

# **Rostocker Meeresbiologische Beiträge**

**Arbeiten aus dem Stipendenschwerpunkt  
„Die südliche Ostsee und ihre Küsten im Wandel“  
der Deutschen Bundesstiftung Umwelt**

**Heft 11**

**Universität Rostock**  
Fachbereich Biowissenschaften  
2002

HERAUSGEBER DIESES HEFTES: Peter Frenzel  
Uwe Müller  
Günter Arlt

REDAKTION: Günter Arlt  
Martin Feike  
Peter Frenzel  
Uwe Müller  
Kerstin Rieder  
Kathrin Witte

HERSTELLUNG DER DRUCKVORLAGE:  
Martin Feike

CIP-KURZTITELAUFNahme: Rostocker Meeresbiologische Beiträge / Universität  
Rostock, Fachbereich Biowissenschaften. –  
Rostock

H. 11. – 2002. – 136S.

ISSN 0943-822X

---

© Universität Rostock, Fachbereich Biowissenschaften, 18051 Rostock

BEZUGSMÖGLICHKEITEN: Universität Rostock  
Universitätsbibliothek, Schriftentausch, 18051 Rostock  
e-mail: maria.schumacher@ub.uni-rostock.de

Universität Rostock  
Fachbereich Biowissenschaften  
18051 Rostock

Tel. 0381 / 498-6051  
Fax. 0381 / 498-6052

DRUCK: Universitätsdruckerei Rostock 256-02

---

Umschlagfoto vorn: Strand der Insel Hiddensee bei Vitte mit Blick auf den Dornbusch [G. Arlt]  
hinten: *Criboelfidium williamsoni* (HAYNES, 1973), eine Foraminifere aus dem  
Strelasund

# Inhalt

	Seite
SCHLEGEL-STARMANN, Hedda Vorwort	5
SOMMER, Ulrich Einleitung	7
HOFFMANN, Gösta und LAMPE, Reinhard Sedimentationsmodell eines holozänen Seegatts an der südlichen Ostseeküste (Bannemin, Insel Usedom) auf der Grundlage neuer Wasserstandsmarken	11
FRENZEL, Peter und OERTEL, Petra Die rezenten Ostrakoden und Foraminiferen des Strelasundes (südliche Ostsee)	23
WIEGEMANN, MAJA UND WATERMANN, BURKARD Biozidfreie Bewuchsschutzmaßnahmen in der Seeschifffahrt – Forschungsstand und verfügbare Produkte	39
FEIKE Martin; FECHTER, Andrea und MÄDEL, Melanie Einfluss von <i>Platorchestia platensis</i> (KRÖYER) auf die Abbaugeschwindigkeit von <i>Zostera marina</i> L. und den Kohlenstofffluss in das Sediment	57
GRUNEWALD, Ralf Biodiversität und Tourismus: Veränderungen der Pflanzenvielfalt der Dünen durch die Erholungsnutzung	65
Melanie MEWES Die volkswirtschaftlichen Kosten einer Stoffausträge in die Ostsee minimierenden Landnutzung – Vorstellung des Forschungsvorhabens	79
MÜLLER, Uwe Der Naturschutz im Konfliktfeld von Ökologie und Ökonomie: eine vergleichende Betrachtung der Region „Unteres Odertal“ und der Republik Litauen aus rechtlicher Sicht	89
TORCHALSKI, Sylvia Naturschutz und Tourismus in der Großregion Gdańsk-Gdynia – ein Grundkonflikt? Anforderungen an das nachhaltige Regionalkonzept	117



## Vorwort

Die Ostsee umfasst mit einer Fläche von 415.000 km<sup>2</sup> und einem Volumen von 22.000 km<sup>3</sup> die größte in sich geschlossene Brackwassermenge der Erde. Die 20.000 km langen Küstenzonen verteilen sich auf neun Anliegerstaaten mit 70 Mio. Menschen in der Küstenzone und über 100 Mio. Einwohnern im hydrologischen Einzugsgebiet der Ostsee. Unterschiedliche sozioökonomische Bedingungen in den Küstenstaaten prägen Nutzung und Schutz der Ostsee. Dabei ist das Randmeer Ostsee durch seine geographische Lage und seine hydrographischen und ökologischen Bedingungen besonders empfindlich gegenüber Klimaveränderungen und Nährstoff- sowie Schadstoffeinträgen. Das Ökosystem Ostsee unterliegt ständigen natürlichen Veränderungen. Inzwischen hat sich jedoch der Mensch zu einem Haupteinflussfaktor entwickelt. Die Landwirtschaft, Kommunen und verschiedene Industriezweige sowie der vermehrte Schiffsverkehr haben erheblich zur Verunreinigung beigetragen.

Punktquellen im Einzugsgebiet, insbesondere aber diffuse Quellen einschließlich der atmosphärischen Einträge, belasten die Ostsee mit Nährstoffen, Schwermetallen und organischen Schadstoffen. Anthropogene Einflüsse können natürlich ablaufende Prozesse wie Eutrophierung, Wasseraustausch zwischen Nord- und Ostsee oder Küstenveränderungen hemmen oder verstärken, beispielsweise durch Nährstoff- und Schwermetalleinträge, durch Baumaßnahmen, fischereiliche, bergbauliche oder touristische Nutzung. Organische Schadstoffe und Radionuklide tragen zusätzlich zu einer erhöhten Gefährdung des Ökosystems Ostsee bei. Mögliche Effekte können dabei teilweise durch natürliche Veränderungen überlagert sein.

Die Küste stellt die Hauptbelastungszone dar und die Küstenzonen weisen gegenüber der offenen Ostsee eine größere biologische Vielfalt und geologischen Formenreichtum auf. Der Küstenzone kommt damit vermutlich eine besondere Bedeutung für die Regeneration der Ostsee zu, die bislang jedoch noch nicht hinreichend geklärt ist. Zudem stellen die Ressourcen der Küstenzonen zugleich ein hohes ökonomisches Potential dar.

Mit ihrem Stipendenschwerpunkt „Die südliche Ostsee und ihre Küsten im Wandel“ möchte die Deutsche Bundesstiftung Umwelt vor diesem Hintergrund zu einem besseren Verständnis der Folgen menschlicher Einwirkungen auf die Ökosysteme der südlichen Ostsee und ihrer Küsten beitragen und damit wissenschaftliche Grundlagen für die nachhaltige Nutzung liefern. Angesichts der Komplexität des Systems sind interdisziplinäre Forschungsansätze gefragt. Das Stipendienprogramm der Deutschen Bundesstiftung Umwelt hat sich die Unterstützung und den Aufbau eines in Umweltfragen kompetenten Wissenschaftlernetzwerkes zum Ziel gesetzt und vergibt hierfür an qualifizierte Bewerber aller Fachrichtungen Promotionsstipendien zu Forschungsthemen, die in ihrer Zielorientierung auf den angewandten Umweltschutz abheben. Interdisziplinäre Vorhaben sind dabei besonders gefragt! Innerhalb dieses der Interdisziplinarität verschriebenen Programmes werden in Stipendenschwerpunkten Verbände von Promotionsvorhaben unterstützt, die sich in enger Kooperation miteinander einer übergeordneten Thematik widmen. Dabei soll die intensive Zusammenarbeit und die

interdisziplinäre Diskussion der Einzelvorhaben, ihrer Schnittstellen sowie darüber hinaus der Gesamthematik zum einen der Bearbeitung interdisziplinärer Aspekte der Einzelvorhaben, aber darüber hinaus vor allem auch der interdisziplinären Ausbildung der Doktoranden des Schwerpunktes dienen und diese für ihre weitere berufliche Entwicklung in besonderer Weise qualifizieren.

Der erste Stipendenschwerpunkt der DBU ist der Ostsee gewidmet. In Kooperation der Universitäten und verschiedener Institute an den Standorten Greifswald, Rostock und Kiel befassen sich 15 junge Nachwuchswissenschaftler und –wissenschaftlerinnen mit hochinteressanten Forschungsthemen im sozioökonomischen, geowissenschaftlichen und biologischen Bereich. Sie arbeiten teilweise eng zusammen, treffen sich regelmäßig zum Gedankenaustausch über ihre Forschungsprojekte, das Schwerpunktthema als solches und zur internationalen Entwicklung des Ostseeschutzes im Sinne einer interdisziplinären Erarbeitung der Gesamthematik. Mit diesem Band soll der Stipendenschwerpunkt schon in seiner Startphase der Fachöffentlichkeit vorgestellt werden. Weitere Berichte sollen folgen, aber vor allem sollen die eingebundenen Wissenschaftler von dieser Kooperation und den angestrebten Synergismen profitieren.

Im Februar 2002

Dr. Hedda Schlegel-Starmann

Deutsche Bundesstiftung Umwelt  
Referat Stipendienprogramme und Stiftungsprofessuren  
An der Bornau 2  
D-49090 Osnabrück

E-mail: [h.schlegel-starmann@dbu.de](mailto:h.schlegel-starmann@dbu.de)

## Einleitung

Vorpommern ist die strukturschwächste Region Deutschlands. Innerhalb der letzten zehn Jahre haben jedoch gerade die Küstenbereiche der Inseln Rügen und Usedom einen massiven Strukturwandel erfahren. Dieser war durch einen starken Rückgang der vorher dominierenden agrarisch-industriellen Komponente inklusive der industriellen Fischerei gekennzeichnet, während gleichzeitig die Bedeutung des Dienstleistungssektors, ausgerichtet auf den Tourismus, stark anstieg. Verbunden mit dieser Primäränderung kam es zu einer Reihe von Folgeerscheinungen, deren Auswirkungen bisher nur ungenügend erfasst und analysiert wurden. In vielen Fällen erfolgten die Veränderungen derart rapide, dass die Entscheidungsträger von der Entwicklung regelrecht überrollt wurden. Dies betraf neben verkehrstechnischen Problemen vor allem die verstärkt einsetzende Bautätigkeit und den erhöhten Wasserbedarf. Eine weitere Folge des Tourismus besteht in einer ausgeprägten Saisonalität des Populationsdrucks. Diese Saisonalität hat zu einer infrastrukturellen Auswirkungen, vor allem verkehrs- und versorgungstechnischer Art, zu anderen werden durch diese Beanspruchung auch die umfangreichen in der Region befindlichen Schutzgebiete in Mitleidenschaft gezogen.

Für den Stipendenschwerpunkt wurde ein standortübergreifender, interdisziplinärer Ansatz gewählt, der Bio-, Geo- und Sozialwissenschaften umfasst. Die aus dem Nutzungswandel resultierenden Probleme können nicht aus der sektoralen Sicht einer einzelnen wissenschaftlichen Disziplin heraus verstanden werden. Noch weniger ist es möglich, Lösungsansätze aus einzelwissenschaftlicher Perspektive zu entwickeln. Ebenso ist es notwendig, den Küstenraum als Ganzes zu betrachten und sich nicht auf isolierte Untersuchungen terrestrischer und aquatischer Bereiche zu beschränken. Im Stipendenschwerpunkt wird eine Gesamtanalyse des Nutzungswandels in der Region angestrebt, ein in dieser Vollständigkeit bisher noch nie durchgeführtes Vorhaben, welches Modellcharakter für ähnliche Vorhaben im gesamten Ostseeraum und in vergleichbaren Regionen hat. Als Kernuntersuchungsgebiet wurde dabei die Küste Vorpommerns gewählt, vergleichende Untersuchungen aus Nachbargebieten sind jedoch eingeschlossen. Da der zeitgenössische Nutzungswandel vor dem Hintergrund eines langfristigen (geologischen, evolutionären, klimatologischen) Umweltwandels stattfindet, müssen auch diese Zeitskalen in die Untersuchung einbezogen werden. Die Analyse der Folgen des Nutzungswandels dient letztlich der Projektion in die Zukunft und der Erarbeitung wissenschaftlicher Grundlagen für eine nachhaltige zukünftige Nutzung.

## Biologische Themen

**Autökologische Themen.** In der Doktorarbeit von **Maja Wiegemann** werden Haftmechanismen der Seepocke *Balanus improvisus* untersucht, um Voraussetzung für die Entwicklung umweltverträglicher Antifouling-Beschichtungen von Schiffen und Sportbooten zu entwickeln. **Kathrin Witte** untersucht die Ausbildung von Ökotypen des benthischen Cyanobakteriums *Microcoleus chthonoplastes*. Dieses Cyanobakterium ist eine der Hauptkomponenten von Mikrobenmatten im Bereich von Windwatten und trägt dort entscheidend zur Stabilisierung von Sedimenten bei.

**Synökologische Themen.** Die Stabilität von Seegraswiesen gegenüber anthropogenen Belastungen ist das Thema der Arbeiten von **Britta Munkes** und **Ivo Bobsien**, wobei sich die Arbeit von Frau Munkes auf die unteren trophischen Ebenen (Seegras, Epiphyten, Herbivore) und Herr Bobsien auf die Rolle der Carnivoren konzentriert. Seegraswiesen sind bedeutende Aufwuchsgebiete für eine reichhaltige Fauna und spielen eine wesentliche Rolle bei der Stabilisierung des Sediments. **Martin Feike** und **Kerstin Rieder** untersuchen den Kohlenstofffluss an Sandstränden, wobei es einerseits vor allem um die Rolle des Strandanwurfs und der sich darin entwickelnden Fauna und andererseits um unterschiedliche Exposition dieser Strände und die Rolle des Meiozoobenthos geht. Die Beeinflussung der pflanzlichen Biodiversität in Dünen durch den Tourismus ist Thema der Doktorarbeit von **Ralf Grunewald**.

### **Geowissenschaftliche Themen**

**Küstengeologie.** Die längste Zeitskala wird durch die Arbeit von **Gösta Hoffmann** abgedeckt. Er untersucht die Küstenevolution im Holozän als Hintergrund für das Verständnis der gegenwärtigen Entwicklung und zur Entwicklung von Zukunftsszenarien. Die rezente Verfrachtung und Umlagerung von Sedimenten ist Gegenstand der Dissertation von **Hagen Bauerhorst**.

**Paläontologie.** Im Rahmen der Habilitationsarbeit von **Peter Frenzel** werden Ostrakoden als Indikatoren von Ökosystemzuständen im Holozän untersucht.

**Biogeochemie.** Stabile Isotope des Stickstoffs und des Sauerstoffs im Nitrat-Ion werden im Rahmen der Doktorarbeit von **Barbara Deutsch** als Mittel zur Identifizierung von Eutrophierungsquellen eingesetzt.

### **Sozialwissenschaftliche Themen**

Die sozialwissenschaftlichen Themen umfassen die Bereiche des Rechts, der Regionalplanung und der Volkswirtschaft. **Uwe Müller** analysiert die Entwicklung des Naturschutzrechts in Litauen. **Sylvia Torchalski** widmet sich der Regionalentwicklung der an Naturschutzgebieten reichen Region Danzig. Die volkswirtschaftlichen Kosten einer auf die Minimierung von eutrophierenden Stoffausträgern ausgerichteten Landnutzung werden von **Melanie Mewes** untersucht.

### **Querschnittsthemen**

Neben intensiver praktischer Zusammenarbeit in Form gemeinsamer Probennahme, Versuchsdurchführung und Datenerhebung zwischen einzelnen, fachlich verwandten Projekten (z. B. Munkes – Bobsien, Hoffmann – Bauerhorst) gibt es übergeordnete Themen, zu denen mehrere Projekte aus verschiedenen Fachgebieten beitragen. Dabei ist zu erwarten, dass im Laufe der Arbeiten und der

fachübergreifenden Diskussion zwischen den Stipendiaten weitere Querschnittsthemen identifiziert werden bzw. sich der Kreis der Stipendiaten, die zu den einzelnen Themen beitragen, erweitern wird. Schon jetzt sind folgende Querschnittsthemen absehbar (Tab. 1):

**Tabelle 1** Beiträge der einzelnen Stipendiaten zu den Querschnittsthemen

	Stipendiaten	Eutrophierung	Sedimentation – Erosion	Paläo- indikation	Bio- diversität	C-Kreislauf
<b>Biologie</b>	Wiegemann					
	Witte		X	?	X	X
	Munkes	X	X	X	X	
	Bobsien	X			X	
	Feike	X			X	X
	Grunewald	X			X	
<b>Geowissen- schaften</b>	Bauernhorst		X			
	Hoffmann		X	X		
	Frenzel	X	X	X	X	
	Deutsch	X				
	Rieder	X			X	X
<b>Sozialwissen- schaften</b>	Müller				X	
	Torchalski				X	
	Mewes	X				

**Eutrophierung.** Trotz großer Sanierungsanstrengungen in den vergangenen beiden Jahrzehnten ist die Eutrophierung immer noch eine der wichtigsten anthropogenen Belastungen der Gewässer incl. der Küstengewässer der Ostsee. Für die beiden Seegrassprojekte ist die Eutrophierung einer der hauptsächlichen zu untersuchenden Faktoren. Mit zunehmendem Ausbau der Kläranlagen kommt dabei den diffusen Quellen eine besondere Bedeutung zu. Dies diffusen Quellen sind Thema sowohl des biogeochemischen Projekts zur Identifizierung von Eutrophierungsquellen als auch des Projekts zu den volkswirtschaftlichen Kosten einer eutrophierungsmildernden Landnutzung. Möglicherweise werden die fossilen Ostrakoden eine Paläoindikation von Eutrophierung erlauben.

**Sedimentation und Erosion** sind wesentliche Komponenten der beiden küstengeologischen Projekte. Durch Faziesfossilien (Ostrakoden und Foraminiferen) können Aussagen zum Sedimentationsmilieu und der paläogeographische Situation gewonnen werden. Biologische Faktoren, die das Sediment stabilisieren sind unter anderem Seegräser und Mikrobenmatten. Es ist auch nicht auszuschließen, daß der Strandanwurf und die dadurch ausgelösten biologischen und chemischen Prozesse

Einfluß auf die physikalischen Eigenschaften des darunterliegenden Sediments haben.

**Paläoindikation.** Die Rekonstruktion vergangener Ökosystemzustände auf Grund von Mikrofossilien ist eines der wesentlichsten Mittel, Umweltveränderungen in der Vergangenheit zum Verständnis gegenwärtiger und zukünftiger Veränderungen zu nutzen. Inwiefern sich die im Projekt von Dr. Frenzel im Zentrum stehenden Ostrakoden als Indikatoren für verschiedene Systemzustände des Phytals eignen (z.B. Seegras- vs. Fadenalgen-Dominanz) ist noch zu überprüfen. Ebenso wäre es interessant zu überprüfen, ob sich Mikrobenmatten in Sedimentkernen wiedererkennen lassen.

**Biodiversität.** Die Veränderung der Biodiversität als Reaktion auf natürliche Veränderungen und anthropogene Belastungen wird in jedem der synökologischen Projekte, aber auch im paläontologischen Projekt zum Thema. Gleichzeitig stellt die Erhaltung der Biodiversität eines der wichtigsten Schutzziele von Naturschutzrecht und des Managements von Naturschutzgebieten dar.

Prof. Dr. Ulrich Sommer

Institut für Meereskunde  
Forschungsbereich 3  
Christian-Albrechts-Universität Kiel  
Düsternbrooker Weg 20  
D-24105 Kiel

Email: [usommer@ifm.uni-kiel.de](mailto:usommer@ifm.uni-kiel.de)

Gösta HOFFMANN & Reinhard LAMPE

## **Sedimentationsmodell eines holozänen Seegatts an der südlichen Ostseeküste (Bannemin, Insel Usedom) auf der Grundlage neuer Wasserstandsmarken**

**Holocene evolution of a coastal lowland on the southern Baltic coast (Bannemin, Usedom Island) based on new water level marks**

### **Abstract**

Quaternary sediments of the Peenemünder-Zinnowitzer lowland on Usedom Island are described. The succession begins with late-glacial deposits (till and melt water sands). Overlying Preboreal sediments of a limnetic environment continue into the Holocene. Marine conditions dominate the later sediments (Atlantic until recent). The reconstruction of paleoenvironmental conditions was ascertained by granulometric analysis of core material. Two radiocarbon dates combined with pollen analysis are the basis for age determination and stratigraphy. Analyses of the deposits allow the reconstruction of coastal evolution on Usedom Island.

**Keywords:** Palaeogeography, relative sea level,  $^{14}\text{C}$ , Holocene, Baltic Sea, Usedom

## **1 Einleitung und Problemstellung**

Aufbauend auf der langen Tradition der Forschung im Bereich der südlichen Ostseeküste soll mit der vorliegenden Arbeit ein Beitrag zum Verständnis der holozänen Genese der vorpommerschen Boddenlandschaft geleistet werden.

Die hier vorgestellten Ergebnisse entstanden im Rahmen einer Diplomarbeit (HOFFMANN 2000), die am Institut für Geologische Wissenschaften der Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald angefertigt wurde.

Bedingt durch überwiegend positive Wasserstandsänderungen (relativer Meeresspiegelanstieg) im Holozän bildete sich an der südwestlichen Ostseeküste die Boddenlandschaft. In den abgelagerten Sedimenten ist diese Entwicklung nahezu vollständig dokumentiert. Durch die Untersuchung des geologischen Aufbaus lassen sich somit sowohl regionale Aussagen zur Landschaftsentwicklung, als auch überregionale Angaben zum Verhalten des Meeresspiegels ableiten.

