Beuthen und durch Erfahrungsgrößen abgeglichen bzw. ergänzt, so daß eine

möglichst vollständige Darstellung der Abwasserentsorgungseinrichtungen existiert. Zudem sind wesentliche makroökonomische Größen vorhanden, die für eine Definition verschiedener volkswirtschaftlicher Szenarien benötigt werden.

Insgesamt ist das Niveau der Abwasserentsorgung in Polen noch weit hinter den meisten westlichen europäischen Staaten zurück. So werden 35% der Abwässer nur unzureichend und 30% überhaupt nicht geklärt. Ähnlich stellt sich die Situation in den Hot Spots da. Lediglich 17% erfahren eine weitergehende Reinigung, 24% werden nur mechanisch und 59% überhaupt nicht gereinigt. Dabei ist die Situation in den Hot Spots jedoch recht unterschiedlich. Während in Städten wie Grünberg oder Lodz nahezu keine Abwasserreinigung erfolgt, verfügen andere Städte wie z.B. Posen über vergleichsweise gute Reinigungskapazitäten, die jedoch noch modernisiert und erweitert werden müssen. Dafür ist das Kanalnetz hydraulisch überlastet und bedarf entsprechenden Verbesserungen.

Zusätzlich ist es bisher gelungen, EDV-Programme zur Berechnung von Kosten und Beschäftigungseffekten einzelner Investitionsmaßnahmen zu entwickeln, die zukünftig mit den Modellen der anderen beteiligten Institute zu einem Softwaretool zusammengeführt werden können.

Durch die Zusammenarbeit der verschiedenen Institute kann nun ein optimales Maßnahmenbündel erarbeitet werden. Das bedeutet, daß neben dem Bereich der kommunalen Abwasserentsorgung auch weitere Möglichkeiten zur Reduzierung der Einleitungen betrachtet werden können. Hier ist insbesondere an die Einleitungen aus diffusen Quellen gedacht.

Dazu können die Immissionsreduzierungen aufgrund verschiedener Maßnahmen in die Boxmodelle der naturwissenschaftlichen Institute eingehen, um so Einblicke über Stoffflüsse und daraus resultierende ökologische Auswirkungen zu erhalten. Aus diesen Ergebnissen lassen sich wiederum Rückschlüsse auf den Nutzen der Maßnahmen ziehen. Ein Vergleich von Investitionen in die Abwasserbeseitigung mit Maßnahmen zur Reduzierung der Einleitungen aus diffusen Quellen wird dadurch möglich. Gleichzeitig könnte abgeschätzt werden, wie hoch der Subventionsbedarf zur Stilllegung landwirtschaftlicher Nutzflächen wäre, um die gleichen Reduktionsmengen wie bei Abwasserentsorgungsmaßnahmen zu erreichen. Alle potentiellen Maßnahmen wären natürlich immer vor dem Hintergrund der polnischen Gesetzgebung (insb. dem Wasserrecht) zu sehen gewesen.

Aufgrund der bisherigen Arbeiten und Recherchen zeigt sich, daß einheitliche Regelungen und Standards für das gesamte Untersuchungsgebiet nicht die optimale Lösung darstellen können. Vielmehr sind entsprechend der spezifischen Situation individuelle Maßnahmen erforderlich. So ist es z.B. aus Kosten-Nutzen Überlegungen heraus für einige Städte sinnvoller, anstelle in Klärwerksausbauten und -verbesserungen zur Einhaltung strengerer Standards zu investieren, erst das Kanalnetz auf die hydraulische Belastung auszulegen. Darüber hinaus sind bestimmte Klärwerkstypen (z.B. hochbelastete Belebungsanlagen), die mit ihren Reinigungsverfahren speziell auf die Ursachen der Gewässerverschmutzung abstellen, aus Kostengründen teuren Standardanlagen vorzuziehen.

Bei der Beurteilung verschiedener Maßnahmenbündel ist jedoch auch zu berücksichtigen, daß der Bau von kleineren Kläranlagen außerhalb der Hot Spots schneller zu spürbaren Erfolgen führt, da für sie u.a. eine schnellere Genehmigung zu erwarten ist und die Bauzeit im Vergleich zu Großkläranlagen kürzer ist.

## Die Oder-Küstenzone

Das Ziel war eine adäquate Budgetierung und Modellierung der Nährstoff- und Schwermetallflüsse im Oder-Haff, der Pommerschen Bucht und der angrenzenden Küstengewässer. Eine Studie über die Schwermetallfrachten der Oder und deren Verbleib in der Ostsee wurde in jüngster Zeit vom IOW bereits parallel erarbeitet (Leipe et al., 1998), auf deren Ergebnisse für die Empfehlung von Reduktionsmengen zurückgegriffen werden kann. Als Modellregion für das zu entwickelnde Boxmodell wurde das Oder-Haff vorgesehen, da hier eine große Dichte physikalischer, chemischer und biologischer Daten besteht, sowie die hydrographischen Randbedingungen durch den direkten Flußeintrag in das Haff und den Austrag durch die Lagunen-Ausgänge (Swina, Dzwina und Peenestrom) klar definiert sind. Das Oder-Haff stellt somit ein ideales Testgebiet für das zu entwickelnde Boxmodell dar. Der konzeptionelle Aufbau des Boxmodells, der bei weitem den arbeitsintensivsten Teil der Modellierung darstellt, wird auch für die angrenzenden Küstengebiete genutzt.

Das Boxmodell erlaubte Modellrechnungen zur Eutrophierung des Oderästuars über die letzten 50 Jahre. Eine Verfünffachung des Nährstoffeintrags der Oder seit den 50er Jahren wurde dabei angenommen. Dies entspricht dem Anstieg des Düngemitelesatzes in dieser Region, was in Anbetracht des gleichzeitig angestiegenen landwirtschaftlichen Ertragsniveaus sicherlich eine Überschätzung der Eintragsentwicklung bedeutet. Darüber hinaus wurde eine Parametrisierung der Akkumulation und Freisetzung der Nährstoffe im Sediment erreicht. Das Modell spiegelt die wesentlichen Auswirkungen von Eutrophierung über einen Zeithorizont von Jahrzehnten wider und kann darüber hinaus als Entscheidungshilfe für ein Umweltmanagement dienen:

- Der langfristige Anstieg und die Dynamik der Nährstoffkonzentration und der Phytoplanktonblüten im Oderästuar werden realistisch wiedergegeben.
- Das Modell spiegelt den Wechsel von P-Limitierung der Phytoplanktonblüten im Frühjahr zu einer N-Limitierung im Sommer sehr gut wider.
- Die errechneten Akkumulationsraten von N und P ("Verschlickung des Sedimentes") stimmen mit Messungen der langfristigen Ablagerungen im Sediment überein (Leipe et al., 1998).
- Die Vergrabungs- und Denitrifizierungsraten (natürliche Filterkapazität) und deren zeitliche Veränderung unter ansteigender Eutrophierung werden realistisch wiedergegeben.

Diese Charakteristika sind entscheidend für zu entwickelnden Szenarien. Die für das Oder-Haff gezeigten Modellsimulationen sind für die Pommersche Bucht ebenfalls bereits berechnet.

## Umweltrecht

Im deutschen und polnischen Umweltrecht war der Blick zunächst auf das Wasserrecht, aber auch auf das Naturschutz- und Abfallrecht, das Recht der räumlichen Gesamtplanungen sowie das Agrarstoffrecht einschließlich der jeweiligen untergesetzlichen Regelwerke (Verordnungen, Verwaltungsvorschriften) zu richten. Darüber hinaus wurden die im Projektzusammenhang relevanten internationalen und bilateralen Übereinkommen analysiert. Für den Bereich des polnischen Rechts konnte und kann dabei auf die Zuarbeiten von Prof. Dr. Pawel Czechowski von der Universität Warschau zurückgegriffen werden, dessen Erfahrungen für das Projekt wegen seiner Tätigkeit als Vorsitzender der Expertenkommission für die Harmonisierung des polnischen Rechts mit dem Rechtssystem der Europäischen Gemeinschaften besonders wertvoll sind.

Die synoptische Zusammenschau des projektrelevanten Rechts ist, wie auch die vergleichende Bewertung des polnischen und deutschen Rechts im Hinblick auf die Problemlösungskapazitäten für ein nachhaltiges Gewässermanagement, abgeschlossen. Als nicht unproblematisch für die

vergleichende Betrachtung hat sich die rechtliche Umbruchsituation in Polen und die Tatsache erwiesen, daß die relevanten Teile des polnischen Rechts nicht in dem Maße rechtswissenschaftlich aufgearbeitet und durch langjährige Rechtsprechungstradition gefestigt sind, wie dies vom deutschen Recht bekannt ist. Allerdings eröffnet sich hieraus auch eine gewisse prognostische Möglichkeit, Rechtsentwicklungen in Polen vorherzusehen, die in Deutschland bereits in den vergangenen Jahren vollzogen wurden.