Für die südliche Ostsee liegen zahlreiche Meeresspiegelanstiegskurven vor (u. a. KLUG 1980; KLIEWE & JANKE 1982; 1991; WINN et al. 1986). Diese beruhen meist auf einer überregionalen Datengrundlage.

JANKE & LAMPE (1999; 2000) geben für das Gebiet der vorpommerschen Boddenküste einen Wahrscheinlichkeitsbereich der Strandlinienverschiebung an. SCHUMACHER & BAYERL (1997; 1999) erstellten, aufbauend auf Untersuchungen der holozänen Nehrungsbildung der Schaabe / Rügen, die erste lokale Strandlinienverschiebungskurve für die südliche Ostseeküste. Weitere lokale Strandlinienverschiebungskurven sind notwendig, um durch deren Vergleich eustatische und isostatische Komponenten zu trennen und somit Angaben zu möglichen neotektonischen Krustenbewegungen und absoluten Wasserspiegelanstiegsraten zu erhalten.

Die Entwicklung der Ostsee bzw. ihrer Vorgängerstadien steht in Zusammenhang mit der Wasserspiegelentwicklung im Weltmeer. Im ausgehenden Weichselglazial bildete sich zunächst der Baltische Eisstausee (siehe BJÖRCK 1995). Zeitlich anschließend existierte im zentralen Ostseeraum durch die Verbindung zum Ozean das Yoldia-Meer, die heutige vorpommersche Küste blieb Festlandsgebiet. Mit dem Ancylussee etablierten sich wiederum limnische Milieubedingungen, die durch erneute Verbindung zum Weltmeer durch marine Bedingungen abgelöst wurden (Littorina-Transgression).

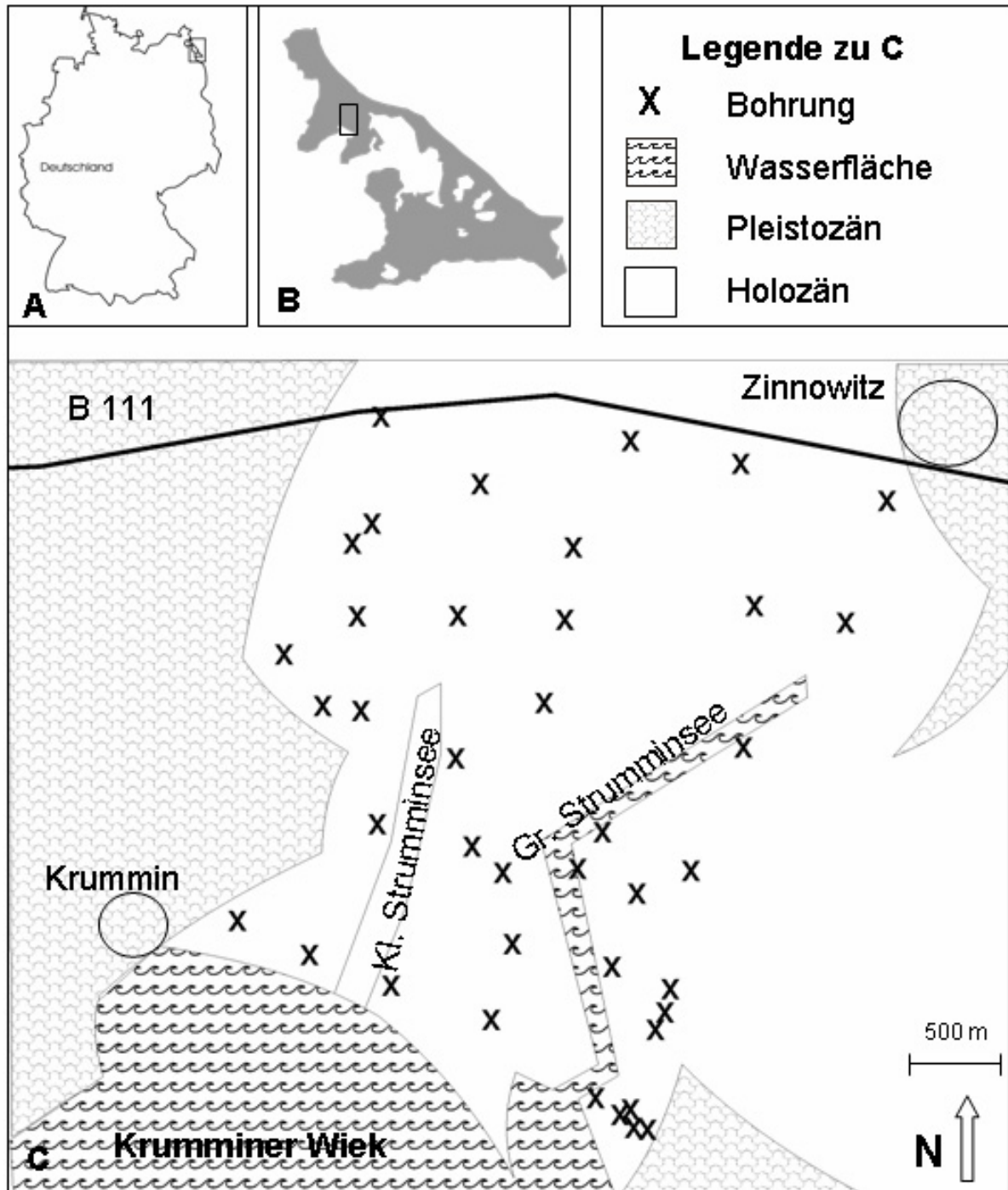
Bis heute ungeklärt sind das genaue Ausmaß und der damit verbundene Höchststand des Ancylussees. KLIEWE & REINHARD (1960) und KLIEWE & JANKE (1982; 1991) geben den Höchststand bei – 8 m HN an (als Höhenbezug wird in der vorliegenden Arbeit HN im Sinne der Definition von STIGGE 1989 angewandt) und gehen davon aus, dass sich das Gewässer in einigen Teilräumen über den heutigen Küstenbereich hinaus ausbreitete. LEMKE (1998) und JENSEN et al. (1999) hingegen nehmen aufgrund von Untersuchungen der Sedimente des Meeresbodens der Mecklenburger Bucht an, dass der Höchststand bei – 18 m HN lag. Somit wird die Lage der Küstenlinie weit nördlich der heutigen postuliert.

Mit der hier vorgestellten Arbeit soll ein Beitrag sowohl zu Wasserständen des Littorinameeres, als auch zur früheren Küstenentwicklung in Vorpommern geleistet werden.

## **2 Das Untersuchungsgebiet**

Das in dieser Arbeit untersuchte Gebiet befindet sich auf der Ostseeinsel Usedom, die mit 406 km<sup>2</sup> die zweitgrößte deutsche Ostseeinsel ist.

Usedom wird im Westen durch den Peenestrom vom Festland getrennt. Die südliche und südwestliche Begrenzung bilden die Boddengewässer des Oderhaffs, des Achterwassers und der Krumminer Wiek. Die nordöstliche Begrenzung ist durch einen bogenförmigen, teils geradlinigen Verlauf von NW nach SE gekennzeichnet. Es handelt sich um eine ausgeglichene Außenküste von 42 km Länge. Im Osten trennt die Swine (polnisch Świna) Usedom von der Insel Wollin.



**Abb. 1** Das Untersuchungsgebiet (C) mit Lage der Bohrungen; Regionale Einordnung (A, B)

Eine geomorphologische Beschreibung des Inselreliefs zeigt die engen Beziehungen zwischen Genese und Form auf. Die schmalen Höhenzüge, wie die

Halbinsel Gnitz, der Streckelsberg bei Koserow und die ausgedehnten kuppigen Reliefformen im Südostteil der Insel werden überwiegend aus glazialen und spätglazialen Sedimenten aufgebaut (KLIWE 1960). Die dazwischen liegenden Niederungen, insbesondere die Peenemünder-Zinnowitzer Niederung im Nordwesten, die Pudaglaniederung im Zentralteil der Insel und die Swineniederung im Osten werden durch holozäne Sedimentabfolgen gebildet.

Eingelagert in Moränenlandschaft und holozäne Seesandebenen liegt die Westusedomer Boddenkette mit Achterwasser, Krumminer Wiek, Peenestrom und Oderhaff. Das Achterwasser, dessen Genese auf erosive Gletschertätigkeit zurückzuführen ist, wird als Gletscherzungenbecken interpretiert (KLIWE 1960; HAACK 1960; NIEDERMEYER 1995).

Des Weiteren gehören zahlreiche Seen, zumeist abflusslose Gewässer, zum geomorphologischen Inventar. Der Wechsel zwischen diesen Formen und der damit verbundenen engen Verzahnung von Wasser- und Landflächen belegen die genetische Vielgestaltigkeit der Insel.

Das Untersuchungsgebiet liegt im Nordwesten Usedom und nimmt einen Teil der Peenemünder-Zinnowitzer-Seesandebene ein (Abb. 1), deren Größe von KLIWE (1960) mit 51,7 km<sup>2</sup> angegeben wird. Charakteristisch ist ein ausgesprochen flaches Relief mit Höhen, die maximal 1 m über HN und zum Teil sogar unter HN liegen. Eine Ausnahme bildet ein System von Dünenzügen, das von der Außenküste in südliche Richtung auf die Seesandebene übergreift (siehe KLISCH 1974; JANKE 1971). Große Bereiche des Gebietes werden durch Wiesen- und Moorflächen gebildet.

Zwei Gewässer durchziehen das Arbeitsgebiet in Nord-Süd-Richtung. Der Große Strumminsee stellt eine offene Wasserfläche mit Verbindung zur Krumminer Wiek dar. Der ehemalige Kleine Strumminsee ist heute aufgrund von Meliorationsmaßnahmen weitgehend trocken gefallen. Offene Wasserflächen treten hier nicht auf, lediglich vermoorte Teilbereiche. Da diese Oberflächen unter HN liegen, sind aktive Meliorationsmaßnahmen (Pumpen) erforderlich, um das Gebiet landwirtschaftlich nutzbar zu halten.

### **3 Methoden**

Die Untersuchungen wurden im Zeitraum 1999-2000 durchgeführt. Um den geologischen Aufbau des Untergrundes zu erschließen wurden zwei unterschiedliche Methoden angewandt.

Georadaruntersuchungen ermöglichen einen indirekten Einblick in die im Untergrund lagernden Sedimente. Ausgehend von einem Sender wird ein elektromagnetischer Impuls von 20 MHz bis 2,5 GHz in den Untergrund ausgesandt. Dieser wird bei Änderung der Dielektrizitätskonstanten reflektiert oder gestreut. Die reflektierten Wellen werden über einen Empfänger aufgezeichnet. Aus der Laufzeit kann bei bekannter Ausbreitungsgeschwindigkeit der Wellen die Entfernung des Reflektors vom Empfänger ermittelt werden. Werden Sender und Empfänger entlang einer definierten Strecke bewegt, können laterale Änderungen von Schichtgrenzen im Untergrund aufgezeigt werden.

Mit Hilfe von Rammkernsonden (RKS) ist es möglich, einen direkten Einblick in die Sedimente zu erhalten. Bei dieser Methode werden Sonden durch ein mechanisches Verfahren in den Untergrund abgeteuft und somit Probenmaterial gewonnen. In Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Untergrundes kommen dabei unterschiedlich starke Sondentypen (Durchmesser: 20-80 mm) zum Einsatz. Im Arbeitsgebiet wurden 41 RKS niedergebracht. Um Aussagen zum Ablagerungsmilieu der einzelnen Sedimenttypen abzuleiten, wurde das Probenmaterial im Labor lithologisch untersucht. Hierbei standen vor allem granulometrische, paläontologische und geochemische Analysen im Vordergrund. An einigen organogenen Proben konnten durch  $^{14}\text{C}$ -Analysen absolute Altersbestimmungen durchgeführt werden. Diese wurden durch palynologische Untersuchungen ergänzt.

Durch die Kombination der verschiedenen Methoden ist es möglich, von punktuellen Ergebnissen, die durch die RKS gewonnen werden, auf den dreidimensionalen Aufbau des Untersuchungsraumes zu schließen. Durch Datierungen können Aussagen über die Entwicklung des Raumes in der Zeit gemacht werden.

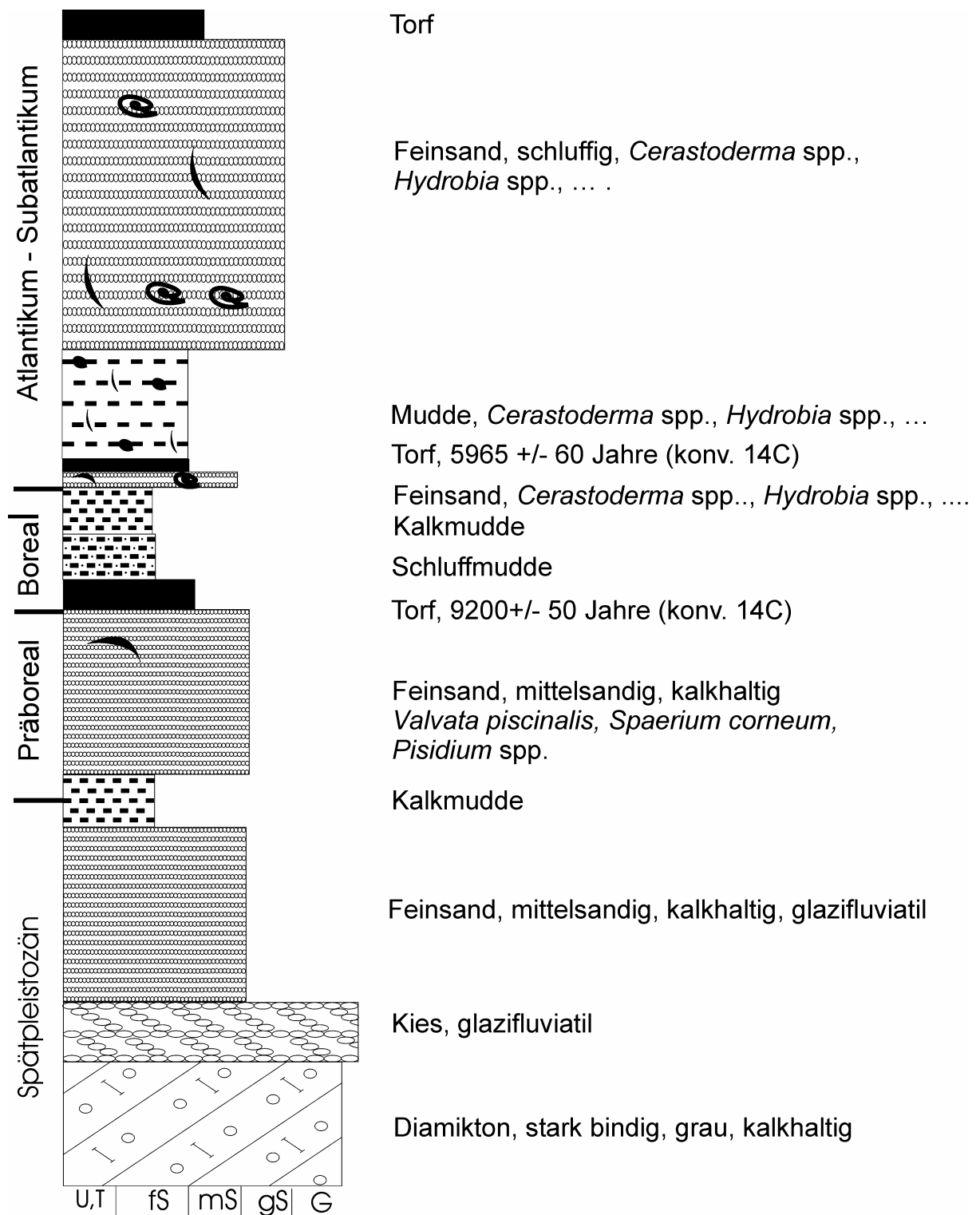
#### **4 Sedimentationsmodell des Banneminer Seegatts - Ergebnisse der Fazies-Untersuchungen und Datierungen**

Die Lagerungsverhältnisse der Sedimente, die den geologischen Aufbau des Banneminer Seegatts charakterisieren, spiegeln verschiedene Akkumulations- und Erosionsprozesse wider. Die generelle Abfolge von älteren Sedimenten im Liegenden und jüngeren im Hangenden wird hier unterbrochen durch das Einschneiden zweier Rinnen und anschließender sedimentärer Füllung. Insgesamt lassen sich sieben Entwicklungsschritte aushalten, die überwiegend von der paläohydrologischen Entwicklung und den jeweils erreichten Wasserspiegelmöglichkeiten gesteuert werden (Abb. 2 und 3).

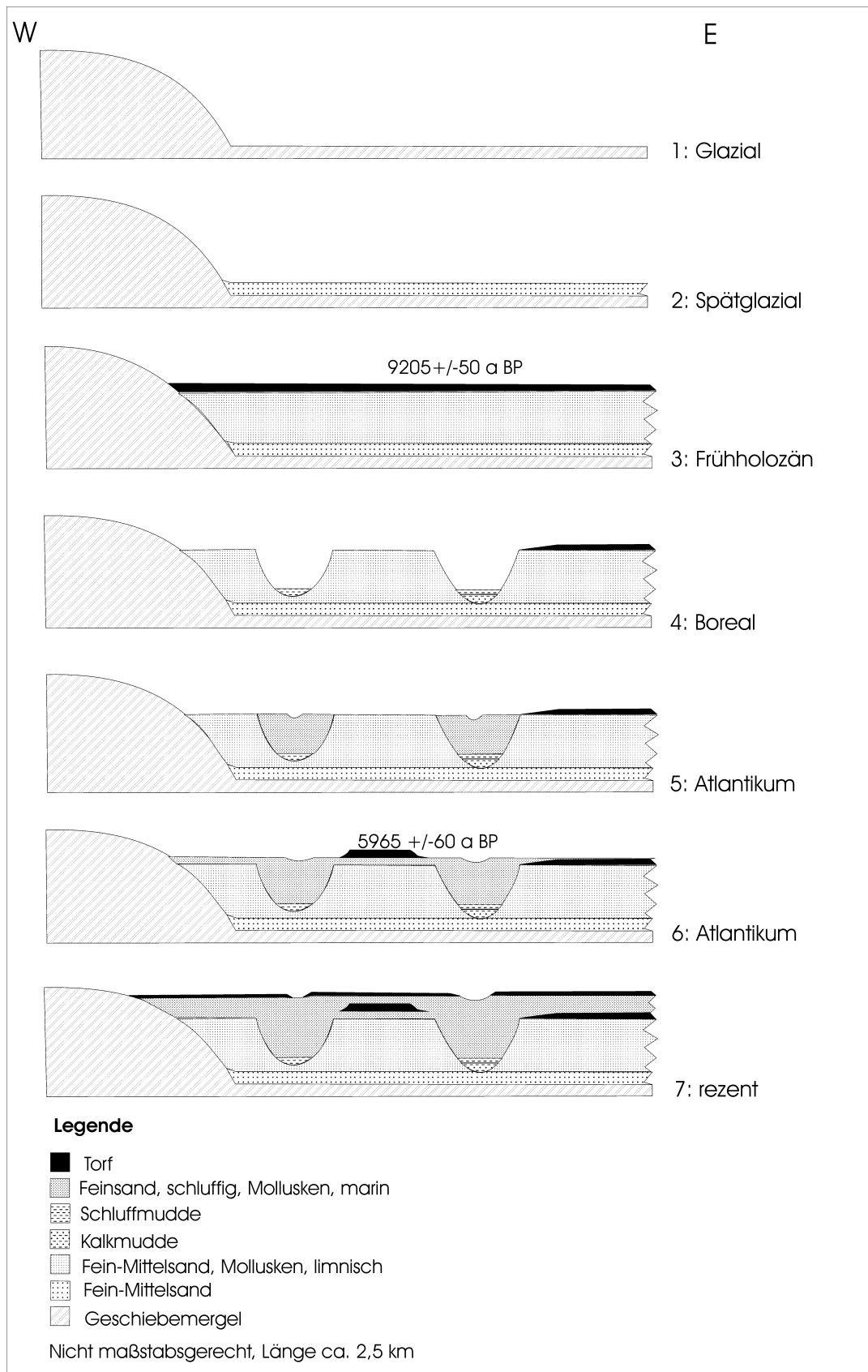
Die spätglaziale und holozäne Abfolge beginnt im Liegenden mit einem glazigenen Sedimenttyp. Es handelt sich um ein stark bindiges, kalkhaltiges und graues Diamikton, das als Geschiebemergel angesprochen wurde. Nach der Lithofazieskarte Quartär (LANGER & KRIENKE 1983) handelt es sich entweder um die Grundmoräne des Pommerschen oder des Mecklenburger Stadiums (W2/W3) der Weichsel-Kaltzeit. Ihre Oberfläche liegt heute relativ einheitlich bei – 18 m HN. Lediglich im Westen des Untersuchungsgebietes steigt sie an und bildet dort die Geländeoberfläche (Abb. 3/1).

Es schließen sich zunächst grobklastische Ablagerungen in Form von Kiesen an, die im Hangenden in kalkhaltige, fossilfreie Mittel- bis Feinsande übergehen. Maximale Mächtigkeiten von rund 8 m wurden festgestellt. Genetisch werden diese Bildungen als glazifluviale Nachschüttsande interpretiert, mit denen die Geländedepression teilweise aufgefüllt wurde (Abb. 3/2).

Lokal treten limnische Kalkmudden auf, die diese Sande überlagern. Pollenanalytische Untersuchungen weisen auf eine Sedimentation im Zeitraum Jüngere Dryas/Präboreal hin.



**Abb. 2** Normalprofil des Banneminer Seegatts. Dargestellt sind alle im Arbeitsgebiet vorkommenden lithologischen Einheiten in ihrer relativen Altersabfolge. U: Schluff; T: Ton; fS: Feinsand; mS: Mittelsand; gS: Grobsand; G: Kies



**Abb. 3** Schematisierte Entwicklungsschritte des Banneminer Seegatts

Lithologisch den glazifluviatilen Sanden ähnlich ausgebildet ist die sich im Normalprofil anschließende Einheit von kalkhaltigen Fein- bis Mittelsanden (Abb. 3/3). Vereinzelt wurden *Valvata piscinalis*, *Sphaerium corneum* und *Pisidium* spp. gefunden. Nach LOŽEK (1964) tolerieren diese Arten Salinitäten von maximal 4 ‰. Als Habitat werden stehende oder langsam fließende Gewässer angegeben.

Aufgrund späterer erosiver Überprägung sind die Abfolgen in diesem Bereich nur lokal erhalten, fehlende lithologische Unterschiede zwischen den glazifluviatilen sowie den jüngeren limnischen Sanden erlauben nicht immer eine eindeutige Zuordnung der Proben.

Das Alter eines hangenden Torfes konnte mit  $9200 \pm 50$  Jahren (konv.  $^{14}\text{C}$ ) bestimmt werden. Die Torfbildung deutet auf Verlandung hin, es wird somit davon ausgegangen, dass der Wasserspiegel eine Höhe von rund  $-5,50$  m HN erreicht hat und die Depression zu diesem Zeitpunkt auf dieses Niveau aufsedimentiert war.

Zeitlich anschließend kam es zum erosiven Zerschneiden der Landschaftsoberfläche durch die Anlage zweier Rinnen (Abb. 3/4). An der Rinnenbasis setzt sich die Sedimentation mit feinklastischen Bildungen fort, außerhalb der Rinnen herrschten zu diesem Zeitpunkt vermutlich terrestrische Bedingungen ohne Sedimentation vor. Die ältesten Sedimente an der Rinnenbasis (Kalk- und Schluffmudden) weisen pollenanalytisch boreales Alter auf und kamen nach der Ostrakodenassoziation in einem limnischen Milieu zur Ablagerung.

Marine Bildungen in Form von detritusreichen, molluskenführenden Feinklastika (Mudden) schließen an (Abb. 3/5). Der Faunenbestand wird dominiert von Arten der Gattung *Cerastoderma*, untergeordnet treten *Mytilus edulis*, *Scrobicularia plana*, *Macoma balthica*, *Theodoxus fluviatilis* und *Hydrobia* auf. Vereinzelt Funde von *Littorina littorea* als Indexfossil für die Littorina-Transgression sind ebenfalls zu verzeichnen.

Lokal konnten dm-mächtige, geschichtete organische Lagen (Schwemmtorf) nachgewiesen werden. Vor allem im Tiefenniveau um  $-5$  m HN zeichnet sich eine weite Verbreitung dieses Sedimenttyps ab (Abb. 3/6).

Das Alter eines solchen Torfes ( $-5,50$  m HN), unterlagert von  $30$  cm mächtigen Sanden eines marinen Sedimentationsraumes, konnte mit  $5965 \pm 60$  Jahren bestimmt werden (konv.  $^{14}\text{C}$ ).

Innerhalb der marinen Abfolge können verschiedene Subfaziesräume unterschieden werden. Vor allem Variationen in der Korngröße und des Molluskenbestandes deuten darauf hin. Hydrodynamisch am stärksten beeinflusst sind Bereiche der Strömungsrinnen, demzufolge kommen hier gröbere Sedimente zu Ablagerung, vor allem Mittelsand.

Bereiche, die vermutlich den Charakter von Windwatten im Sinne von LEHFELDT & BARTHEL (1998) haben, sind durch schluffige Feinsande charakterisiert. Das Milieu, in dem diese Sedimente zur Ablagerung kamen, ist niedrig-energetisch. Eine offenbar nur temporäre höher-energetische Beeinflussung durch winderzeugte Wellen ist aufgetreten, die Wassertiefe dürfte einige Dezimeter nicht überschritten haben. Schilllagen mit Pflanzendetritus und Feinsand werden als Vorstrandbereiche interpretiert.

Ein phytogener Verlandungshorizont in Form von Torf schließt die Abfolge ab. Lokal bestehen heute noch offene Wasserflächen, wie der Kleine und Große Strumminsee (Abb. 3/7). Diese wurden in historischer Zeit als Sturmflutrinnen immer wieder aktiviert (BURKHARDT 1909). Durch Georadaruntersuchungen konnte der interne strukturelle Aufbau der marinen Ablagerungen erkannt werden. Hierbei wurde deutlich, dass die Sturmflutrinnen nicht ortsfest waren, sondern ihre Position auf der Fläche änderten.

## 5 Diskussion

Durch die Untersuchungen konnte die Existenz eines präborealen/borealen limnischen Gewässers im Liegenden der marinen Bildungen sowie im Hangenden spätglazialer, glazifluvialer Ablagerungen nachgewiesen werden. Die Tieferlegung der Erosionsbasis und das Einschneiden der beiden Rinnen im Untersuchungsgebiet steht vermutlich mit der seit langen bekannten Regression des Ancylussees (vergl. BJÖRCK 1995) im Zusammenhang. Ob es sich bei dem Gewässer um den Ancylusgroßsee handelt, dessen Existenz KLIEWE & JANKE (1982) für den vorpommerschen Küstenraum als erwiesen ansahen, oder um ein lokales ancyluszeitliches Seegewässer im Sinne von LEMKE (1998) ist dabei zunächst zweitrangig.

Der erste marine Kontakt konnte in Tiefen von rund – 11 m HN mit Ablagerungen von Torf/Organomudde belegt werden (Bohrung Use 22). Diese Ablagerungen repräsentieren die 1. littorine Hauptphase im Sinne von KLIEWE & JANKE (1982). Übereinstimmend geben KLIEWE & JANKE (1982,1991), SCHUMACHER & BAYERL (1997; 1999) und auch JANKE & LAMPE (1999; 2000) für dieses Tiefenniveau Alter von rund 8 000 konv. <sup>14</sup>C-Jahren an.

SCHUMACHER & BAYERL (1997; 1999) erkennen auf Rügen in der Folgezeit einen phasenhaften Anstieg des Meeresspiegels. Dieser kann in seiner Komplexität in dem hier vorgestellten Gebiet nicht nachvollzogen werden. Lediglich im Tiefenniveau - 5 m HN konnte eine flächenhafte Vertorfung der Landschaftsoberfläche, als Ergebnis einer Regression, bzw. Retardation des Meeresspiegels, nachgewiesen werden. Durch Radiocarbonatierung wurde das Alter dieser Bildungen mit 5965 ±60 Jahren (konv. <sup>14</sup>C) bestimmt. SCHUMACHER & BAYERL (1997; 1999) postulieren im Anschluss an eine Transgressionsphase (Rügen 4) einen Abfall des Wasserspiegels, allerdings ohne den absoluten Regressionsbetrag anzugeben.

JANKE & LAMPE (1999; 2000) gehen ebenfalls von einer Regression um mehrere Meter zu diesem Zeitpunkt aus. Die Ursachen sehen sie in kurzzeitig wirkenden neotektonischen Bewegungen, die zu einem relativen Zurückweichen der Uferlinie führten. Hinweise für einen früheren, höheren Meeresspiegel konnten in dem hier vorgestellten Untersuchungsraum auf Usedom nicht gefunden werden. Erosive Prozesse können aber nicht ausgeschlossen werden. Sie erscheinen sogar wahrscheinlich, da in dem Seegatt mit einer maximalen Breite von 2,5 km wenigstens temporär hydrodynamisch hoch-energetische Milieubedingungen geherrscht haben können.

## Zusammenfassung

Beschrieben wird der geologische Aufbau des fossilen Seegatts bei Bannemin/Usedom. Die Profilabfolge beginnt im Spätpleistozän und reicht bis zum jüngeren Holozän. Die Ablagerungen erlauben Aussagen sowohl zur Küstengenese als auch zu Vorgängerstadien der Ostsee. Es werden sieben landschaftsgenetische Entwicklungsschritte ausgehalten.

## Danksagung

Dank gilt Herrn Prof. Dr. em. W. Janke, der die Pollenanalysen vornahm, Dr. P. Frenzel und Priv. Doz. Dr. habil. R.-O. Niedermeyer für die kritische Durchsicht des Manuskriptes.

Weitergehende Untersuchungen zur Meeresspiegelentwicklung an der Küste der Pommerschen Bucht werden gefördert durch das Stipendienprogramm der Deutschen Bundesstiftung Umwelt.

## Literatur

- BJÖRCK, S. (1995): A review of the history of the Baltic Sea, 13.0-8.0 ka BP. – *Quaternary International*, 27: 19-40; London.
- BURKHARDT, R. (1909): Chronik der Insel Usedom – I. Abschnitt: Bis zum Schlusse des dreizehnten Jahrhunderts. – 112 S.; Swinemünde (Fritzsche).
- HAACK, E. (1960): Das Achterwasser. Eine geomorphologische und hydrographische Untersuchung. – *Neuere Arbeiten zur mecklenburgischen Küstenforschung*, IV: 1-106; Berlin.
- HOFFMANN, G. (2000): Modell der holozänen Entwicklung eines Seegatts (Trassenheide-Zinnowitzer Seesandebene/Usedom). – unveröffentlichte Diplomarbeit; Institut für Geologische Wissenschaften der Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald, 75 S.; Greifswald.
- JANKE, W. (1971): Beitrag zu Entstehung und Alter der Dünen der Lubminer Heide sowie der Peenemünde-Zinnowitzer Seesandebene. – *Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Greifswald, Math.-Nat. Reihe*, 20: 39-54; Greifswald.
- JANKE, W. & LAMPE, R. (1999): The Sea-Level Rise on the South Baltic Coast Over the Past 8,000 Years – New Results and New Questions. – *Terra Nostra*, Schriften der Alfred Wegener Stiftung, 4/99: 126-128; Bonn.
- JANKE, W. & LAMPE, R. (2000): Zur Veränderung des Meeresspiegels an der vorpommerschen Küste in den letzten 8000 Jahren. – *Zeitschrift für Geologische Wissenschaften*, 28 (6): 585-600; Berlin.
- JENSEN, J.B., BENNIKE, O., WITKOWSKI, A., LEMKE, W. & KUIJPERS, A. (1999): Early Holocene history of the southwestern Baltic Sea: the Ancylus Lake stage. – *Boreas*, 28: 437-453; London.
- KLIEWE, H. (1960): Die Insel Usedom in ihrer spät- und nacheiszeitlichen Formenentwicklung. – 277 S.; Berlin (Dt. Verlag d. Wissenschaften).
- KLIEWE, H. & JANKE, W. (1982): Der holozäne Wasserspiegelanstieg der Ostsee im nordöstlichen Küstengebiet der DDR. – *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 126: 65-73; Gotha.
- KLIEWE, H. & JANKE, W. (1991): Holozäner Küstenausgleich im südlichen Ostseegebiet bei besonderer Berücksichtigung der Boddenausgleichsküste Vorpommerns. – *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 135: 1-15; Gotha.
- KLIEWE, H. & REINHARD, H. (1960): Zur Entwicklung des Ancylus Sees. – *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 104: 163-172; Gotha.
- KLISCH, W. (1974): Zur Lithologie Holozäner Dünen auf Usedom. – unveröffentlichte Diplomarbeit, Sektion Geologische Wissenschaften der Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald, 67 S.; Greifswald.
- KLUG, H. (1980): Der Anstieg des Ostseespiegels im deutschen Küstenraum seit dem Mittelatlantikum. – *Eiszeitalter und Gegenwart*, 30: 237-252; Stuttgart.
- LANGER, H. & KRIENKE, H.-D. (1983): Lithofazieskarte Quartär, Horizontkarte gW2-W3n; Greifswalder Oie/Ahlbeck 1269/1369; 1:50 000. – Berlin (VEB Kartographischer Dienst Potsdam).

- LEHFELDT, R. & BARTHEL, V. (1998): Numerische Simulation der Morphogenese von Windwatten. – Die Küste, 60: 257-276; Heide.
- LEMKE, W. (1998): Sedimentation und paläographische Entwicklung im westlichen Ostseeraum (Mecklenburger Bucht bis Arkonabecken) vom Ende der Weichselvereisung bis zur Litorinatransgression. – Meereswissenschaftliche Berichte, 31: 156 S.; Warnemünde.
- LOŽEK, V. (1964): Quartärmollusken der Tschechoslowakei. – 374 S.; Praha (Verlag der Tschechischen Akademie der Wissenschaften).
- NIEDERMEYER, R.-O. (1995): E 16: Nordwest-Usedom. – In: DUPHORN, K., WERNER, F., JANKE, W., KLIEWE, H. & NIEDERMEYER, R.-O. [Hrsg.]: Die deutsche Ostseeküste. – Sammlung Geologischer Führer, 88: 208-214; Berlin, Stuttgart (Borntraeger).
- SCHUMACHER, W. & BAYERL, K.-A. (1997): Die Sedimentationsgeschichte der Schaabe und der holozäne Transgressionsverlauf auf Rügen (Südliche Ostsee). – Meyniana, 49: 151-168, Kiel.
- SCHUMACHER, W. & BAYERL, K.-A. (1999): The shoreline displacement curve of Rügen Island (Southern Baltic Sea). – Quaternary International, 56: 107-113; London.
- STIGGE, H.-J. (1989): Nullpunktkorrektur für alle DDR-Küstenpegel. – Beiträge zur Meereskunde, 60: Berlin.
- WINN, K., AVERDIECK, F.R., ERLLENKEUSER, H., & WERNER, F. (1986): Holocene sea level rise in the Western Baltic and the question of isostatic subsidence. – Meyniana, 38: 61-80; Kiel.

**Autoren:**

Gösta Hoffmann<sup>1</sup> & Prof. Dr. Reinhard Lampe<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut für Geologische Wissenschaften  
E.-M.-Arndt Universität Greifswald  
Jahnstr. 17a  
D-17487 Greifswald

E-mail: [goesta@uni-greifswald.de](mailto:goesta@uni-greifswald.de)

<sup>2</sup> Geographisches Institut  
E.-M.-Arndt-Universität Greifswald  
Jahnstr. 16  
D-17487 Greifswald





Peter FRENZEL & Petra OERTEL

## Die rezenten Ostrakoden und Foraminiferen des Strelasundes (südliche Ostsee)

The recent ostracods and foraminifera of the Strelasund (southern Baltic Sea)

### Abstract

The Strelasund separates the Isle of Rügen from the mainland of Mecklenburg-Vorpommern in the southern Baltic Sea. The salinity in this brackish water body oscillates around 8-9 PSU. A study of total ostracods and foraminiferal assemblages from surface sediments of 18 stations documents at least 13 ostracod and six foraminifer species. The dominating species are *Cyprideis torosa* (muddy bottom), *Cytheromorpha fuscata* (sandy bottom) and *Miliammina fusca*. Multivariate statistics on faunal distribution allow to distinguish stations with different substrate properties: phytal zone, muddy bottom, sandy bottom, disturbances of sedimentation by dredging. The so far as known easternmost occurrence of *Cypria subsalsa* and *Ammotium salsum* in the Baltic Sea is a biogeographical interesting result of this study.

**Keywords:** Ostracoda, Foraminiferida, brackish water, ecology, biogeography, Baltic Sea, Strelasund, Mecklenburg-Vorpommern

### 1 Einführung

Für die Bewertung des gegenwärtigen Zustandes der Ökosysteme der südlichen Ostseeküste und die Unterscheidung anthropogen bedingter Veränderungen von natürlicher Variabilität ist ein Vergleich mit "naturbelassenen" Gebieten notwendig, die aber heute in unserem Gebiet nicht mehr existieren. In jüngster Zeit verstärkt sich vor dem Hintergrund der Vorgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie die Suche nach sogenannten Hintergrundwerten, also den natürlichen, nicht anthropogen beeinflussten Parametern der Küstengewässer. Verschiedene Lösungsansätze wurden bisher dafür vorgeschlagen (vgl. SAGERT & DAHLKE 2002, TUENTE et al. 2002, DOMIN et al. 2002). Ein vielversprechender Ansatz ist die Rekonstruktion von Umweltverhältnissen vor der Industrialisierung oder sogar vor der Einflussnahme des Menschen auf die Küstenregion mittels paläontologischer Methoden.

Ostrakoden und Foraminiferen sind hervorragend für die Paläomilieuanalyse geeignet. Insbesondere Ostrakoden kommen im Brackwasser der südlichen Ostsee

häufig vor und können aufgrund ihrer geringen Größe auch in Bohrkernen in großer Zahl zu finden sein. In der Zusammensetzung ihrer Assoziationen, morphologischen und geochemischen Veränderungen ihrer Schalen speichern sie Informationen über das Milieu, in dem sie leben.

Voraussetzung für die Paläomilieurekonstruktion ist die Kenntnis der rezenten Organismen, der heute lebenden Assoziationen und ihrer Verbreitung. Während die Verbreitung von Ostrakoden in den benachbarten Gebieten der Darß-Zingster Boddenkette (ARLT & HOLTFRETER 1975, BESCHNIDT & NOACK 1976, KÖHLER & ARLT 1984, KÖHLER 1990, FRENZEL 1991) und dem Greifswalder Bodden (ARLT 1970, 1977; FRENZEL 1996) bereits dokumentiert ist, fehlten bisher Daten zum Strelasund. Über das Vorkommen von Foraminiferen an der Küste Mecklenburg-Vorpommerns war mit Ausnahme des Greifswalder Boddens (KREISEL & LEIPE 1989, FRENZEL 1996) bisher nichts bekannt.

Obwohl die nun aus dem Strelasund vorliegenden Verbreitungsdaten lediglich Thanatozönosen repräsentieren, ist doch ihre Analyse für die Interpretation subfossiler Gemeinschaften wertvoll. Zusätzlich sind sie durch die Dokumentation der Bedingungen im Strelasund vor dem Ausschalten wesentlicher Verschmutzungsquellen, wie z. B. der Zuckerfabrik und der städtischen Kläranlage Stralsund, für spätere, vergleichende Untersuchungen von Interesse.

## **2 Untersuchungsgebiet**

Der Strelasund gehört zu den inneren Küstengewässern Mecklenburg-Vorpommerns (Abb. 1). Er trennt die Insel Rügen vom Festland und ist an beiden Enden mit der Ostsee verbunden – im Osten über den Greifswalder Bodden zur Pommerschen Bucht und im Nordwesten über den Kubitzer Bodden zur Gellenbucht. Der mittlere Salzgehalt der inneren Gellenbucht liegt bei 9 PSU, jener der westlichen Pommerschen Bucht bei 8 PSU, sie schwanken um etwa 1,3 PSU (OERTEL 1996). Hohe Salinitäten treten besonders in den Monaten März und September/Oktober auf, während kurzzeitige Extremwerte durch die Herbst- und Winterstürme im Dezember bis März hervorgerufen werden (OERTEL 1996). Der Strelasund bedeckt eine Fläche von 64,4 km<sup>2</sup> bei einer Tiefe von bis zu 17,2 m in der flussartigen Fahrrinne, jedoch sind etwa 70 % seiner Fläche flacher als 4 m (BIRR 1970, 1988). Eine Salzgehaltsschichtung des Wasserkörpers tritt in der Regel nicht, und wenn nur kurzfristig in der Fahrrinne auf. Die Temperaturunterschiede zwischen Oberflächen- und Tiefenwasser sowie zwischen den verschiedenen beprobten Stationen im Strelasund sind nur geringfügig (OERTEL 1996). Süßwasserzufuhr durch Fließgewässer spielt mit 1 % Anteil an der Wasserbilanz nur eine sehr untergeordnete Rolle (CORRENS 1979). Gleiches trifft auf Niederschläge und Verdunstung zu (OERTEL 1996). Fließrichtung und Strömungsgeschwindigkeit wechseln in Abhängigkeit von Windvektor und Wasserstandsgefälle, wobei ein Ausstrom vom Greifswalder Bodden zum Kubitzer Bodden überwiegt (Diskussion in OERTEL 1996). Die mittlere Strömungsgeschwindigkeit im Oberflächenwasser der Hauptrinne beträgt 15 cm/s (BIRR 1988). Im Flachwasser wird nur etwa ein Viertel der Strömungsgeschwindigkeit der Hauptrinne erreicht (BIRR 1970).