Überschlägig kann eingeschätzt werden, daß hinsichtlich der stofflichen Gewässerbeeinträchtigungen aus Punktquellen eine erhebliche strukturelle Ähnlichkeit des relevanten rechtlichen Regelungsinstrumentariums besteht, während im Bereich der diffusen Quellen - also insbesondere im Agrarstoffrecht - in Polen noch erheblicher Regelungsbedarf besteht.

Die durchgeführte Analyse der polnischen und deutschen Umweltgesetze bildet einen wichtigen Ausgangspunkt im Hinblick auf die im Entwurf vorliegende Wasserrahmenrichtlinie der EU. Mit dieser Richtlinie will die Europäische Union einen transparenten, effizienten und kohärenten rechtlichen Handlungsrahmen für eine nachhaltige Nutzung der Gewässer in der Gemeinschaft vorgeben.

## Datenanhang

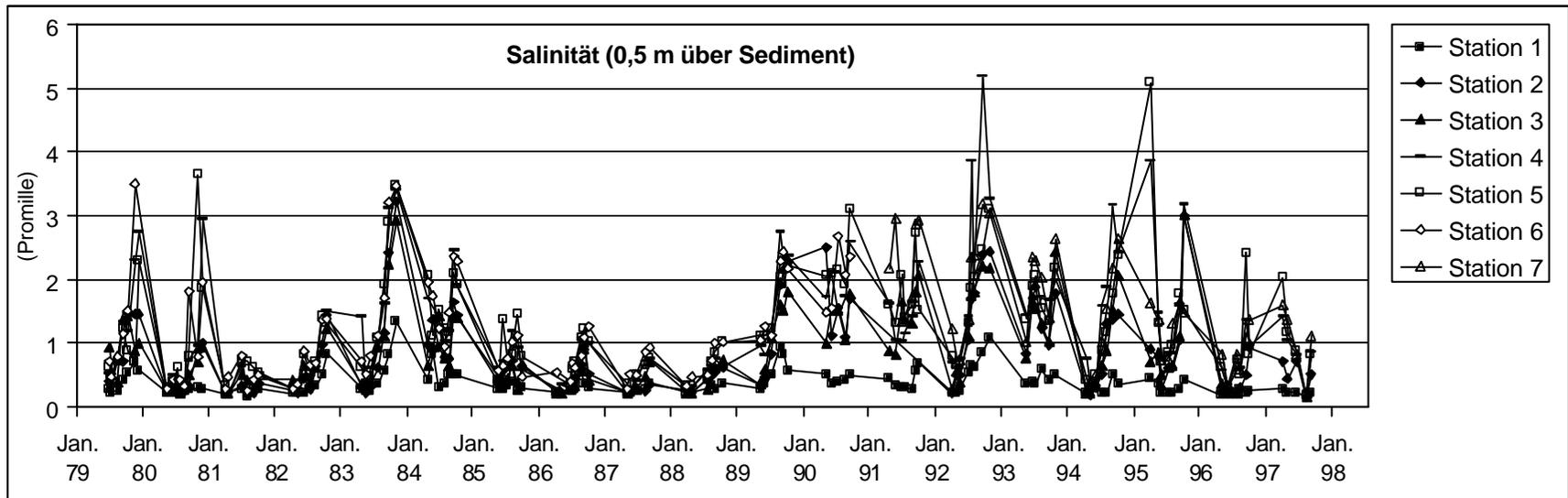
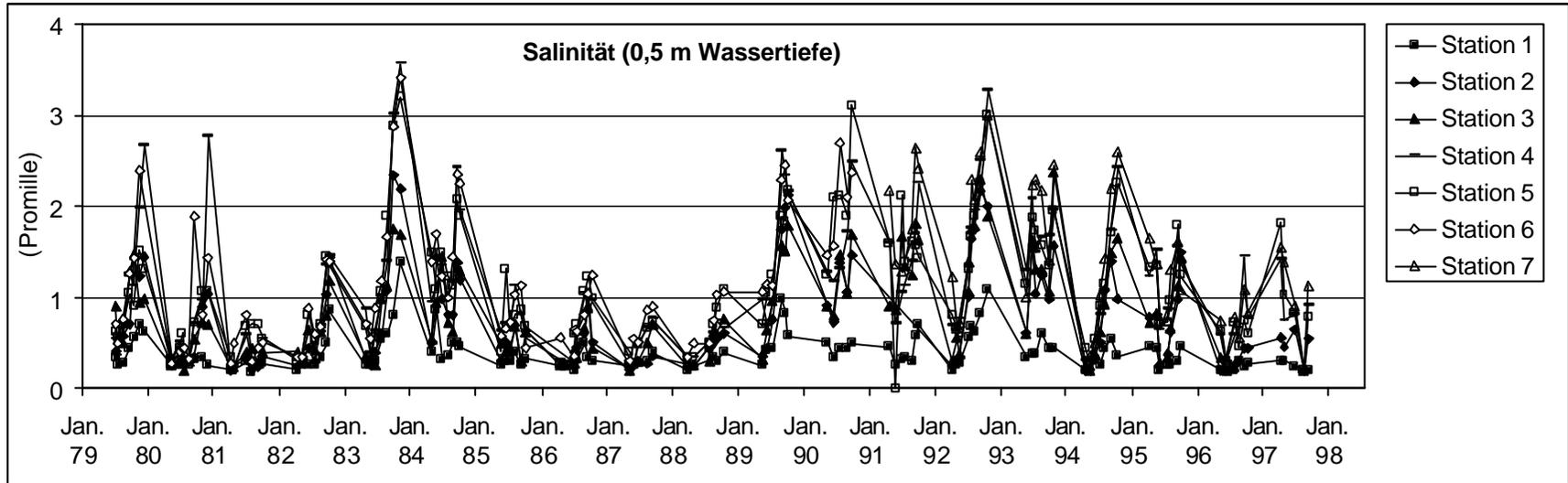
Die vertraglichen Vereinbarungen im Rahmen des Projektes sahen u.a. die Bereitstellung von Daten vom Oderhaff und der Pommerschen Bucht durch das Sea Fisheries Institute in Gdynia (MIR) vor. Die Aufbereitung und Dokumentation wurde durch M. Pastuszek vorgenommen.