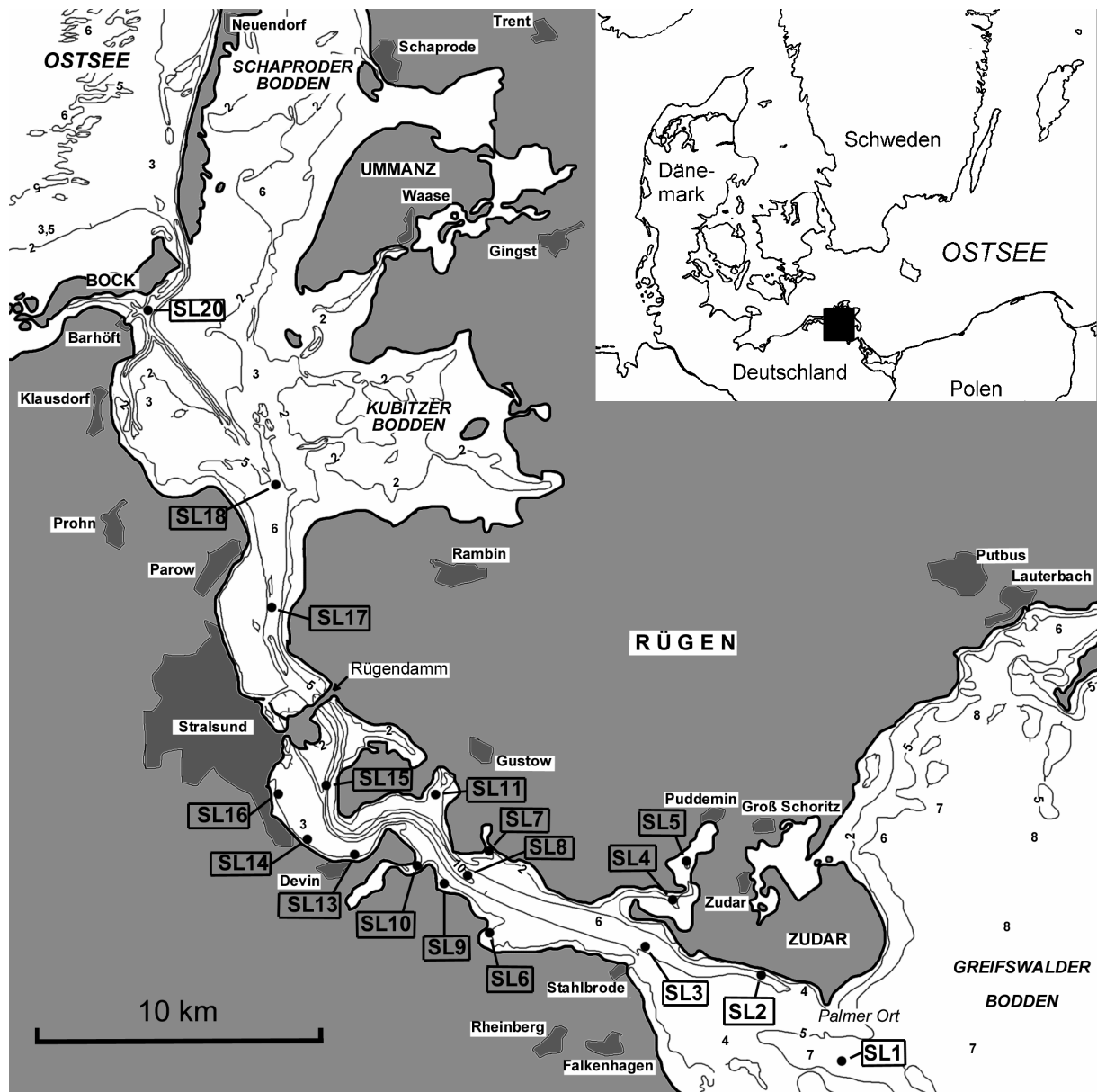


Abb. 1 Lagekarte und Stationen im Strelasund

Vertikale Temperaturunterschiede sind mit max. 1,1 K vernachlässigbar klein (OERTEL 1996). Auch die Unterschiede zwischen den Probenstationen sind nur geringfügig. Im Frühjahr ist eine schnellere Erwärmung der flachen Buchten zu verzeichnen. Eisgang trat im Winter 1990/91 und im folgenden Winter bis zur Probenahme nicht auf. Die Medianwerte des Sauerstoffgehaltes im Tiefenwasser schwankten zwischen 7,2 mg/l und 12,6 mg/l (OERTEL 1996). Das Tiefenwasser zeigte ganzjährig eine gute Durchlüftung. Während im Herbst und Winter 1992/93 mit 1,4 mg/l BSB<sub>2</sub> die höchsten Werte an der Kläranlage auftraten, lagen sie in den flachen Buchten durch die Algenblüte bedingt mit 1,3 mg/l BSB<sub>2</sub> im Sommer am höchsten (OERTEL 1996).

Der Strelasund wird intensiv wirtschaftlich genutzt. Seit Jahrhunderten dient er als viel genutztes Fahrwasser. Er stellt gleichzeitig ein Fischereigewässer und Vorfluter der größten Stadt Vorpommerns, der Hansestadt Stralsund dar. Seit dem Beginn der 1990er Jahre wächst auch die Bedeutung des Tourismus am Strelasund.

Die Kläranlage Stralsund, die 1962 in Betrieb genommen wurde, war neben diffusen Einträgen die wichtigste Quelle für N- und P-Einträge in den Strelasund. Die mittlere Jahreslast der späten achtziger Jahre betrug 430 t Stickstoff und 130 t Phosphor (OERTEL 1996). Ab Dezember 1990 kam eine chemische Phosphatfällung zum Einsatz, welche die Phosphoreinträge deutlich reduzierte. In den neunziger Jahren wurden die mechanische und die biologische Reinigungsstufe grundlegend modernisiert. Außer von der Kläranlage Stralsund gelangten Abwässer aus vielen, kleinen, unzureichend ausgebauten Kläranlagen der Orte Parow, Andershof, Devin, Brandshagen, Stahlbrode, Gustow, Drigge und Altefähr in den Strelasund. Hohe Belastungen gingen außerdem von der Zuckerfabrik Stralsund (jährlich 88 t N, 12 t P), der Schweinemastanlage Andershof und der Forellenmastanlage Stahlbrode aus. OERTEL (1996) schätzt den langjährigen Nährstoffeintrag auf  $17,1 \text{ g N m}^{-2} \text{ a}^{-1}$  und  $2,2 \text{ g P m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ . Die Stickstoffbelastung entspricht in etwa den damaligen Werten der Darß-Zingster Boddenkette. Die Belastung durch Phosphor war im Strelasund jedoch etwa doppelt so hoch wie in der Boddenkette.

### **3 Material und Methoden**

Am 3. Dezember 1991 wurden im Strelasund und den angrenzenden Bodden entlang eines Längstranssektes 19 Proben an 18 Stationen genommen (Abb. 1). Anhand der Lage der Stationen im Strelasund lassen sich drei Gruppen unterscheiden: 1. Stationen in der durch Ausbaggern freigehaltenen Fahrrinne mit mehr als 4,5 m und max. 10,8 m Wassertiefe, 2. am Rand des Strelasundes liegende Stationen mit 1,7 - 3,1 m Wassertiefe und 3. Stationen im Flachwasser (1,1 - 5,6 m Wassertiefe) der hydrodynamisch relativ geschützten Buchten. Der Ausfluss des Klärwerkes befindet sich auf Höhe der Station SL16.

Die Probenahme erfolgte mit einem Van Veen-Greifer. Jede Probe repräsentiert bei einer Fläche von etwa  $225 \text{ cm}^2$  die obersten 1-2 cm des Sediments. Eine Ausnahme bildet die Probe 12, die wie Probe 11 an der Station SL11 entnommen wurde, jedoch in 15 - 20 cm Sedimenttiefe. Eine exakte Trennung von Lebend- und Totfauna war aufgrund der um etwa zwei Wochen verspäteten Aufbereitung des Sediments nicht mehr möglich. Das Sediment wurde über ein 1 mm- und ein 200  $\mu\text{m}$ -Sieb geschlämmt und anschließend getrocknet. Aus den Siebrückständen wurden alle Ostrakoden und Foraminiferen ausgelesen; Mollusken, Polychaetenmundwerkzeuge (Scolecodonten), Chironomidenkopfkapseln und Characeen-oosporen wurden gezählt (Tab. 1). Der Grad der Lösung karbonatischer Skelette wurde als Hinweis auf die Intensität der Karbonatlösung verwendet: Sie reichte von Gemeinschaften ohne Lösungserscheinungen über unterschiedlich hohe Anteile von Schalen mit Lösungsspuren (vgl. Taf. 1, Fig. 16) bis zu Gemeinschaften ohne karbonatische Schalen, in denen nur nichtkarbonatische Reste erhalten waren.

Nach seiner makroskopischen Beschreibung wurde das Sediment im Labor gesiebt, um granulometrische Angaben zu erhalten. Zusätzliche Beobachtungen zur Litho- und Biofazies wurden beim Auslesen der Rückstände festgehalten.

Zu zahlreichen abiotischen Parametern des Wassers und Sediments liegen Daten von den beprobten Stationen vor, die im Rahmen einer Dissertation am Geographischen Institut der Universität Greifswald erhoben wurden (OERTEL 1996). Von diesen Daten sind folgende Faktoren in die Auswertung der vorliegenden Arbeit einbezogen: Salinität, Sestonkonzentration, Phosphatkonzentration, Konzentrationen von Zn, Cr, Mg, Ca und Cu im Sediment. Weitere Angaben zum Salzgehalt finden sich in HAVERLAND (1992), BIRR & OERTEL (1993) und OERTEL (1995). Die Temperaturen, pH-Werte, Sauerstoffkonzentrationen im Wasser sowie die Ni-, Al-, Na- und K-Konzentrationen im Sediment wurden aufgrund ihrer etwa gleichen Werte in den Stationen nicht weiter berücksichtigt. Da die Gesamtfauuna ohne Trennung von lebenden und toten Individuen analysiert werden musste, wurden aus den bei den Messfahrten der letzten zwölf Monate ermittelten abiotischen Faktoren die Mittelwerte bestimmt und für die Auswertung verwendet. Diese Vorgehensweise versucht zum einen die Analyse fossiler (bzw. subfossiler) Gemeinschaften zu simulieren, zum anderen kurzfristige Schwankungen von Umweltparametern weitgehend zugunsten der Analyse für längerfristige Verhältnisse zu vernachlässigen. Daten standen aus Messfahrten der Monate Dezember 1990 und Januar bis Dezember 1991 zur Verfügung (Tab. 2). Der statistischen Auswertung dienten die Programme PRIMER zur Multidimensionalen Skalierung (MDS) und SPSS zur Hauptkomponentenanalyse.

Das untersuchte Material ist in der Originalsammlung des Instituts für Geologische Wissenschaften der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald unter der Sammelnummer FGWG-H199 aufbewahrt.

## 4 Ergebnisse

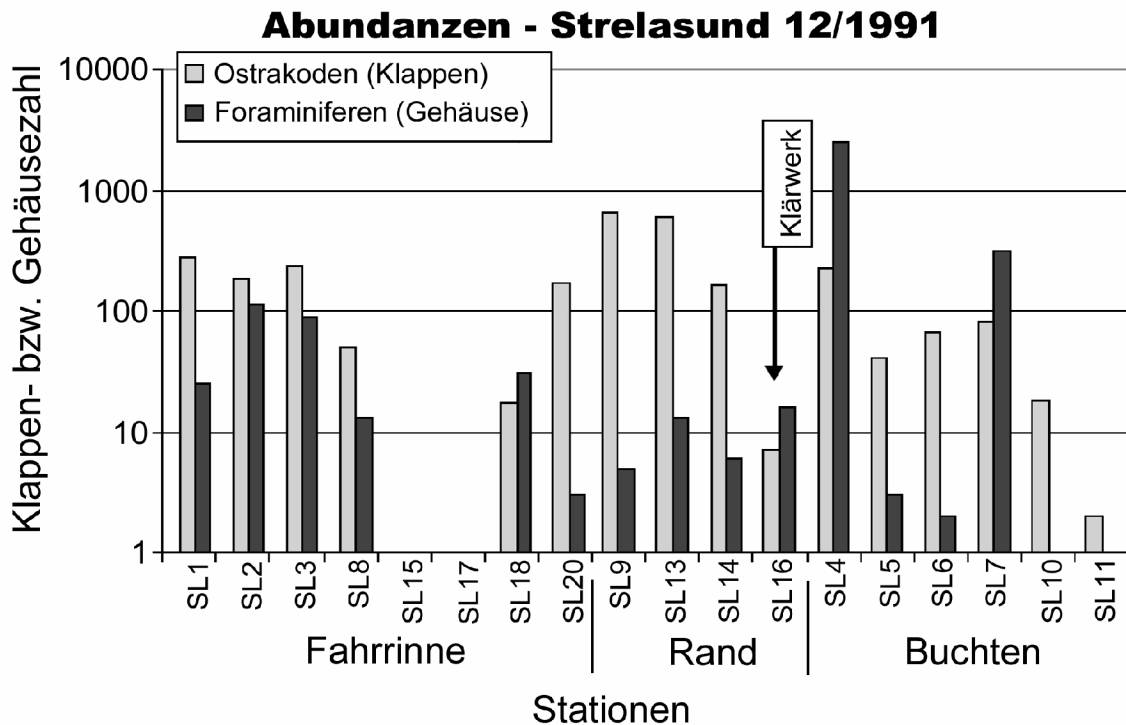
Von den untersuchten 18 Stationen weisen 16 Ostrakoden und 14 Foraminiferen auf (siehe Tab. 1). Die Zahl der Klappen bzw. Gehäuse schwankt beträchtlich, ohne dass ein lateraler Trend entlang des Transektes zu erkennen wäre (Abb. 2). Unter den Ostrakoden herrschen *Cyprideis torosa* auf Schlickgrund und *Cytheromorpha fuscata* auf Sandgrund vor. Unter den Foraminiferen dominiert *Miliammina fusca* deutlich. *Ammonia batavus* tritt lediglich im Mündungsbereich des Strelasundes in den Greifswalder Bodden in höherer Zahl auf. Im Gegensatz zu allen anderen nachgewiesenen Taxa konnten von *A. batavus* nur mehr oder weniger stark korrodierte Exemplare nachgewiesen werden. Unter den Ostrakoden wurden neben der über den gesamten Strelasund verbreiteten glattschaligen Form von *Cyprideis torosa* (f. *litoralis*) auch einige wenige buckeltragende Exemplare (f. *torosa*) in den flachen, abgeschlossenen Buchten am Rande des Strelasundes gefunden.

Tabelle 1 Faunenverteilung in den Proben des Strelasundes

Station	SL1	SL2	SL3	SL4	SL6	SL7	SL8	SL9	SL10	SL11	SL13	SL14	SL15	SL16	SL17	SL18	SL20
<i>C.neglecta</i>		7	34	16	4		1	8		2	23	5		1			
<i>C.subsalsa</i>				39										2			
<i>C.torosa f. litoralis</i>	148	72	120	147	62	63	9	617	18		540	88		2		7	1
<i>C.torosa f. torosa</i>			4	1		3											
<i>C.fuscata</i>	128	90	62	4	1	6	37	15			19	56				5	11
<i>C.gibba</i>			1	5													1
<i>H.viridis</i>			2														
<i>L.lacertosa</i>	5	16		14		8	2							1			
<i>L.porcellanea</i>								15				9					7
<i>L.psammodiphila</i>											9	9					4
<i>L.elliptica</i>		2	9	2	2	2	2				1					1	32
<i>Pseudocandona</i> spp. (juv.)				2										1			
<i>S.nigrescens</i>																1	7
<i>X.aurantia</i>			3													3	106
Ostrakoden (Klappenzahl)	281	187	235	230	67	82	51	655	18	2	592	167	0	7	0	17	169
<i>A.batavus</i>	3	27	55	2	1									11		2	
<i>A.salsum</i>		1	1	30		13											
<i>B.pseudomacrescens</i>				1													
<i>C.williamsoni</i>								2			2						
<i>C.albiumbilicatum</i>														1			
<i>M.fusca</i>	22	84	35	2535	1	300	13	3			11	6		4		29	3
Foraminiferen (gesamt)	25	112	91	2568	2	313	13	5	0	0	13	6	0	16	0	31	3
juv. Muscheln (<1mm)	18	79	75			6	43	5			19	26		2		111	327
Schnecken (<1mm)	43	52	75	69	23	33	15	50	10		43	29		27		16	876
Scolecodonten	40	9	18	30	5	62	5	13	2		11	6		22		13	2
Characeenoosporen	11	66	26	641		181	14		1		1	2		97		24	
Chironomiden		4	6	177		50	3							16			

**Tabelle 2** Abiotische Parameter an den Stationen des Strelasundes

Station	SL1	SL2	SL3	SL4	SL5	SL6	SL7	SL8	SL9	SL10	SL11	SL13	SL14	SL15	SL16	SL17	SL18	SL20
Tiefe [m]	6,0	4,5	4,5	2,5	2,5	1,8	1,1	10,8	1,7	1,8	5,6	3,0	3,1	8,0	2,8	9,3	6,0	6,0
Substrat	Sc	Sc	Sc	P, sc	Sc	Sc	P, sc	Sc, sa	Sc	Sc	Sc	Sc	Sc	Sc	Sc	Sc	Sc, sa	P, sc
ox. Schicht [mm]	10	10	10	10	5	5	15	20	10	0	0	3	5	2	15	2	25	15
Glühverlust [% TS]	8,4	13,4	14,9	13,2	23,9	9,3	6,63	18,57	10,9	12,1	20,2	18	16,3	11	15,3	11,1	8,38	6,89
Karbonat-lösungsgrad	1	1	1	1	3	4	0	0	2	4	4	2	2	1	0	0	4	1
Seston [g/m <sup>3</sup> ]	14	14,5	27,9	18,7	45,3	8,8	7,36	15,92	16,1	17,5	14,1	14	14,6	17,9	15,8	31	12,4	19,7
mittlere Salinität [PSU]	7,5	7,85	8,02	7,48	7,26	8	8,05	7,43	8,08	7,92	7,92	8,16	8,12	7,45	7,83	8,18	8,12	8,14
Phosphat [%TS]	1,1	1,26	1,17	1,14	1,4	1,1	1,11	1,01	1,31	2,66	1,47	1,08	1,07	0,96	0,99	0,8	0,84	0,81
Zn [ppm TS]	85	136	139	74,2	143	76	55,5	141	82,6	71	162	103	136	108	152	80,9	70	49,2
Cr [ppm TS]	15	24,3	28,2	23,1	35,2	16	13,6	34,2	17,9	24,3	33,8	36,3	32,9	22,4	30,5	21,5	16,5	15,8
Mg [%TS]	0,4	0,53	0,63	0,51	0,85	0,4	0,33	0,72	0,43	0,52	0,77	0,83	0,71	0,5	0,69	0,48	0,43	0,43
Ca [%TS]	0,4	0,5	0,52	0,39	0,6	0,4	0,46	0,65	0,4	0,38	0,7	0,62	0,55	0,53	1,11	0,4	0,51	0,97
Cu [ppm TS]	12	19,1	20,6	13,4	21,8	11	0	19,6	10,7	11,6	22,7	16,1	19,1	16,9	23,8	14,8	9,9	0



**Abb. 2** Häufigkeit von Ostrakoden und Foraminiferen (Lebend- + Totfauna) auf je 225 cm<sup>2</sup> entlang eines Transektes durch den Strelasund. Zur Lage der Stationen siehe Abb. 1.

Die aus größerer Sedimenttiefe entnommene Probe 11a (Station SL11) enthielt keine Ostrakoden- oder Foraminiferenschalen.