Konkret handelt es sich um:

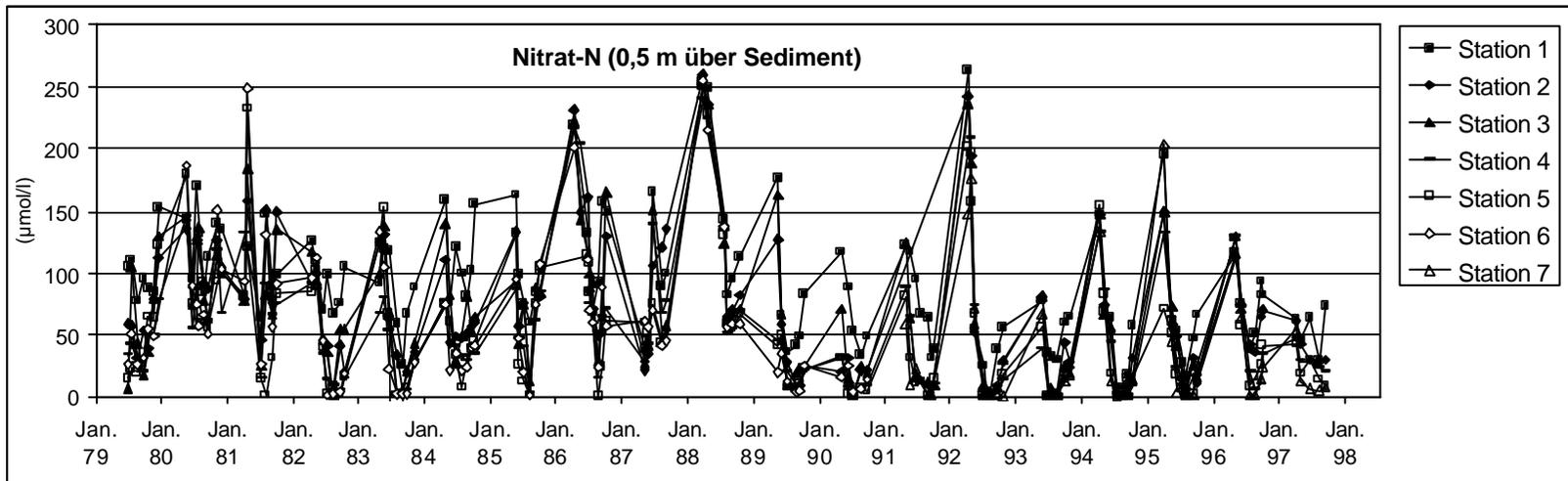
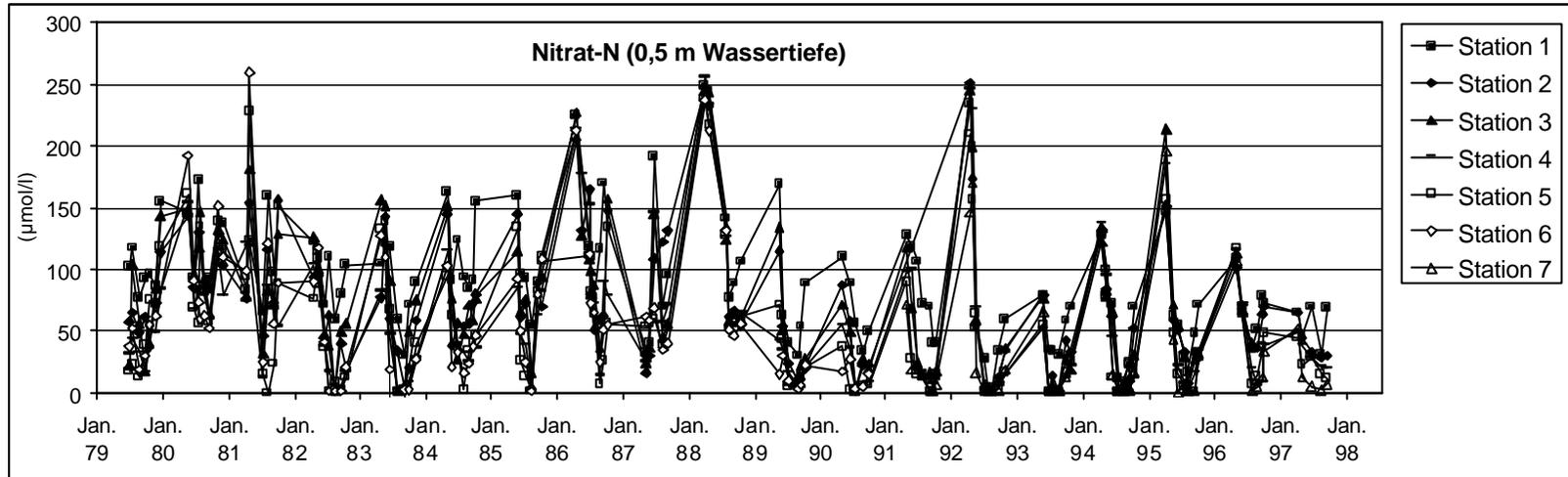
1. Daten von 7 Standorten und 2 Wassertiefen im polnischen Teil des Oderhaffs von 1979 bis 1997 und die Parameter: Chlorid, Salinität, Phosphor, Nitrat, biologisches Sauerstoffdefizit sowie Sauerstoffkonzentration und –sättigung. Von den Jahren 1977 und 1978 sind nur eingeschränkt Daten vorhanden.
2. Daten vom Swina-Kanal zwischen 1996 und 1997 und die Parameter: Nitrat, Nitrit, Ammonium, Gesamt-Stickstoff, Phosphat, Gesamt-Phosphor, Sauerstoff, Salinität und Temperatur.
3. Zusammensetzung und Biomasse des Benthos im polnischen Teil des Oderhaffs zwischen 1987 und 1997.
4. Zusammensetzung und Biomasse des Benthos im polnischen Teil der Pommerschen Bucht zwischen 1993 und 1995.

Diese Daten bildeten eine wesentliche Grundlage für die Modellierung im Oderhaff. Sie sind teilweise in den angegebenen Veröffentlichungen dokumentiert. Die vom Projekt genutzten Langzeitdatenreihen des Sea Fisheries Institute in Gdynia (MIR) sind ergänzend auf den folgenden Seiten dokumentiert.

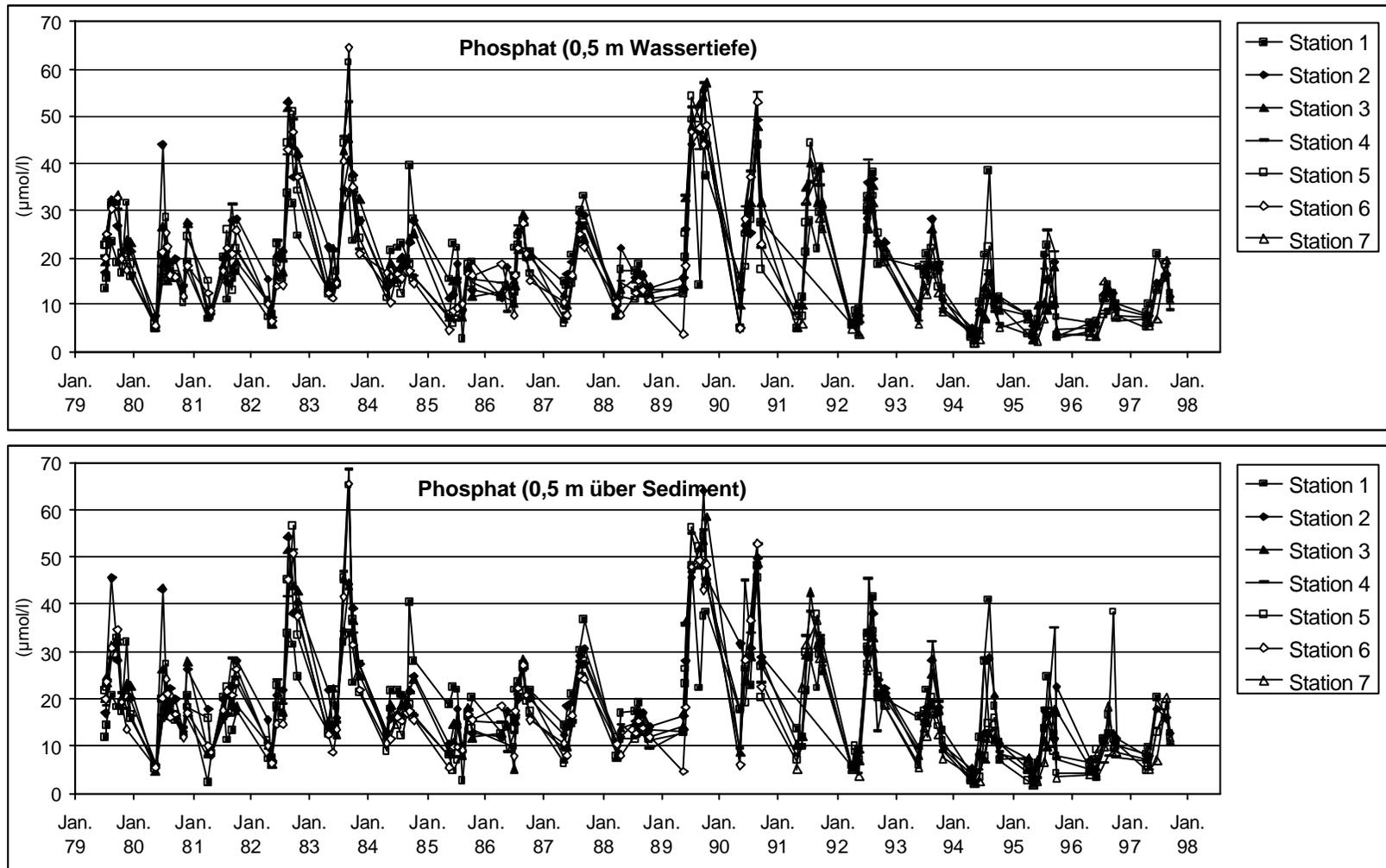
- Station 1: Roztoka Odrzanska nahe dem Schiffahrtskanal, 3,5 m Wassertiefe, schlammiges Sediment, Koordinaten: 53°39'57 N – 14°32'96 O
- Station 2: Südlicher Teil des Grossen Haffs nahe dem Schiffahrtskanal ,5,5 m Wassertiefe, schlammiges Sediment, Koordinaten: 53°42'66 N – 14°28'12 O
- Station 3: Südlich-zenraler Teil des Grossen Haff, nahe dem Schiffahrtskanal, 5,5 m Wassertiefe, schlammiges Sediment, Koordinaten: 53°43'47 N – 14°28'31 O
- Station 4: Zentraler Teil des Grossen Haffs nahe dem Schiffahrtskanal, 6 m Wassertiefe, schlammiges Sediment, Koordinaten: 53°45'48 N – 14°22'62 O
- Station 5: Nord-östlicher Teil des Grossen Haffs, 6 m Wassertiefe, schlammiges Sediment, Koordinaten: 53°49'81 N – 14°29'61 O
- Station 6: Nördlicher küstennaher Teil des Grossen Haffs, 2 m Wassertiefe, sandiges Sediment, Koordinaten: 53°49'85 N – 14°22'40 O
- Station 7: Wicko Wielki See, nördlicher Teil des Grossen Haffs, 3 m Wassertiefe, schlammiges Sediment, Koordinaten: 53°52'21 N – 14°25'12 O