Insgesamt konnten mindestens 13 Ostrakoden- und sechs Foraminiferenarten nachgewiesen werden:

Ostracoda:

- |   |                      |
|---|----------------------|
| <i>Candona neglecta</i> SARS, 1887                        | - Taf. 1, Fig. 9-12  |
| <i>Cypria subsalsa</i> REDEKE, 1936                       |                      |
| <i>Cyprideis torosa</i> (JONES, 1850) f. <i>litoralis</i> | - Taf. 1, Fig. 15-16 |
| <i>Cyprideis torosa</i> (JONES, 1850) f. <i>torosa</i>    |                      |
| <i>Cytheromorpha fuscata</i> (BRADY, 1869)                | - Taf. 1, Fig. 7-8   |
| <i>Cytherura gibba</i> (O. F. MÜLLER, 1785)               |                      |
| <i>Hirschmannia viridis</i> (O. F. MÜLLER, 1785)          | - Taf. 1, Fig. 13    |
| <i>Leptocythere lacertosa</i> (HIRSCHMANN, 1912)          |                      |
| <i>Leptocythere porcellanea</i> (BRADY, 1869)             |                      |
| <i>Leptocythere psammophila</i> GUILLAUME, 1976           | - Taf. 1, Fig. 14    |
| <i>Loxoconcha elliptica</i> BRADY, 1868                   | - Taf. 1, Fig. 20    |
| <i>Pseudocandona</i> spp.(?), juv.                        |                      |
| <i>Semicytherura nigrescens</i> (BAIRD, 1838)             |                      |
| <i>Xestoleberis aurantia</i> (BAIRD, 1838)                | - Taf. 1, Fig. 17-19 |

### Foraminiferida:

*Ammonia batavus* HOFKER, 1951

- Taf. 1, Fig. 3-5

*Ammotium salsum* (CUSHMAN & BRÖNNIMANN, 1948)

*Balticammina pseudomacrescens* BRÖNNIMANN, LUTZE & WHITTAKER, 1989

*Criboelphidium williamsoni* (HAYNES, 1973)

- Taf. 1, Fig. 6

*Cribrononion albiumbilicatum* (WEISS, 1954)

*Miliammina fusca* (BRADY, 1870)

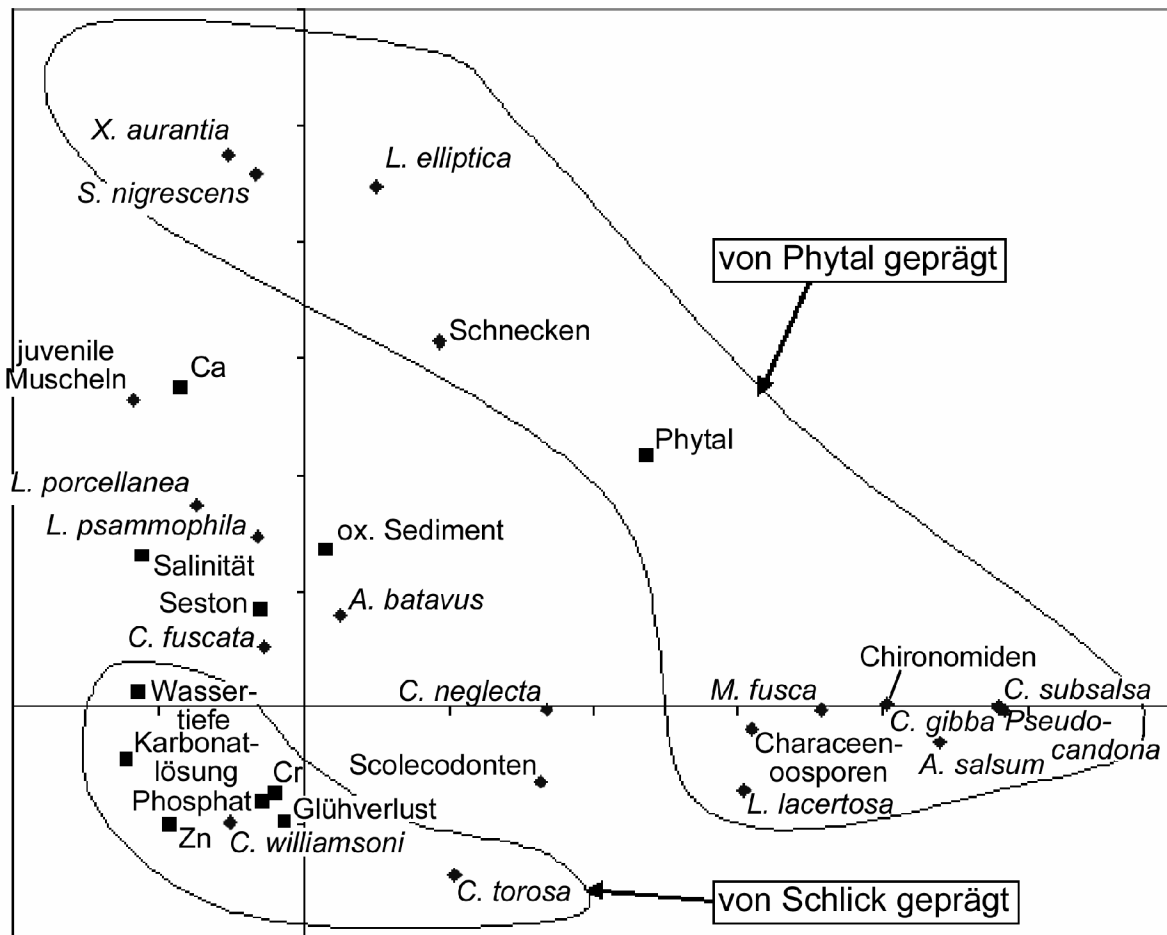
- Taf. 1, Fig. 1-2

Es lassen sich anhand der prozentualen Zusammensetzung der Ostrakoden- und Foraminiferenassoziationen die Stationen der Fahrrinne, des randlichen Strelasundes und der Buchten sowie die außerhalb liegende Station SL20 sowie der Klärwerksauslauf der Stadt Stralsund (SL16) mittels der Multidimensionalen Skalierung (MDS) trennen (Abb. 3). Alle Stationen der Fahrrinne liegen unterhalb einer Wassertiefe von 4,5 m. Auffällig ist die Station SL18, die durch Lösungerscheinungen und eine geringe Ostrakodenzahl gekennzeichnet ist. In den Fahrrinnenstationen SL15 und SL17 fehlen Ostrakoden völlig. Die randlichen Stationen des Strelasundes liegen in der MDS-Graphik dicht beieinander (Abb. 3).



**Abb. 3** MDS-Plot über die prozentualen Anteile der einzelnen Ostrakoden- und Foraminiferenarten an den Stationen des Strelasundes. Während die Stationen der Fahrrinne (SL1-3, 8, 18), des randlichen Strelasundes (SL9, 13, 14), des Klärwerksauslaufs (SL16) und außerhalb des Strelasundes (SL20) geschlossene Gruppen bilden, zerfallen jene der Buchten in Phytal-bestimmte (SL4, 7) und von Karbonatlösung geprägte (SL5, 6, 10) Gruppen.

Dagegen lassen sich bei den Stationen der Buchten zwei Gruppen unterscheiden: Phytalstationen (SL4 + SL7) und drei Stationen mit durch Lösungsvorgänge stark beeinflussten Gemeinschaften (SL5, SL6, SL10). Die im MDS-Plot allein stehende und außerhalb des Strelasundes liegende Station SL20 ist durch das Vorherrschen von den beiden Phytalarten *Xestoleberis aurantia* und *Semicytherura nigrescens* geprägt. Im Phytal der flachen Buchten fallen dagegen die hohen Abundanzen von Foraminiferen auf.



**Abb. 4** Hauptkomponentenanalyse über die log-gedämpften Abundanzen (Rhomben) von Ostrakoden, Foraminiferen, Schnecken, juvenilen Muscheln (<1 mm), Characeen-Oosporen und Scolecodonten (Polychaetenmundwerkzeugen) sowie elf abiotische Faktoren (Quadrate) von acht Stationen aus dem Strelasund. Stationen mit weniger als 50 Ostrakodenklappen sowie Ostrakodentaxa mit weniger als 5 % Anteil an der Assoziation wurden von der Analyse ausgeschlossen. Als Rotationsmethode wurde Varimax mit Kaiser-Normalisierung gewählt. Die beiden ersten Komponenten erklären 63,0 % der Gesamtvarianz.

Eine Hauptkomponentenanalyse über ausgewählte Variablen der Stationen des Strelasundes (Abb. 4) lässt vor allem zwei Gruppen erkennen. Die für die sauerstoffarmen, schlickigen Sedimente meist tiefer gelegener Stationen

charakteristischen Parameter und Taxa liegen im unteren rechten Quadranten der Graphik. Die Phytaltaxa bilden eine diagonal über die Graphik auseinander gezogene Gruppe. Die für die flachen, schlickigen Bereiche typischen Formen liegen im unteren Teil und die Formen tieferen, bewegten Wassers im oberen Teil dieser Diagonale. Zusammenfassend lassen sich die abnehmende Wassertiefe mit der Komponente 1 und ein abnehmender Anteil organischen Materials im Sediment bzw. von steigendem Sauerstoffangebot mit der Komponente 2 in Verbindung bringen.

## 5 Diskussion

Drei Faktoren erklären die niedrigen Ostrakodenzahlen im Untersuchungsgebiet: Störungen der Sedimentation durch Baggerarbeiten in Fahrrinne und Klärwerksauslauf (SL16) sowie hohe Sedimentationsraten und Karbonatlösung. Gestörte Sedimentationsbedingungen treffen vor allem *Cyprideis torosa*, deren Anteil in den Ostrakodengemeinschaften der Fahrrinne und im Klärwerksauslauf sehr niedrig ist. Die geringe Beweglichkeit der Tiere und langsame Reproduktion dürften die Ursachen hierfür sein. *Cytheromorpha fuscata* scheint dagegen vor allem den Gebieten mit Sauerstoffmangel und hoher Kalklösungsrate auszuweichen (Abb. 4), während O<sub>2</sub>-Mangel im Allgemeinen die Dominanz von *C. torosa* fördert (vgl. JAHN et al. 1996, GAMENICK et al. 1997).

Die Bevorzugung des Phytals durch *Cytherura gibba* und *Loxoconcha elliptica* ist bereits länger bekannt (ATHERSUCH et al. 1991 u. a.). Interessant ist das an das Phytal gebundene Auftreten von *Cypria subsalsa*, das auch in der Darß-Zingster Boddenkette sichtbar ist (KÖHLER 1990). Die nach MEISCH (2000) noch als ausschließlich aus dem Brackwasser der Niederlande bekannte Art, wurde vor einigen Jahren erstmals an der Küste Mecklenburg-Vorpommerns nachgewiesen (KÖHLER 1990, VOPEL & ARLT 1995) und ist nun in ihrer Verbreitung erneut bestätigt. Die Beschränkung der beiden Phytalarten *Xestoleberis aurantia* und *Semicytherura nigrescens* auf das Phytal des dem Strelasund vorgelagerten Kubitzer Boddens lässt sich wahrscheinlich auf die dort höheren und stabileren Salinitäten zurückführen. Neben den oben genannten Ostrakodenarten sind hohe Anteile und hohe Abundanzen der Foraminiferenart *Miliammina fusca*, von Chironomidenlarven und Characeenoosporen sowie das Auftreten von *Ammotium salsum* typisch für das Phytal. Das alleinige Auftreten von leeren und oft korrodierten Gehäusen der Foraminiferenart *Ammonia batavus* ist möglicherweise auf Umlagerungen von Gehäusen aus älteren Sedimenten zurückzuführen. Dieses Phänomen ließ sich auch bei den Untersuchungen an Oberflächensedimenten im Greifswalder Bodden beobachten (FRENZEL 1996). In litorinazeitlichen Profilen von Stralsund erwies sich ebenfalls *A. batavus* als häufig. Ob *A. batavus* auch rezent im Untersuchungsgebiet vorkommt, kann nicht mit Sicherheit bejaht werden.

FRENZEL (1991) untersuchte schon vor der Probennahme für die nun vorliegende Arbeit fünf Sedimentproben aus dem Strelasund. Sie enthielten keine Ostrakoden. Ursache hierfür ist wahrscheinlich die Probenahme in der Fahrrinne, wo auch nun meist nur wenige Ostrakoden gefunden wurden. Häufige Sedimentumlagerungen, Sauerstoffmangel und Karbonatlösung in den feinkörnigen, C<sub>org</sub>-reichen Sedimenten der Fahrrinne beeinträchtigen die Ostrakodengemeinschaften.

Von den aus dem benachbarten Greifswalder Bodden nachgewiesenen 21 Ostrakodenarten (FRENZEL 1996) konnten sieben, nämlich *Cypria ophthalmica*, *Limnocythere inopinata*, *Leptocythere baltica*, *L. castanea*, *Loxoconcha rhomboidea*, *Elofsonia baltica* und *Cytherois arenicola* im Strelasund nicht aufgefunden werden. Während bei *C. arenicola* wahrscheinlich die stärker eutrophierte Situation des Strelasundes eine Verbreitungsschranke darstellt (vgl. GOSSELCK et al. 1996), sind die anderen Arten des Greifswalder Boddens möglicherweise erst bei größerer Stationsdichte nachweisbar. Bei den Foraminiferen ist das Auftreten von *Ammotium salsum* auffällig. Diese Art fehlt im Greifswalder Bodden. Sie ist innerhalb der Ostsee bisher nur von der Küste Schleswig-Holsteins bekannt (SCHÄFER 2000). Damit ist ihr Vorkommen im Strelasund das bisher östlichste bekannte in der Ostsee. Wahrscheinlich weist ihre Verbreitung, wie auch die allgemein größeren Häufigkeiten von Foraminiferen im Strelasund gegenüber dem Greifswalder Bodden, auf die im Strelasund etwas höhere Salinität durch Einstromereignisse aus der westlichen Ostsee hin.

### Danksagung

Wir danken der Besatzung der Motorbarkasse „Bornhöft“ (Universität Greifswald) für ihre Unterstützung bei der Probennahme. Prof. Dr. Günter Arlt (Universität Rostock) und Prof. Dr. E. Herrig (Universität Greifswald) verbesserten dankenswerterweise das Manuskript durch wichtige Hinweise. Die Auswertung der faunistischen Daten wurde durch finanzielle Unterstützung im Rahmen eines Habilitationsstipendiums der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert.

### Literatur

- ARLT, G. (1970): Faunistisch-ökologische und produktionsbiologische Untersuchungen am Mikrobenthos des Greifswalder Boddens. – [unveröffentlichte] Dissertation, Universität Greifswald: 140 S.
- ARLT, G. (1977): Verbreitung und Artenspektrum der Meiofauna im Greifswalder Bodden. – Wissenschaftliche Zeitschrift der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, mathematisch-naturwissenschaftliche Reihe, 2: 217-222.
- ARLT, G. & HOLTFRETER, J. (1975): Verteilung, Zusammensetzung und jahreszeitliche Fluktuation der Meiofauna im Barther Bodden (Darß–Zingster Boddenkette). - Wissenschaftliche Zeitschrift der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, mathematisch-naturwissenschaftliche Reihe, 24 (6): 743-751.
- ATHERSUCH, J.; HORNE, D. & WHITTAKER, J. E. (1989): Marine and brackish water ostracods (superfamilies Cypridacea and Cytheracea). – [In:] KERMACK, D. M. & BARNES, R. S. K. (Hrsg.): Synopses of the British Fauna (New Series), 43: 359 S.; Leiden, New York, København, Köln (E. J. Brill).
- BESCHNIDT, J. & NOACK, B. (1976): Faunistisch-ökologische Untersuchungen am Meiobenthos des Saaler Boddens (Darßer Boddenkette), Ostsee. - Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie, 61 (1): 89-104.
- BIRR, H.-D. (1970): Hydrographie des Strelasundes. Beiträge zur Erforschung der Küstengewässer der DDR unter besonderer Berücksichtigung nautischer Erfordernisse. – [unveröffentlichte] Diss., Universität Potsdam.
- BIRR, H.-D. (1988): Zu den Strömungsverhältnissen des Strelasundes. – Beiträge zur Meereskunde, 58: 3-8.
- BIRR, H.-D. & Oertel, P. (1993): About the dynamics of Baltic Sea water inflow into the Boddenwaters around Rügen. – Petermanns Geographische Mitteilungen, 137 (5): 283-288.

- CORRENS, M. (1979): Der Wasserhaushalt der Bodden- und Haffgewässer der DDR als Grundlage für die weitere Erforschung ihrer Nutzungsfähigkeit zu Trink- und Brauchwasserzwecken. – [unveröffentlichte] Dissertation B, Humboldt-Universität Berlin.
- DOMIN, A.; SCHUBERT, H. & SCHIEWER, U. (2002): Berechnungen der Besiedlungspotenziale ausgesuchter Makrophytenarten anhand historischer Belege und ökophysiologischer Literaturdaten. – *Bodden*, 12: 49-69.
- FRENZEL, P., 1991: Die Ostracodenfauna der tieferen Teile der Ostsee-Boddengewässer Vorpommerns. – *Meyniana*, 43: 151-175.
- FRENZEL, P., 1996: Rezente Faunenverteilung in den Oberflächensedimenten des Greifswalder Boddens (südliche Ostsee) unter besonderer Berücksichtigung der Ostrakoden. – *Senckenbergiana maritima*, 27 (1/2): 11-31.
- GAMENICK, I.; RETHMEIER, J.; RABENSTEIN, A.; FISCHER, U. & GIERE, O. (1997): Effects of anoxic and sulfidic conditions on cyanobacteria and macrozoobenthos in shallow coastal sediments of the Southern Baltic Sea. – *Archiv für Hydrobiologie*, 140 (4): 465-490.
- GOSELCK, F.; ARLT, G.; BICK, A.; BÖNSCH, R.; KUBE, J.; SCHROEREN, V.; VOSS, J.; WEIGELT, M. & WEBER, M. v. (1996): Rote Liste und Artenliste der benthischen wirbellosen Tiere des deutschen Meeres- und Küstenbereichs der Ostsee. – *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz*, 48: 41-51.
- HAVERLAND, I. (1992): Statistische Untersuchungen zu den Salzgehaltsverhältnissen in Boddengewässern südlich Rügens. – [unveröffentlichte] Diplomarbeit, Universität Greifswald.
- JAHN, A.; GAMENICK, I. & THEEDE, H. (1996): Physiological adaptations of *Cyprideis torosa* (Crustacea, Ostracoda) to hydrogen sulphide. – *Marine Ecology Progress Series*, 142: 215-223.
- KÖHLER, S., 1990: Die Verbreitung der Muschelkrebse (Ostracoda) in der Darß–Zingster Boddenkette – eine Studie auf der Basis der Netzprogrammanalysen von 1977–1980 unter besonderer Berücksichtigung des Meiozoobenthos im Saaler Bodden. – [unveröffentlichte] Dissertation, Universität Rostock: 183 S.
- KÖHLER, S. & ARLT, G. (1984): The distribution of ostracods in an inlet of the Darss-Zingst Bodden chain. – *Limnologica*, 15 (2): 415-419.
- KREISEL, K. & LEIPE, T. (1989): Zum Vorkommen rezenter benthischer Foraminiferen im Greifswalder Bodden. – *Wissenschaftliche Zeitschrift der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, mathematisch-naturwissenschaftliche Reihe*, 38 (1-2): 98-104.
- MEISCH, C. (2000): Freshwater Ostracoda of Western and Central Europe. – [In:] SCHWOERBEL, J. & ZWICK, P. (Hrsg.): Süßwasserfauna von Mitteleuropa 8 (3): 522 S.; Stuttgart (Akad. Verl. Spektrum).
- OERTEL, P. (1994): Zur Abwasserbelastung des Strelasundes. – *Greifswalder Geographische Arbeiten*, 10: 193-203.
- OERTEL, P. (1995): Zu den Salzgehaltsverhältnissen im Untersuchungsraum Strelasund/Greifswalder Bodden. – *Ergänzungsbericht zum GOAP-Projekt. Deutsche Forschungsberichte; Hannover (Universitätsbibliothek und TIB)*.
- OERTEL, P. (1996): Untersuchungen zur Belastung und zum ökohydrographischen Zustand des Strelasundes. – [unveröffentlichte] Dissertation, Universität Greifswald: 133 S.
- SAGERT, S. & DAHLKE, S. (2002): Hintergrundwerte und natürliche Variabilität von abiotischen und biotischen Kriterien zur Beurteilung des ökologischen Zustands von Küstengewässern der Ostsee. – *Bodden*, 12: 15-31.
- SCHÄFER (2000): Foraminiferen aus Salzgraswiesen der Nord- und Ostsee. – [unveröffentlichte] Dissertation, Universität Kiel.
- TUENTE, U.; WÜBBEN, D. & HEIBER, W. (2002): Ansätze zur Ermittlung von Hintergrundwerten chemischer und biologischer Messgrößen der Nordsee. – *Bodden*, 12: 33-47.
- VOPEL, K. & ARLT, G. (1995): The Fauna of Floating Cyanobacterial Mats in the Oligohaline Eulittoral Zone off Hiddensee (South-west Coast of the Baltic Sea). – *Marine Ecology*, 16 (3): 217-231.