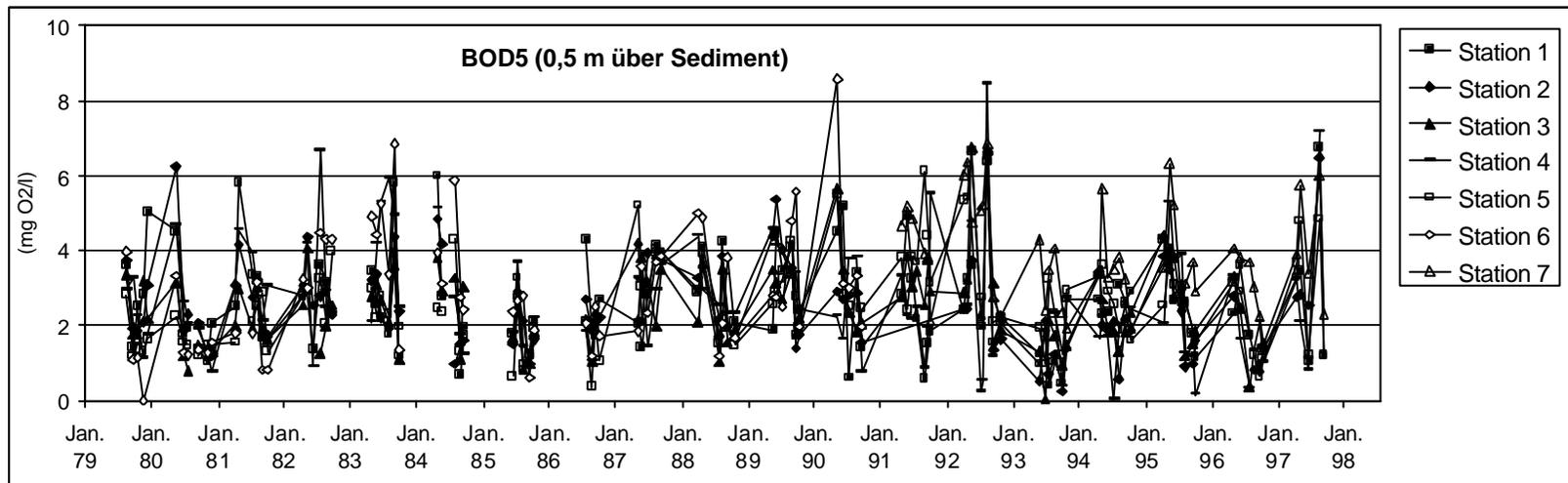
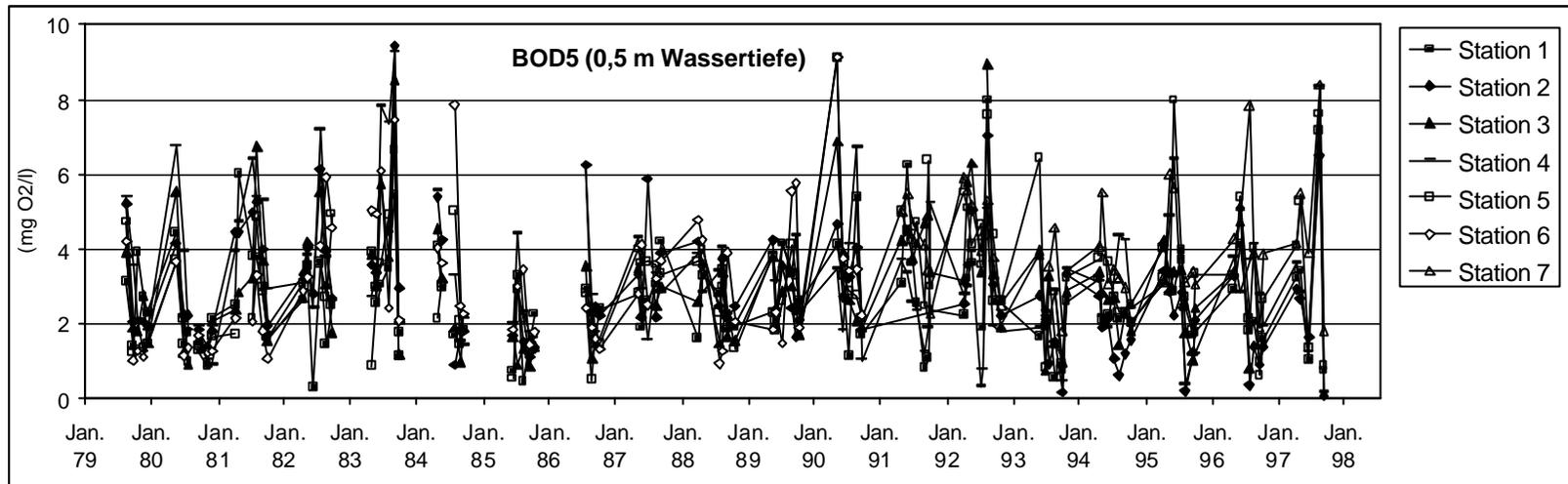
Daten: Sea Fisheries Institute (MIR). Gdvnia. Polen