## Autoren

Dr. Peter Frenzel  
Institut für Aquatische Ökologie  
Abteilung Meeresbiologie  
Universität Rostock  
Albert-Einstein-Str. 3  
D – 18051 Rostock

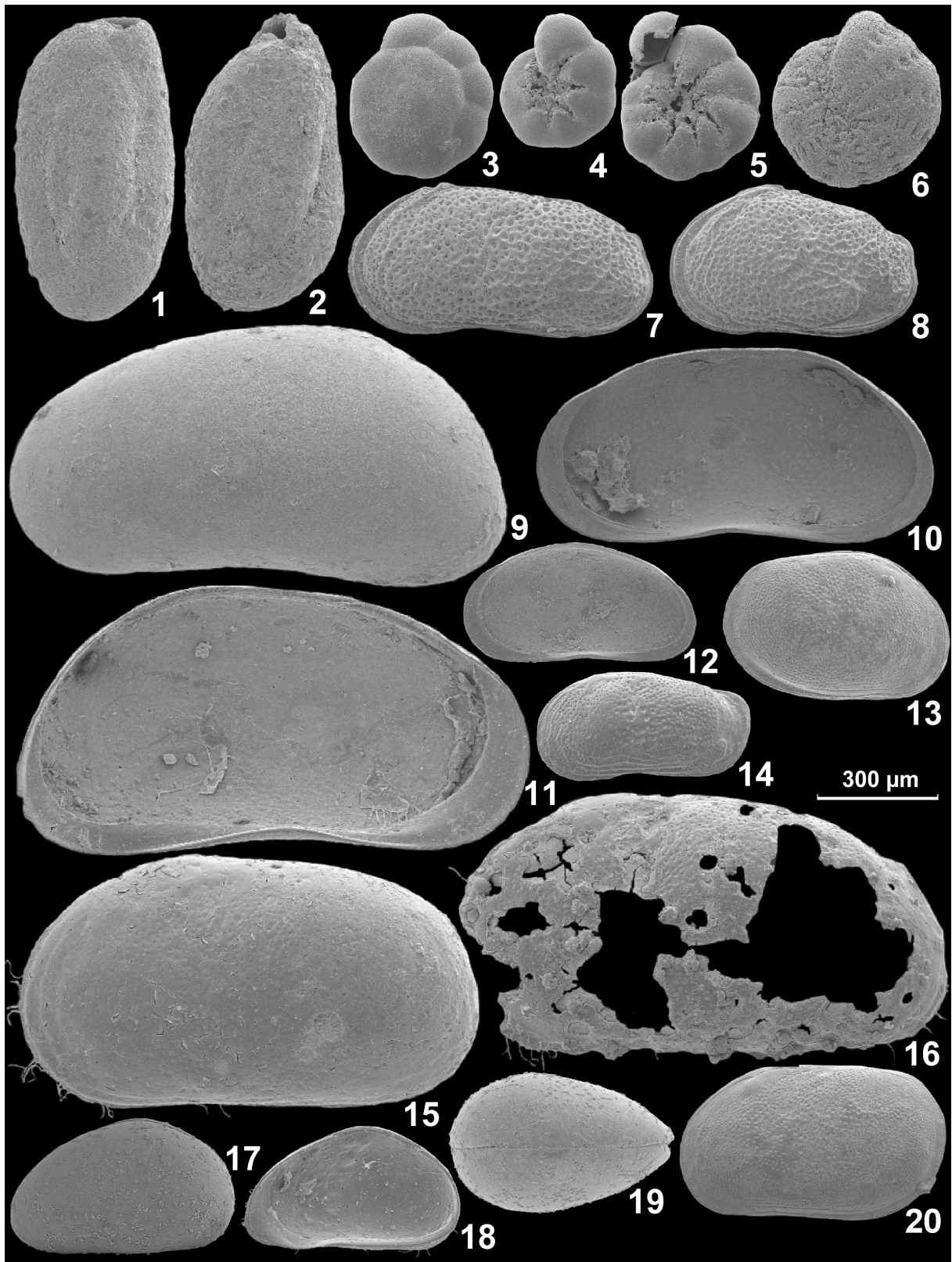
Dr. Petra Oertel  
Dorfstr. 9e  
D - 18439 Stralsund

E-mail: Peter-Frenzel@t-online.de



- Tafel 1** Foraminiferen und Ostrakoden des Strelasundes
- Fig. 1-2 *Miliammina fusca* (BRADY, 1870); Lateralansichten von zwei Exemplaren mit unterschiedlicher Mündungsbildung, 1) Höhe 0,76 mm; 2) Höhe 0,76 mm; Station SL4
- Fig. 3-5 *Ammonia batavus* HOFKER, 1951; 3) Spiralansicht, Durchmesser 0,41 mm; 4) Umbilikalansicht, Durchmesser 0,33 mm; 5) Umbilikalansicht eines Exemplares mit aufgebrochener letzter Kammer, Durchmesser 0,39 mm; Station SL2
- Fig. 6 *Criboelphidium williamsoni* (HAYNES, 1973); Lateralansicht, Durchmesser 0,45 mm; Station SL9
- Fig. 7-8 *Cytheromorpha fuscata* (BRADY, 1869); 7) ♂ linke Klappe extern, Länge 0,76 mm; 8) ♀ linke Klappe extern, Länge 0,62 mm; Station SL13
- Fig. 9-12 *Candona neglecta* SARS, 1887; 9) ♀ linke Klappe extern, Länge 1,24 mm, Station SL13; 10) juvenile rechte Klappe extern, Länge 0,70 mm, Station SL3; 11) ♀ rechte Klappe intern, Länge 1,28 mm, Station SL13; 12) juvenile rechte Klappe intern, Länge 0,58 mm, Station SL3
- Fig. 13 *Hirschmannia viridis* (O. F. MÜLLER, 1785); Gehäuse von rechts, Länge 0,57 mm; Station SL 3
- Fig. 14 *Leptocythere psammophila* GUILLAUME, 1976; linke Klappe extern, Länge 0,52 mm; Station SL 13
- Fig. 15-16 *Cyprideis torosa* (JONES, 1850) f. *litoralis*, ♀ linke Klappen, extern; 15) Länge 1,15 mm; 16) angelöste Schale, Länge 1,22 mm; Station SL13
- Fig. 17-19 *Xestoleberis aurantia* (BAIRD, 1838); 17) Gehäuse von links, Länge 0,56 mm, Station SL20; 18) rechte Klappe intern, Länge 0,53 mm, Station SL15; 19) Gehäuse dorsal, Länge 0,56 mm, Station SL20
- Fig. 20 *Loxoconcha elliptica* BRADY, 1868; Gehäuse von links, Länge 0,66 mm; Station SL3

Vergrößerung für alle Figuren 50fach





Maja WIEGEMANN & Burkard WATERMANN

## **Biozidfreie Bewuchsschutzmaßnahmen in der Seeschiffahrt – Forschungsstand und verfügbare Produkte**

**Biocide-free hull protection against marine fouling - scientific “*status quo*” and available products.**

### **Abstract**

Within the last three decades Tributyltin (TBT) antifoulants have been providing shipowners with effective protection against marine fouling for periods of up to five years. The traditional biocidal approach has been reliant upon highly toxic and persistent chemicals raising concerns about the environmental risk of such coatings. Those concerns have led to regulations of the use of organotin and other substances and increasing regulations are expected. These restrictions are key drivers of research efforts to develop effective fouling control coatings with low or negligible environmental impacts.

In addition, the EU's biocide product directive has also great significance to put environmentally friendly coatings on the market. It can be assumed that the directive will lead to an essential reduction in the number of biocides. Since most of the globally active paint manufacturers are based in Europe, with joint ventures in Asia, the directive will have a world-wide effect.

This paper presents the current alternatives and scientific approaches to control fouling on ship hulls focussing on non-toxic techniques.

**Keywords:** Marine Fouling, antifouling, biocide, Tributyltin (TBT), non-stick coating, self-polishing coating, biogenic substances, balanids, bio-films.

## **1 Einleitung – Hintergrund und Rechtslage**

Mariner Bewuchs (Fouling) ist seit dem Bestehen der Schifffahrt ein Problem. Bewuchs erhöht den Reibungswiderstand von Schiffsrümpfen und führt damit zu längeren Fahrtzeiten, Treibstoffmehrverbrauch und zusätzlichen Reinigungs- und Dockungskosten. Maßnahmen des Bewuchsschutzes sind deshalb essentiell für die Wirtschaftlichkeit der Schifffahrt.

In den 70er Jahren schien durch die Einführung der selbstpolierenden TBT-Antifoulingssysteme das Bewuchsproblem zunächst gelöst. Die Polierung der

Beschichtung während der Fahrt führt zu einer kontrollierten Abgabe des Biozids und damit zu einer perfekten Bewuchsverhinderung. Erstmals wurden Standzeiten (Zeitraum bis zur Erneuerung der Beschichtung) von 60 Monaten erreicht. Um Dockungskosten gering zu halten, wurde dieser Standzeit der Zeitraum für Klasedockungen (technische Überprüfung) angepasst. 60 Monate Standzeit gelten nun als Norm bei der Entwicklung neuer Beschichtungen.

Seit dem Bekanntwerden der negativen Auswirkungen von organozinnhaltigen Verbindungen auf die Meeresumwelt stehen TBT-haltige Antifouling-Farben in der öffentlichen Kritik.

Im Oktober 2001 wurde auf der Diplomatischen Konferenz der *International Maritime Organization (IMO)* die Konvention „International Convention on the Control of harmful Anti-Fouling Systems“ verabschiedet. Danach soll weltweit ab dem 01.01.2003 ein Applikationsverbot von TBT-haltigen Antifoulings wirksam werden, dem ab dem 01.01.2008 ein Nutzungsverbot folgen soll. Zur Förderung der Umsetzung der Konvention und unabhängig von der Inkraftsetzung der Konvention haben sich kürzlich mehrere große Farbfirmer – darunter Akzo Nobel/ International, Hempel und Jotun – dazu verpflichtet, ab dem 31.12.02 den Verkauf TBT-haltiger Farben einzustellen (GUREZKA 2002, ARNOLD 2002). In vielen Ländern laufen Anstrengungen, neben Organozinn die Nutzung weiterer Biozide als Antifoulingmittel zu reglementieren. Die wichtigsten Ersatz- und Cobiozide sind Kupferverbindungen, Diuron, Chlorthalonil, Irgarol (S-Triazin), Dithiocarbamate (Thiram, Maneb, Zineb), Dichlofluanid und Sea-NINE 211 (Isothiazolin) (WATERMANN 1997). In Schweden wurde die Anzahl der zugelassenen Biozide für Handelsschiffe bereits auf 4 reduziert: Organozinnverbindungen, Kupfer, Irgarol 1051 und Sea Nine-211, wobei Organozinn nur genehmigt ist, wenn die Schiffe überwiegend weltweit operieren (WATERMANN 1999).

Seit dem 14. Mai 1998 ist die Richtlinie 98/8/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Februar 1998 über das Inverkehrbringen von Biozid-Produkten in Kraft. Demnach bedürfen Biozid-Produkte, bevor sie auf dem europäischen Markt in Verkehr gebracht und verwendet werden, einer Zulassung. Insbesondere werden in dem Prüfungsverfahren Fragen der Human- und Ökotoxizität sowie die mögliche Anreicherung in der Meeresumwelt eine Rolle spielen. Die Richtlinie ist im Mai 2002 in deutsches Recht umgesetzt worden. Danach dürfen Biozid-Produkte nicht mehr ohne eine entsprechende Zulassung in den Verkehr gebracht und verwendet werden. Altbiozide, die zuvor in einem Notifizierungsverfahren erfasst wurden, unterliegen einer Bestandsfrist von 10 Jahren. Dieser Zeitraum wurde eingeräumt, um diese Produkte in einem Zulassungsverfahren zu prüfen. In der EU sind derzeit ca. 30 in Antifoulings enthaltene Biozide in Gebrauch. Von der Chemischen Industrie wird geschätzt, dass die erheblichen Mehrkosten durch das Zulassungsverfahren die Einführung neuer Biozide stark abbremsen werden (WATERMANN 2001).

Im Folgenden werden die weltweit verfügbaren TBT-freien Antifoulingverfahren für die Seeschifffahrt vorgestellt. Das Augenmerk liegt dabei auf den biozidfreien Techniken. Im anschließenden Teil wird der Forschungsstand zu den aussichtsreichen alternativen Konzepten des Bewuchsschutzes dargestellt. Besonders ausführlich wird auf Antihafsysteme eingegangen. Es handelt sich dabei

um die bisher erfolgreichsten biozidfreien Kandidaten, die sich auch schon auf dem Weltmarkt behaupten.

## 2 Verfügbare Produkte

Als Reaktion auf das sich abzeichnende TBT-Verbot (siehe Abschnitt 1) haben fast alle Farbhersteller bereits vor einigen Jahren TBT-freie SPCs auf den Markt gebracht. Die Beschichtungen enthalten vor allem Kupfer- und Zinkverbindungen sowie eine deutlich reduzierte Anzahl von Co-Bioziden. Inzwischen werden für diese Produkte Standzeiten von bis zu 60 Monaten gewährleistet. Der Preis beträgt in etwa das drei- bis fünffache der organozinnhaltigen SPCs. Aber nur ein geringer Teil der Schifffahrtsunternehmen ist auf derartig lange Standzeiten angewiesen. So werden bei vielen Reedern auch bei Zwischenklassedockungen Farbarbeiten durchgeführt. Kupferhaltige ablative und konventionelle Beschichtungen, die für Standzeiten von bis zu 36 Monaten genügen, sind kostengünstigere Alternativen. Der Anschaffungspreis entspricht etwa dem der TBT-SPCs (siehe Tabelle 2).

Diese Antifoulingprodukte weisen zwei große Nachteile auf. Erstens ist ihre Leachingrate (Austrittsrate der Biozide) anfangs sehr hoch und fällt dann langsam ab; zweitens enthalten die konventionellen Antifouling noch zahlreiche bedenkliche Cobiozide (Diuron, S-Triazine, Dithiocarbamate etc.).

Aufgrund der Tatsache, dass Kupfer zwar in der Umwelt nur geringe Bioakkumulation zeigt, aber persistent ist, haben einige Farbhersteller Anstrengungen unternommen, SPCs auf der Basis von organischen Bioziden mit hoher biologischer Abbaubarkeit zu entwickeln. Erste Produkte sind mittlerweile auf dem Markt.

**Tabelle 1** Biozidfreie Unterwasserbeschichtungen für die Seeschifffahrt

Hersteller	Produktbezeichnung	Typ
Akzo Nobel/ International	Intersleek-Serie	Silikon
Chugoku Marine Paints Ltd.	Sea Grandprix Eco-Speed	Silikon
General Electric Company	EXSIL 2200	Silikon
Hempel	Hempasil	Silikon
Lotréc AB	Le Fant-Serie	selbstpolierend
Relius	Freeline	selbstpolierend
Sealcoat	Sealcoat	Mikrofaser
Sigma	Sigma Glide	Silikon

Die im Zuge des Verbots von Organozinn als Antifoulingbiozid einhergehende ökologische Sensibilisierung bestärkte die Frage nach dem Ersatz der toxischen Mittel durch biozidfreie Alternativen. Auf diesem Gebiet gab und gibt es intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeiten (siehe Abschnitt 3). Die zur Zeit für die Großschifffahrt verfügbaren nichttoxischen Produkte sind in der Tabelle 1 aufgeführt.

Die aufgeführten Produkte werden mit recht unterschiedlicher Intensität vermarktet. Ein positives Beispiel ist das Produkt Intersleek, mit dem bereits über 40 Referenzschiffe in den Weltmeeren unterwegs sind (RAYNER 2002). Für die genannten Beschichtungen liegen sehr unterschiedliche Erfahrungen hinsichtlich der Wirksamkeit und der Standzeiten vor. Eine entscheidende Rolle für die Funktionalität der Beschichtungen spielt die Qualität der Applikationen. Unebenheiten der Oberfläche und geringe Schichtdicken können die Wirksamkeit enorm beeinträchtigen. Das trifft insbesondere auf Silikonbeschichtungen zu (DAEHNE et al. 2002). Die Bewuchsschutzleistungen der o. g. Beschichtungen ist auch stark abhängig vom Operationsprofil des Schiffes.

Silikonbeschichtungen können bis zu 60 Monate Bewuchsschutz gewährleisten. Mit Erfolg wird dieser Beschichtungstyp bereits auf etlichen Kreuzfahrt- und Containerschiffen sowie Schnellfähren eingesetzt. Der hohe Reibungswiderstand, der durch die Geschwindigkeit dieser Schiffe (15 - 45 Knoten) erzeugt wird, führt zur Ablösung der schwach haftenden Bewuchsorganismen. Seit Kurzem bietet die Firma Chugoku auch ein Silikon (zweiter Generation) an, das schon ab einer Schiffsgeschwindigkeit von 5 Knoten wirken soll (CHAPMAN 2002). Bei langsamen Fahrzeugen würde sich die Applikation von Antihaftbeschichtungen auch in Verbindungen mit schonenden Unterwasser-Reinigungssystemen anbieten. Solche Reinigungsarbeiten könnten zügig von Unterwasser-Robotern oder ferngesteuerten Geräten – wie z.B. von JONES (1999) vorgestellt - durchgeführt werden. Daneben gibt es bereits ein Konzept zu Offshore-Säuberungsanlagen für Ozeanriesen (Floating Dock Type of Cleaning Ship, kurz FDTCS) von der Firma Orca Marine Company Ltd.

Das relativ weiche Silikonmaterial ist allerdings recht anfällig für Beschädigungen, so dass der Bürstendruck der Reinigungsgeräte gut auf das empfindliche Material abgestimmt sein muss. Silikonbeschichtungen eignen sich demnach auch nicht für mechanisch beanspruchte Rumpfbereiche. Gute Erfahrungen liegen mit Kombinationen verschiedener AF-Typen vor, wobei z. B. der exponierte Wasserpasbereich statt mit einem Silikon mit einer SPC beschichtet wurde.

Biozidfreie selbstpolierende Beschichtungen sind kostengünstigere Alternativen, die mechanisch so belastbar sind wie biozidhaltige SPCs. Der Beschichtungstyp, der bisher nur Standzeiten von bis zu 24 Monaten aufweist, könnte für Schiffe in Frage kommen, für die Zwischenklassedockungen notwendig sind. Zu klären bleibt hier noch die Umweltverträglichkeit der Farbbestandteile, die bei der Polierung in die Meeresumwelt eingetragen werden (DAEHNE et al. 2002).

Eine dritte, in der obigen Tabelle erwähnte biozidfreie Technologie, ist *Sealcoat* – eine Mikrofaserbeschichtung nach dem Vorbild der Seehundshaut. Die ca. 1-2 mm langen Fasern drängen sich mehr oder weniger senkrecht stehend auf einem Epoxidgrund (200-300 Fasern/ cm<sup>2</sup> laut Hersteller). In langfristigen Schiffsversuchen zeigte sich im 1. Jahr nach der Applikation der Faserbeschichtung eine erfolgreiche Bewuchsverhinderung. Im darauffolgenden Jahr stellte sich aufgrund von Abnutzungserscheinungen der Fasern eine Besiedlung von über 50 % der Testfläche ein (WATERMANN et al. 2001).

Eine weitere umweltfreundliche Variante besteht im völligen Verzicht auf einen Antifoulinganstrich, was bei geringem Bewuchsdruck möglich ist. Schiffe, deren Operationsprofil durch stark wechselnde Salinitäten gekennzeichnet sind, können ohne Antifouling, nur mit einem Korrosionsschutz versehen, betrieben werden. Das wird z.B. von der Interscan Schifffahrtsgesellschaft mbH Hamburg praktiziert, deren Flotte (8 Containerschiffe) die brackige Ostsee durchkreuzen (WIEGEMANN & WATERMANN 2001a). In der Binnenhandelsschifffahrt werden generell keine Antifoulingfarben eingesetzt.

**Tabelle 2** Preis- und Standzeitenübersicht zu den gängigen Antifoulingprodukten (Stand: Mai 2002)

AF - Typ	TBT-SPC	TBT-freie SPC	TBT-freie konventionelle Beschichtung	Biozidfrie Beschichtung
Anschaffungspreis [€/ Liter]	5 - 7	15 - 25	6 - 12	15 - 50
Standzeit [Jahre]	bis 5	bis 5	bis 3	bis 5

Der Anschaffungspreis biozidfrier Beschichtungen liegt noch um bis das Doppelte über dem der TBT-freien SPCs (siehe Tabelle 2), die z. Zt. marktbestimmend sind. Besonders bei der Durchsetzung der Silikone ist der recht hohe Anschaffungspreis von bis zu 50 €/ Liter (siehe Tabelle 2) ein Hemmnis, obwohl der Rohstoff für weitaus weniger zu haben ist. Grund dafür ist vermutlich der bisher noch geringe Produktionsumfang, so dass ein Sinken des Preises bei entsprechendem Absatz und Wettbewerb zu erwarten ist. Ein weiteres Manko der Silikonbeschichtungen ist der höhere Applikationsaufwand durch die Notwendigkeit der kompletten Einhausung des zu beschichtenden Schiffes. Die Einhausungskosten wurden vom Verband für Schiffbau und Meerestechnik auf bis zu DM 100.000 beziffert (WIEGEMANN & WATERMANN 2001a).

Der Einsatz umweltfreundlicher Antifouling könnte neben gesetzlichen Auflagen in der Zukunft durch ökonomische Anreize gefördert werden. Ein Vorreiter dieser Entwicklung ist die *Green Award Foundation*. Sie vergibt auf der Grundlage eines Punktesystems, das sich an Sicherheit und Umweltfreundlichkeit an Bord orientiert, ein schiffsgebundenes Zertifikat. In der Checkliste des *Green Awards* wurde bereits das Kriterium TBT-freie Antifouling aufgenommen. Das Zertifikat wird weltweit in einer zunehmenden Anzahl von Häfen anerkannt und mit Gebührennachlässen belohnt.

### 3. Forschungsstand alternativer Antifoulingtechnologien

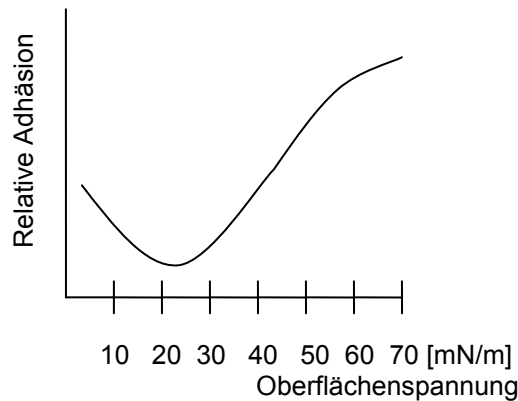
#### 3.1 Antihaftbeschichtungen

Wie Tabelle 1 vermuten lässt, besteht das zur Zeit aussichtsvollste nicht-toxische Bewuchsschutzkonzept in den sogenannten **Antihaftbeschichtungen** (auch Non-stick coatings oder Foul-release coatings genannt). Die ersten Ideen dazu entstanden in den 70er Jahren (MULLER et al. 1972). Doch im Schatten des damals neuen Antifoulingssystems TBT-SPC erhielten sie nur geringe Aufmerksamkeit. Mit den zunehmenden legislativen Bestimmungen hinsichtlich der toxischen Antifoulingss seit Ende der 80er Jahre steigerte sich auch das Interesse an den Antihaftbeschichtungen. Inzwischen sind einige Beschichtungen dieses Typs zu kommerzieller Reife gelangt. In der Seeschifffahrt handelt es sich dabei ausschließlich um Silikonbeschichtungen (siehe Tabelle 1). In zahlreichen Publikationen wurde die Funktionalität des Beschichtungsmaterials dokumentiert (z.B. SWAIN & SCHULTZ 1996, WATERMANN et al. 1997, DAEHNE et al. 2000). Antihaftbeschichtungen auf Silikonbasis lassen nur schwache Bindungen mit potentiellen Besiedlern zu und besitzen Eigenschaften, welche die Bewuchsalösung fördern. Dennoch wird angestrebt, die zur Ablösung des Bewuchses notwendige Kraft weiter zu reduzieren und die Beschichtung gleichzeitig stabiler zu gestalten. Dieses Vorhaben verlangt ein fundamentales Verständnis der Grenzschicht Substrat - Bewuchs, der Adhäsionsvorgänge und der Ablösungsmechanik.

Schon seit längerem ist bekannt, dass Seepocken nur auf älteren Stamm- oder Thallusteilen von marinen Pflanzen siedeln. Messungen der Oberflächenspannung ergaben, dass auf den älteren Teilen sehr hohe Werte auftraten, wie sie für Glas typisch sind. Dagegen fanden sich auf den jüngeren Trieben der Pflanzen niedrige Oberflächenspannungen, wie sie auch bei Silikon, Teflon oder Wachsen gemessen werden können. Die letztgenannten Materialien können offensichtlich nur schwer besiedelt werden (HOLM 1990). Diese Erkenntnisse führten zur Entwicklung von Antihaftbeschichtungen.

Zur Erklärung des Phänomens wird oft der o.g. Terminus Oberflächenspannung (surface free energy) herangezogen. Durch die Ermittlung der kritischen Oberflächenspannung (Critical Surface Tension, kurz CST) können Aussagen über die Benetzbarkeit einer Oberfläche mit einer Flüssigkeit getroffen werden. Die kritische Oberflächenspannung kann durch die Messung des Kontaktwinkels zwischen Oberfläche und Flüssigkeit ermittelt werden.

Eine Flüssigkeit wird eine Oberfläche benetzen, wenn die Oberflächenspannung dieser Flüssigkeit niedriger ist als die CST der Oberfläche. Ist sie höher, wird die Flüssigkeit Tropfen bilden. Geht man vom Benetzungsmittel Wasser aus, ist die Oberfläche im erstgenannten Fall hydrophil, im zweiten hydrophob. An Oberflächen mit geringem Bewuchs erhielt man jedoch in zahlreichen Experimenten eine mittlere CST von 20-24 mN/m (Abb. 1). Dieses Phänomen ist auch als „Baier-Kurve“ bekannt (BAIER & DEPALMA 1971).

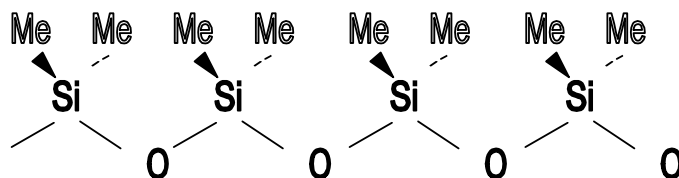


**Abb. 1** „Baier-Kurve“ – die empirische Beziehung zwischen Oberflächenspannung [mN/m] und Adhäsion (dimensionslos) von Bewuchs in natürlichen Systemen

Hier liegt das Minimum der Bioadhäsion nicht bei der niedrigsten CST, sondern in dem o. g. „biokompatiblen“ Bereich.

Bei Silikonen stellte man fest, dass sich die Kontaktwinkel im Medium Wasser nach einer gewissen Zeit ändern, so dass sich die CST-Werte dann nicht mehr im biokompatiblen Bereich befinden (NEVELL et al. 1996). Um diese Entwicklung zu verstehen, muss man sich den Chemismus eines Silikons genauer ansehen:

Eine Silikonbeschichtung (Polydimethylsiloxane, kurz PDMS) besteht aus einem Siloxangerüst mit organischen Seitenketten, in der Regel Methylgruppen (Abb. 2).



**Abb. 2** Molekülstruktur einer PDMS-Beschichtung

PDMS sind durch sehr niedrige Glasübergangstemperaturen ( $T_g$ ) gekennzeichnet. Die  $T_g$  gibt an, bei welcher Temperatur ein Stoff von einem starren (glasartigen) in einen flexiblen Zustand übergeht. Die  $T_g$  für Silikonbeschichtungen liegt bei  $-127^\circ\text{C}$ . Die daraus resultierende hohe Flexibilität ermöglicht dem Polymer bei Umgebungstemperatur verschiedene Konfigurationen anzunehmen (ESTARLICH et al. 2000). Während im Medium Luft die Si-O-Sequenzen nach innen zeigen, ist die Oberfläche des Materials methyliert, was eine niedrige Oberflächenenergie zur Folge hat (ca. 21 mN/m). Im wässrigen Milieu könnte eine Inversion der Moleküle, bei der die Si-O-Gruppen an der Polymer-Wasser-Grenzschicht zu liegen kommen, zu der oben erwähnten Änderung der Oberflächenspannung führen (NEVELL et al. 1996).

Der Grund für diese Umstellung liegt in dem Bestreben nach Stabilität, was für jedes System gilt. Es ist für das Silikon-Polymer energetisch attraktiver, die Si-O-Bausteine nach außen ragen zu lassen, da diese dann mit den Wassermolekülen Wasserstoffbrückenbindungen eingehen können. Umstritten ist die Hypothese, dass die Konformationsänderung so umfangreich ist, dass sich eine am Silikon adsorbierte Schicht von Wassermolekülen bildet (ESTARLICH et al. 2000). Extrapolymere Substanzen von potenziellen Besiedlern würden in der Folge mit den Wassermolekülen Dipolbindungen eingehen, die jedoch wesentlich schwächer sind als Ionen-Bindungen. Somit wäre die Adhäsion der Zellen sehr schwach. In diesem Fall wäre die Konformationsänderung der Moleküle von Vorteil.

Andererseits könnte die Konformationsänderung des Polymers und die resultierende Änderung der Oberflächenspannung auch der Grund für das Versagen einiger Silikone nach längerer Expositionszeit sein. Aus dieser Überlegung ergab sich das Bestreben, die Hydrophobie der Substratoberflächen konstant zu halten. Das erreichten z. B. BERGLIN et al. (2001) durch die Fluorierung von Silikonen. Dennoch erhöhte sich auch hier mit zunehmender Expositionszeit die Besiedlung der Beschichtungen durch Seepockenlarven.

Gleichzeitig kann durch die Fluorierung von Silikonen die Oberflächenspannung gesenkt werden. Durch die Senkung der CST verringert sich, wie oben angesprochen, die Benetzungsfähigkeit des Substrats. Die Benetzung ist für die Adsorptionsfähigkeit eines Klebstoffes von Bedeutung. Eine unvollständige Benetzung eines Substrats hat Klebfehlstellen zufolge. Diese Fehlstellen können sich bei mechanischer Belastung erweitern und zur Ablösung führen. Desweiteren wird durch eine schlechtere Benetzung die thermodynamische Arbeit der Adhäsion (DUPRÉ 1869) verringert. Aus diesem Zusammenhang heraus erhoffte man sich durch die Senkung der Oberflächenspannung eine Steigerung der Antihafwirkung. LINDNER (1992) zeigte, dass innerhalb einer zweimonatigen Testphase einige perfluorierte Oberflächen mit Spannungen unterhalb der des Balanidzements (12 mN/m) die Ansiedlung von Larven verhinderten. Jedoch erwiesen sich Antihafbeschichtungen dieses Typs (teflonhaltige Beschichtungen) in der Praxis als unwirksam (DAEHNE et al. 2000), da es bisher nicht möglich ist eine geschlossene Teflonoberfläche oder perfluorierte Beschichtung technisch und ökonomisch vertretbar aufzubringen.

Die bisherigen Erfahrungen zeigten, dass durch die bloße Senkung der Oberflächenspannung die thermodynamische Adhäsionsarbeit nicht genügend gesenkt werden kann, um Oberflächen bewuchsfrei zu halten. Es ist deshalb von Vorteil, wenn die Beschichtung die Ausweitung von Klebfehlstellen und somit die Ablösung unterstützen kann. In diesem Sinne untersuchten KOHL & SINGER (1999) die Ablösung eines starren epoxigebundenen Körpers von einer Silikonbeschichtung. Sie beobachteten, dass bei Einwirkung einer Scherkraft die Ablösung an einer Schwachstelle beginnt und sich von dort aus fortsetzt. Je elastischer (niedriges Elastizitätsmodul) und dicker das Substrat ist, desto besser ist die Unterstützungsfunktion des Prozesses. Dieses Prinzip wurde von KENDALL (1971) mit folgender Gleichung erstmals beschrieben:

$$P_c = \pi A^2 \left( \frac{2W_A K}{t} \right)^{\frac{1}{2}}$$

In der Gleichung ist die Kraft  $P_c$  (peel force), die notwendig ist, um den Körper abzuschälen, dargestellt in Abhängigkeit von der Kontaktfläche  $A$ , der thermodynamischen Adhäsionsarbeit  $W_A$ , dem Elastizitätsmodul der Beschichtung  $K$  und der Schichtdicke  $t$ . Dabei ist  $P_c$  proportional zu  $K$  und umgekehrt proportional zu  $t$ . Sie gilt unter der Bedingung, dass  $A / t \gg 1$ . Trifft diese Bedingung nicht zu, dann ist  $P_c$  unabhängig von der Dicke der Beschichtung.

Bisher wurde das Modell an realen Bewuchsverhältnissen (z. B. Seepocken) noch nicht hinreichend überprüft.

In Experimenten von SINGER et al. (2000) deutete sich an, dass Seepocken einem abweichenden Ablösungsmechanismus unterliegen. Die Ursache liegt in den andersartigen Eigenschaften des Klebsekrets der Seepocken im Vergleich zu Epoxiklebstoff. Desweiteren hängen die Art der Sezernierung des Seepockenzements sowie dessen Eigenschaften (Wassergehalt, Elastizität) stark von den Charakteristika des Substrats ab (WIEGEMANN & WATERMANN 2001b). Diese Variationen des Seepockenzements haben vermutlich substratspezifische Ablösungsmechanismen zur Folge.

Videoaufnahmen des Ablösungsvorganges von Seepocken, die auf PDMS hafteten, zeigten in einigen Fällen einen Schlupfeffekt (slippage) (BRADY & SINGER 2000). Dieser rein mechanische Vorgang, der weitaus weniger Energie beansprucht, umgeht in diesen Fällen den viscoelastischen Abschälprozess (BRADY & SINGER 2000).

Durch lose verknüpfte Seitenketten der Silikonmatrix kann eine instabile Oberfläche erzeugt werden und somit der Schlupfeffekt gefördert werden. Dieses Ziel versucht man auch durch Inkorporation von Silikonöl in die Silikonmatrix zu erreichen (MILNE 1977, MILNE & CALLOW 1985, MULLER et al. 1972, SHELL INTERNATIONAL RESEARCH 1981). Differenziertere Untersuchungen dazu liegen von EDWARDS et al. (1994) vor. Die gesteigerte Antifoulingwirkung konnte nur bei einigen Kombinationen von Polydimethylsiloxan- oder Polydimethyldiphenylsiloxan-Öl mit einer Polydimethylsiloxan-Matrix beobachtet werden. Die Beimischung des niedrigviskosen Silikonöls verbesserte die Antifoulingeneigenschaft des Silikons. Der Effekt trat erst auf, wenn das Öl in entsprechenden Mengen (> 10 %) zugesetzt wurde, so dass eine Phasentrennung zur Bildung eines Oberflächenfilms führte. TRUBY et al. (2000) berichteten, dass das Zusetzen von nichtbindendem Öl (10 %) eine Verminderung der Haftkraft von Bewuchsorganismen bewirkte.

Allerdings ist die Verwendung von Silikonöl aus ökologischer Sicht nicht favorisierbar, da hier persistente Stoffe kontinuierlich abgegeben werden. Vielleicht könnten stattdessen abbaubare Stoffe, z. B. Isoparaffine, eingesetzt werden.

### 3.2 Weitere Antifoulingkonzepte

Ein wichtiger Aspekt bei der Anheftung von Makrofoulingorganismen ist der Biofilm. Das Verhalten von Bakterien – inklusive Biofilmformation – wird durch ein komplexes System chemischer Signale gesteuert, welches die Expression spezifischer Gene reguliert. Solche Signale bzw. Signalblocker, die die Biofilmformation inhibieren (Fuarone), werden bereits kommerziell eingesetzt (COSTERTON 2001). Die Steuerung der Bakterien über diese Komponenten ist zwar gegenüber den Methoden der Abtötung bereits ein erheblicher Fortschritt, doch sind Auswirkungen auf die Umwelt noch ungenügend erforscht (COSTERTON 2001).

Lange Zeit galt die Hypothese, dass Flächen ohne Mikrofoulingbedeckung nicht von Makrofouling-Organismen besiedelt werden. Diese Annahme erwies sich als falsch. Dennoch siedeln Balanidenlarven sich eher auf ausgereiften Biofilmen an als auf sich entwickelnden Biofilmen oder unbefilmten Oberflächen (THOMPSON et al. 1998). Die Biofilmorganismen, die die Fähigkeit besitzen, sich auf hydrophoben Oberflächen anzusiedeln, stellen somit eine „Haftvermittlung“ zwischen Makrobewuchs und Substrat dar. Eine spezielle Gruppe der Makrofauna, die auf Silikonbeschichtungen von Seepocken oft als „Haftvermittler“ besiedelt werden, sind Bryozoen. Diese lassen sich entgegen dem allgemeinen Trend vorzugsweise auf Substraten mit niedriger Oberflächenspannung nieder.

Sehr dicker Biofilm scheint hingegen eine haftungsvermindernde Wirkung auf Seepocken auszuüben. Beobachtungen von WIEGEMANN & WATERMANN (2001b) zeigten, dass der Seepockenzement auf einer biozidfreien selbstpolierenden Beschichtung mit mehr als 2 mm dickem Biofilm durch einen sehr hohen Wassergehalt und eine geringe Festigkeit charakterisiert war. Hier konnten Parallelen zu den Eigenschaften des Klebsekrets, das von Seepocken auf Silikonen erzeugt wurde, gezogen werden. Vermutet wurde, dass diese Eigenschaften auf eine verminderte Vernetzung der im Kleber enthaltenen Proteine zurückzuführen sind (WIEGEMANN & WATERMANN 2001b).

Biofouling stellt nicht nur ein Problem für künstliche Unterwasserflächen dar. Auch aquatische bodenlebende, sessile und freischwimmende Organismen müssen ihre Oberflächen von Bewuchs freihalten. Hierdurch verhindern sie sowohl Einschränkungen ihrer Lebensfunktionen (Atmung, Photosynthese, Schwimmfähigkeit etc.) als auch das Festsetzen und Eindringen von Krankheitserregern. In der Absicht, Wirkungsprinzipien natürlicher Phänomene zu erkennen und technisch umzusetzen, wurden und werden die Antifouling-Strategien einer großen Zahl mariner Lebewesen intensiv untersucht (siehe Review von WAHL 1998). Lebende Organismen setzen in aller Regel eine Kombination verschiedener Antifoulingstrategien (mechanisch, chemisch, physikalisch) ein (BECKER & WAHL 1996, WAHL 1998). In der technischen Entwicklung von umweltfreundlichen Antifoulingssystemen hat sich dieses Prinzip bisher nur sehr spärlich durchgesetzt. Dennoch könnte es wesentlich erfolgreicher sein als ein monofaktorielles System.

BAUM et al. (2000, 2001) verfolgen die Antifoulingmechanismen der Epidermis des Wals *Globicephala melas*. Das Antifoulingssystem besteht aus verschiedenen Komponenten: Zunächst wirkt ein Sekret der Epidermis der Anheftung von

potentiellen Besiedlern entgegen. In diesem Sekret enthaltene Enzyme zeigen hydrolytische Aktivität gegenüber haftvermittelnden Glykokonjugaten (BAUM et al. 2001). Eine unterstützende Antihafwirkung erhält die Walhaut durch eine spezifische Oberflächenstruktur im  $\mu\text{m}$ -Bereich (BAUM et al. 2000). Sollte es einem Besiedler doch gelingen, auf der Waloberfläche „Fuß zu fassen“, kann er durch die Abschuppung von Epidermiszellen wieder abgelöst werden. Das Springverhalten der Wale, das hohe Scherkräfte an der Walhaut erzeugt, unterstützt diesen Ablösungsprozess.

Die aufgezeigten Antifoulingkomponenten der Walhaut finden sich auch bei anderen Organismen wieder. Es ist bekannt, dass verschiedene Organismen wie Algen, Schwämme und Korallen sich durch Schleimüberzüge vor Bewuchs und vor dem Anheften von Krankheitserregern schützen. Ihr Vorteil besteht zudem darin, dass sie nachgewiesenermaßen z. B. Fischen ermöglichen, schneller zu schwimmen (ROSEN & CORNFORD 1971). Bewuchsschutzmittel in Form von Hydrogelen sind für die Sportschiffahrt im Handel, eignen sich wegen der mechanisch instabilen Eigenschaften und kurzen Standzeiten jedoch nicht für die Handelsschiffahrt.

Zusätzlich schützen sich die meisten marinen Organismen durch die Ausscheidung spezifisch wirkender bewuchsabweisender Substanzen. Besonders Korallen, Schwämme, Manteltiere, Moostierchen und Algen wurden daraufhin intensiv untersucht, aber auch Seesterne, Seegurken, Seeigel und Eikapseln von Haifischen, die über Monate im Meer bewuchsfrei bleiben, sind von Interesse. Eine der üblichsten Methoden besteht in der Extraktion von Abschlussgeweben, um in anschließenden Bioassays (Laborversuche mit den Larven von Bewuchsorganismen) die gewonnenen Extrakte auf ihre bewuchshemmende Wirkung zu testen. Mittlerweile sind eine Fülle von Substanzen bekannt, die biogen produziert werden: Halogenierte Furanone, Terpene und Phenole, des Weiteren Tannine, Acetylene, Lipidverbindungen etc. Häufig ist noch unklar, ob diese Stoffe von den Organismen selbst oder von symbiontischen Bakterien auf ihren Oberflächen produziert werden (CLARE 1996).

Doch ist dabei zu beachten, dass trotz der enormen Fülle von biogenen Substanzen mit bewuchshemmender Wirkung, die von der Mehrzahl der benthischen Organismen ausgeschieden werden, keine Anreicherungen im Meer oder Schädigungen von Nicht-Zielorganismen beobachtet wurden. Das beruht vor allem darauf, dass diese Substanzen nur bei Bedarf produziert werden und sehr kurzlebig sind.

Jedoch können bereits geringe Veränderungen der chemischen Struktur bei der synthetischen Herstellung die Abbaubarkeit erheblich vermindern. Damit wäre der Vorteil der biogenen Biozide gegenüber bisher gebäuchlichen synthetischen Bioziden nicht mehr gegeben. Aus diesem Grund wird gegenwärtig vor allem nach Substanzen gesucht, die von Bakterien erzeugt werden. Bakterien können in großen Mengen kultiviert und die Stoffwechselprodukte problemlos gewonnen werden (s.a. HOLMSTRÖM & KJELLEBERG 1994, STEINBERG et al. 1998).

Neben dem quantitativen Problem tragen natürliche Biozide zwei weitere Schwierigkeiten in sich: Die Substanzen sollten kein hohes toxisches Potenzial besitzen, sondern nur eine abweisende Wirkung auf die Larven von

Aufwuchsorganismen ausüben. Gleichzeitig ist aber eine Breitbandwirkung auf die wichtigsten Bewuchsorganismen gewünscht.

Eine aktuelle Forschungsrichtung verfolgt die hydrolytische Wirkung von Enzymen auf die Klebersubstanzen der Bewuchsorganismen (z.B. SCHNEIDER & ALLERMANN 2001) – wie oben bei der Walhaut beschrieben. Enzymhaltige Antifoulingprodukte finden bereits für Kühlkreisläufe Anwendung.

Weitere potenzielle Antifoulingwirkstoffe könnten in Neurotransmittern bestehen, die das Ansiedlungsverhalten der Besiedler stören. Diese Wirkung konnte für Katemine an Seepockenlarven bereits nachgewiesen werden (DAHLSTRÖM 2001).

Biozide werden als Antifoulingwirkstoff in Kombination mit selbstpolierenden, ablativen oder selbsterodierenden Beschichtungen eingesetzt. Auch biozidfreie selbstpolierende Beschichtungen sind auf dem Markt erhältlich (siehe Abschnitt 2.1.). Diese Systeme erreichen jedoch noch keine Standzeiten von fünf Jahren. Dazu wären enorme Schichtdicken notwendig, die aufgrund der geringen Kohäsion der Farbpartikel nicht möglich sind. Der verminderte Zusammenhalt der Partikel ist wiederum notwendig, um einen entsprechenden Poliereffekt zu gewährleisten. Farbsysteme die aus mehreren Schichten unterschiedlicher Kohäsion bestehen, wobei die Schichten zur Oberfläche hin weicher werden und somit eine höhere Polierate zulassen, erwiesen sich als aussichtsreich (DAEHNE et al. 2002).