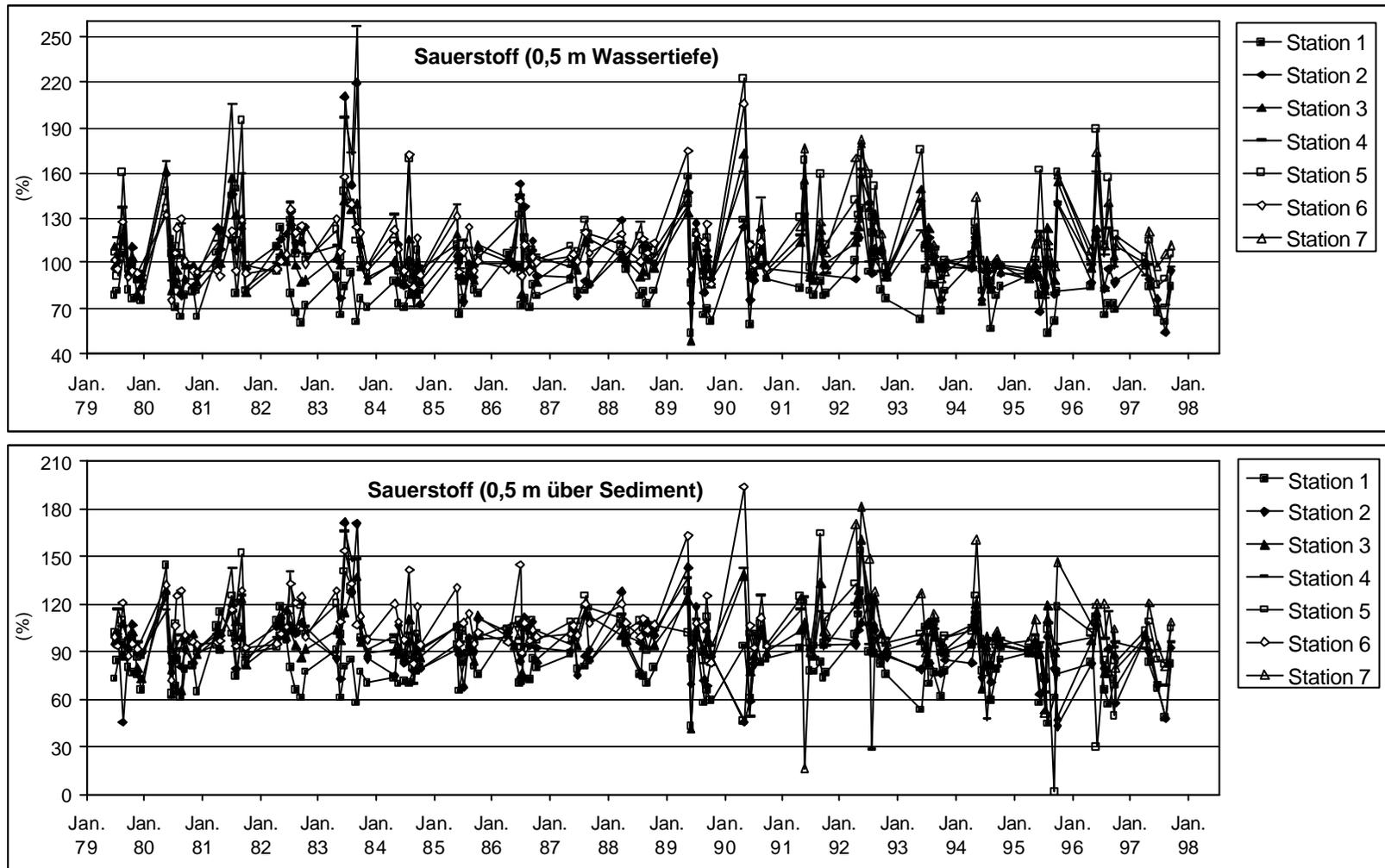
Daten: Sea Fisheries Institute (MIR). Gdvnia. Polen



Daten: Sea Fisheries Institute (MIR). Gdwnia. Polen



Daten: Sea Fisheries Institute (MIR). Gdwnia. Polen



Daten: Sea Fisheries Institute (MIR). Gdwnia. Polen