Als Vorbild für diesen Beschichtungstyp ist das Prinzip der regenerierbaren Oberflächen in der Meeresumwelt nicht nur an Walhäuten und anderen Meeres-säugetern, sondern auch an Algen, Korallen und Krebsen, die sich regelmäßig häuten oder schuppen, wiederzufinden.

Einen erheblichen Einfluss scheint auch die Oberflächenstruktur bzw. Mikrorauigkeit auf die Besiedlungsfähigkeit auszuüben.

Mikrostrukturen sind besonders für die Entwicklung von Antihaft-Beschichtungen von Interesse, da es bei einigen Produkten möglich wäre, sie mit einer spezifischen Oberflächenstruktur zu applizieren. Allerdings können diese Feinstrukturen auf Schiffsrümpfen von deren Eigenstruktur (Schweißnähte, Unebenheiten durch Korrosion, Schleifspuren durch Ankerketten etc.) überlagert werden.

Ein populäres Beispiel für die Funktionalität mikrostrukturierter Oberflächen ist der Lotus-Effekt (BARTHLOTT 1992) – entdeckt an der gleichnamigen Pflanze (lat. *Nelumbo nucifera*). Ursache des Effektes ist die mit Mikrostrukturen versehene epikutikuläre Wachsschicht der Oberfläche. Wassertropfen haften schlecht auf diesem Substrat, rollen ab und nehmen dabei Schmutzpartikel mit sich. Da der Effekt nur mit Hilfe der Oberflächenspannung des Wassertropfens funktioniert, sind Lotusoberflächen unter Wasser nicht einsetzbar.

Bei der Betrachtung der existierenden Veröffentlichungen zu Besiedlungsversuchen in Abhängigkeit von der Oberflächenstruktur zeigt sich, dass die Ergebnisse je nach der Stärke des gewählten Bereiches der Rauigkeit variieren. HILLS & THOMASON (1998a, 1998b), die Oberflächen mit Rauigkeitskomponenten zwischen 0,5 mm und 4 mm testeten, berichten, dass sich eine klare Tendenz zur

stärkeren Besiedelung rauer Oberflächen durch Seepocken zeigte. Die Autoren vermuten als Ursache für diesen Effekt, dass Strukturen dieser Größe, die in etwa der Körpergröße der siedelnden Larven (0,5-2 mm) entsprechen, den Organismen geeigneten Schutz vor Scherkräften bieten. Ähnliche Ergebnisse erzielten KÖHLER et al. (1999) bei Experimenten mit Rauigkeiten zwischen 0,1 und 5 mm, wobei sich für verschiedene Organismengruppen artspezifische Präferenzen hinsichtlich der Substratrauigkeit ergaben.

Einen negativen Effekt auf die Besiedlungsfähigkeit eines Substrats durch Seepockenlarven scheint jedoch die Mikrorauigkeit der Oberfläche zu besitzen. In Versuchen mit jungen Miesmuscheln zeigte sich, dass deren mikrorauere Schalenstruktur wesentlich zum Schutz vor Besiedlung durch Seepocken beiträgt (WAHL 1998).

Wenige Untersuchungen beschäftigten sich bisher mit Makrofoulingphänomenen auf mikrostrukturierten Oberflächen unterhalb des mm-Bereichs. Doch werden die Haftung beeinflussende Strukturen vermutlich unterhalb von 150 µm liegen, da die Anheftungsstelle der Cyprislarve auf annähernd dieses Ausmaß begrenzt ist.

LE TOURNEUX & BOURGET (1988) verglichen Heterogenitäten (1-300 µm) natürlicher Oberflächen und stellten fest, dass sich die bevorzugten Besiedlungsflächen durch stärkere Unregelmäßigkeiten auszeichneten. Diese Ergebnisse widersprechen denen von HOLMES et al. (1997), die Besiedlungsexperimente auf verschiedenen Typen natürlichen Gesteins durchführten. Dabei stellten sie entgegen den obigen Ergebnissen eine signifikant stärkere Besiedlung des Gesteins mit einer Korngröße von ca. 100 µm fest. Bei diesen Experimenten könnten andere, je nach Substrat variierende physiko-chemische Eigenschaften zu den Ergebnisunterschieden geführt haben.

Zu einem dritten Resultat kamen ANDERSSON et al. (1999) durch Versuche mit mikrostrukturierten (50-100 µm) Silikonen (PDMS). Die rauen PDMS-Oberflächen wurden weniger stark besiedelt als die mikroskopisch glatten Vergleichsflächen. Ein entscheidender Unterschied in den Versuchsanordnungen bestand eventuell darin, dass das Oberflächenprofil der Silikone gegenüber dem der natürlichen Substrate eine ausgeprägte 3-Dimensionalität besaß.

Unabhängig von der Bewuchsproblematik im aquatischen Milieu studierte man im medizinischen Bereich bereits seit den 80er Jahren den Einfluss von Mikrostrukturen auf zellulärer Ebene, z. B. BRUNETTE et al. (1983), BRUNETTE (1986), CHEHUROUDI et al. (1988), CLARK et al. (1987), SZYCHER et al. (1980). SCHMIDT & RECUM (1991) beobachteten in einer Studie an mikrotexturiertem Implantatmaterial auf Silikonbasis ein geringeres Zellwachstum an Oberflächen mit 2-5 µm großen Strukturen als an 8 µm-strukturierten Oberflächen. Vermutlich sind die Größendimensionen zwischen dem betrachteten Organismus und der Oberflächenstruktur entscheidend für die Besiedlungsfähigkeit.

Eine anderes Bewuchsschutzkonzept gründet sich auf der Überlegung, dass plötzliche Wechsel der Lebensbedingungen jedem Organismus Probleme bereiten. Ein Beispiel sind die oben bereits erwähnten Salinitätsschwankungen, die man sich

bei Schiffen mit einer entsprechenden Operationsroute zunutze macht. Eine weitere Methode ist die elektronisch gesteuerte Änderung des pH-Wertes am Schiffsrumpf. Dabei wird durch die Induktion von Gleichstrom auf der Schiffsaußenhaut die Elektrolyse des umgebenden Wassers (im  $\mu\text{m}$ -Bereich) eingeleitet, was eine Verschiebung des Säuregrads zur Folge hat (SANDROCK & SCHARF 1997). Der Vorteil dieses Systems, das sich in der Testphase befindet, besteht darin, dass der Bewuchsschutz nach Bedarf eingeschaltet werden kann. Allerdings ist die Applikation der speziellen Beschichtungen sehr kostenintensiv.

Eine weitere biozidfreie Bewuchsschutzvariante, die in der Vergangenheit verfolgt wurde, ist die Aussendung akustischer Wellen, die durch die Erzeugung von Turbulenzen an der Substrat-Wasser-Grenzschicht die Ansiedlung von Larven verhindern sollen.

Der Blick in die Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Ansiedlung von Organismen zeigt, dass die realen Vorgänge hochkomplex sind. Zu berücksichtigen sind u. a. Substrat, Strömungsbedingungen, Temperatur, Licht, Interaktionen zwischen den Mikrofilm-Organismen, Interaktionen zwischen den Makrofouling-Larven, sowie die Interaktionen zwischen noch nicht angesiedelten und bereits angesiedelten Larven. Die Larven von Makrofouling-Organismen sind zu erstaunlichen Sinnesleistungen bei der Auswahl der Substrate befähigt. Sie reagieren auf Licht, Schwerkraft, mechanische und chemische Stimuli und sind in der Lage, Schwingungen und physiko-chemische Oberflächeneigenschaften wahrzunehmen.

## **4 Zusammenfassung**

Beschichtungen, die ein oder mehrere aktive Biozide inkorporieren dominieren derzeit den Markt. Das Konzept der selbstpolierenden Copolymere ist nun auf der Basis von Kupfer (statt TBT) in Verbindung mit Cobioziden sehr erfolgreich. Jedoch führt die zunehmende Regulierung der Anwendung von Bioziden hin zur Entwicklung umweltfreundlicher Bewuchsschutzsysteme. Biozidfreie Produkte, insbesondere Antihafbeschichtungen, sind bereits auf dem Weltmarkt vertreten. Eine wichtige Forschungsrichtung ist deshalb die Weiterentwicklung des Antihafkonzepts. Die Problematik der Adhäsionsmechanismen der Bewuchsorganismen ist noch nicht geklärt.

In diesem Sinne fördert die Deutsche Bundesstiftung Umwelt im Rahmen des Ostseeschwerpunktes eine Promotionsarbeit zu den Haftmechanismen von Balaniden.

## Literatur

- ANDERSSON, M., BERTSSON, K., JONSSON, P. & GATENHOLM, P. (1999): Microtextured surfaces: towards macrofouling resistant coatings. – *Biofouling*, 14 (2): 167-178.
- ARNOLD, D. E. J. (2002): The challenge of converting from tin to tin-free antifoulings. – [In:] TBT-freie Antifoulinganstriche für die Seeschifffahrt. Tagungsband der WWF Veranstaltung am 3. Juni 2002, Abstract: 8-9; Frankfurt (Umweltstiftung WWF-Deutschland).
- BARTHLOTT, W. (1992): Die Selbstreinigungsfähigkeit pflanzlicher Oberflächen durch Epicuticularwachse. – [In:] Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn (ed.): Klima- und Umweltforschung der Universität Bonn: 117-120.
- BAIER, R. E. (1973): Influence of the initial surface condition of materials on bioadhesion. – [In:] ACKER, R. F., BROWN, B. F., DEPALMA, J. R. & IVERSON, W. P. (eds.): Proceedings of the 3rd international congress on marine corrosion and fouling: 633-639; Gaithersburg (National Bureau of standards).
- BAUM, C., MEYER, W., ROESSNER, D., SIEBERS, D. & FLEISCHER, L. G. (2001): A zymogel enhances the self-cleaning abilities of the skin of the pilot whale (*Globicephala melas*). – *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, 130: 835-847.
- BAUM, C., STELZER, R., MEYER, W., SIEBERS, D. & FLEISCHER, L. G. (2000): A cryo-scanning electron microscopy study of the skin surface of the pilot whale *Globicephala melas*. – *Aquatic Mammals*, 26: 7-16.
- BECKER, K. & WAHL, M. (1996): Behaviour patterns as natural antifouling mechanisms of tropical marine crabs. – *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 203: 245-258.
- BERGLIN, M., JOHNSTON, E., WYNNE, K. & GATENHOLM, P. (2001): Fluorinated silicone coatings with controlled surface chemistry and microstructure. Fluorinated surfaces, coatings and films. – [In:] CASTNER, D. G. & GRAINGER, D. W. (eds.): ACS Symposium Series 787: 96-111; Oxford (University Press).
- BRADY, R. F. & SINGER, I. L. (2000): Mechanical factors favoring release from fouling release coatings. – *Biofouling*, 15 (1-3): 73-81.
- BRUNETTE, D. M. (1986): Fibroblasts on micromachined substrata orient hierarchically to grooves of different dimensions. – *Experimental Cell Research*, 164: 11-26.
- BRUNETTE, D. M., KENNER, G. S. & GOULD, T. R. L. (1983): Grooved titanium surfaces orient growth and migration of cells from human gingival explants. – *Journal of Dental Research*, 62 (10): 1045-1048.
- CHAPMAN, R. (2002): Selecting a suitable tin-free antifouling - How ship operators can learn from the Japanese experience. – [In:] TBT-freie Antifoulinganstriche für die Seeschifffahrt. Tagungsband der WWF Veranstaltung am 3. Juni 2002, Abstract: 11; Frankfurt (Umweltstiftung WWF-Deutschland).
- CHEHUROUDI, B., GOULD, T. R. & BRUNETTE, D. M. (1988): Effects of a grooved epoxy substratum on epithelial cell behavior in vitro and in vivo. – *Journal of Biomedical Material Research*, 22: 459-473.
- CLARE, A. S. (1996): Marine natural product antifoulants: status and potential. – *Biofouling*, 9 (3): 211-229.
- CLARK, P., CONNOLLY, P., CURTIS, A. S. G., DOW, J. A. T. & WILKINSON, C. D. W. (1987): Topographical control of cell behavior. – *Development*, 99: 439-448.
- COSTERTON, J. W. (2001): Why kill bacteria when we can now persuade them to behave? – Workshop on environmentally friendly marine coatings. Göteborg, Sweden. Abstract, <http://www.brc.org.gu.se/marinworkshop/abstracts.pdf>, 31.05.02.
- DAEHNE, B., WATERMANN, B., HAASE, M., MICHAELIS, H., ISENSEE, J. & JAKOBS, R. (2000): Alternativen zu TBT - Erprobung von umweltverträglichen Antifoulinganstrichen auf Küstenschiffen im niedersächsischen Wattenmeer. – 169 S.; Bremen (Umweltstiftung WWF-Deutschland).
- DAEHNE, B., WATERMANN, B., MICHAELIS, H., SIEVERS, S., DANNENBERG, R., WIEGEMANN, M. & SEVERIN, T. (2002): Performance of biocide-free antifouling paints. Trials on deep-sea going vessels. Volume 2. – 88 S.; Frankfurt (Umweltstiftung WWF-Deutschland).
- DAHLSTRÖM, M. (2001): Catemines as settlement inhibitors - surface affinity, field assessment and slow release. – Workshop on environmentally friendly marine coatings. Göteborg, Sweden. Abstract, <http://www.brc.org.gu.se/marinworkshop/abstracts.pdf>, 31.05.02.
- DUPRÉ, A. (1869): Théorie mécanique de la Chaleur. 369 p; Paris (Gauthier-Villars).

- EDWARDS, D. P., NEVELL, T. G., PLUNKETT, B. A. & OCHILTREE, B. C. (1994): Resistance to marine fouling on elastomeric coatings of some poly(dimethylsiloxanes) and poly(dimethyldiphenylsiloxanes). – International Journal of Biodeterioration and Biodegradation: 349-359.
- ESTARLICH, F. F., LEWEY, S. A., NEVELL, T. G., THORPE A. A., TSIBOUKLIS, J., UPTON, A. C. (2000): The surface properties of some silicone and fluorosilicone coating materials immersed in seawater. – Biofouling, 16: 263-275.
- GUREZKA, M. (2002): Bindemitteltechnologie zinnfreier Antifoulingfarben. - [In:] TBT-freie Antifoulinganstriche für die Seeschifffahrt. Tagungsband der WWF Veranstaltung am 3. Juni 2002, Abstract: 6-7; Frankfurt (Umweltstiftung WWF-Deutschland).
- HILLS, J. M. & THOMASON, J. C. (1998a): The effect of scales of surface roughness on the settlement of barnacle (*Semibalanus balanoides*) cyprids. – Biofouling, 12 (1-3): 57-69.
- HILLS, J. M. & THOMASON, J. C. (1998b): On the effect of tile size and surface texture on recruitment pattern and density of the barnacle (*Semibalanus balanoides*). – Biofouling, 13 (1): 31-50.
- HOLM, E. R. (1990): Settlement site choice in the barnacle *Balanus amphitrite*, demographic and evolutionary consequences. – PhD dissertation, Duke University.
- HOLMES, S. P., STURGESS, C., J. & DAVIES, M. S. (1997): The effect of rock-type on the settlement of *Balanus balanoides* (L.) cyprids. – Biofouling, 11 (2): 137-147.
- HOLMSTRÖM, C. & KJELLEBERG, S. (1994): The effect of external biological factors on settlement of marine invertebrate and new antifouling technology. – Biofouling, 8: 147-160.
- JONES, D. F. (1999): Meeresbewuchs durch Antifouling-Beschichtungen und Unterwasserschiffkörper-Reinigung kontrollieren. – Protective Coatings Europe, 4 (11): D1-D8.
- KENDALL, K. (1971): The adhesion and surface energy of elastic solids. – Journal of physics, D, 4: 1186-1195.
- KÖHLER, J., HANSEN, P. D. & WAHL, M. (1999): Colonization patterns at the substratum-water interface: How does surface microtopography influence recruitment patterns of sessile organisms? – Biofouling, 14 (3): 237-248.
- KOHL, J. G. & SINGER, I. L. (1999): Pull-off behavior of epoxy bonded to silicone duplex coatings. – Progress in organic coatings, 36: 15-20.
- LINDNER, E. (1992): A low surface free energy approach in the control of marine biofouling. – Biofouling, 6: 193-205.
- MILNE, A. (1977): Coated marine surfaces. – GB Patent Specification 1470465, 14/03/1977.
- MILNE, A. & CALLOW, M. E. (1985): Non-biocidal antifouling processes. - [In:] R. SMITH (ed.): Transaction of the Institute of Marine Engineers (C): Polymers in the marine environment, 87: 229-233.
- MULLER, W. J., NOWACKI, L.J. & LOUIS, J. (1972): Ship's hull coated with antifouling silicone rubber. – US Patent Specification 3702778, 14/11/1972.
- NEVELL, T. G., EDWARDS, D. P., DAVIS, A. J. & PULLIN, R. A. (1996): The surface properties of silicone elastomers exposed to seawater. – Biofouling, 10(1-3): 199-212.
- RAYNER, A. (2002): Antifouling ohne TBT. – [In:] TBT-freie Antifoulinganstriche für die Seeschifffahrt. Tagungsband der WWF Veranstaltung am 3. Juni 2002, Abstract: 10; Frankfurt (Umweltstiftung WWF-Deutschland).
- ROSEN, M. W. & CORNFORD, N. E. (1971): Fluid friction of fish slimes. – Nature, (234) 5: 49-51.
- SANDROCK, S. & SCHARF, E.-M. (1997): Antifoulingforschung in Rostock. – DGM-Mitteilungen, 4/1997: 21-23.
- SCHMIDT, J. A. & VON RECUM, A. F. (1991): Texturing of polymer surfaces at the cellular level. – Biomaterials, 12: 385-389.
- SCHNEIDER, I. & ALLERMANN, K. (2001): Enzymes as antifouling agents. – Workshop on environmentally friendly marine coatings. Göteborg, Sweden. Abstract, <http://www.brc.org.gu.se/marinworkshop/abstracts.pdf>, 31.05.02.
- SHELL INTERNATIONAL RESEARCH (1981): Coated Marine Structures. – European Patent Specification 0032597, 29/07/1981.
- SINGER, I. L., KOHL, J. G. & PATTERSON, M. (2000): Mechanical aspects of silicone coatings for hard foulant control. Biofouling, 16 (2-4): 301-309.
- SWAIN, G., W. & SCHULTZ, M. P. (1996): The testing and evaluation of non-toxic antifouling coatings. – Biofouling, 10: 187-197.
- SZYCHER, M., POIRIER, V., BURORHARD, W. F., FRENZBLAU, C., HAUDENSCHILD, C. C. & TOSELLI, P. (1980): Integrally textured polymeric surfaces for permanently implantable cardiac assist devices. – ASAIO Trans XXVI: 470-474.

- STEINBERG, P. D., DE NYS, R. & KJELLEBERG, S. (1998): Chemical inhibition of epibiota by Australian seaweeds. – *Biofouling*, 12 (1-3): 227-244.
- THOMPSON, R. C., NORTON, T. A. & HAWKINS, S. J. (1998): The influence of epilithic microbial films on the settlement of *Semibalanus balanoides* cyprids - a comparison between laboratory and field experiments. – *Hydrobiologia*, 375/376: 203-216.
- TOURNEUX, L. F. LE & BOURGET, E. (1988): Importance of physical and biological settlement cues used at different spatial scales by the larvae of *Semibalanus balanoides*. – *Journal of Marine Biology*, 97: 57-66.
- TRUBY, K., WOOD, C., STEIN, J., CELLA, J., CARPENTER, J., KAVANAGH, C., SWAIN G., WIEBE, D., LAPOTA, D., MEYER, A., HOLM, E., WENDT, D., SMITH, C. & MONTEMARANO, J. (2000): Evaluation of the performance enhancement of silicone biofouling-release coatings by oil incorporation. – *Biofouling*, 15 (1-3): 141-150.
- WAHL, M. (1998): Living attached: Aufwuchs, Fouling Epibiosis. – [In:] NAGABUSHANAM, R. & THOMPSON, M.F. (eds.): *Fouling organisms of the Indian Ocean: Biology and Control Technology*: 31-83; New Delhi.
- WATERMANN, B. (1997): Novel antifouling techniques - present and future. – *Deutsche Hydrographische Zeitschrift, Suppl.*, 7: 99-105.
- WATERMANN, B., BERGER, H.-D., SÖNNICHSEN, H. & WILLEMSEN, P. (1997): Performance and effectiveness of non-stick coatings in seawater. – *Biofouling*, 11 (2): 101 - 118.
- WATERMANN, B. (1999): *Antifouling in Europa*. – 24 S.; Konstanz (Bodensee-Stiftung).
- WATERMANN, B. (2001): *Umweltfreundliche Beschichtungen: Was kommt nach dem TBT-Verbot 2003*. – *Schiff & Hafen*, 10: 43-46; Hamburg.
- WATERMANN, B., DAEHNE, B., MICHAELIS, H., SIEVERS, S., DANNENBERG, R., WIEGEMANN, M. & SEVERIN, T. (2001): Performance of biocide-free antifouling paints. Trials on deep-sea going vessels. Volume 1. – 102 S.; Frankfurt (Umweltstiftung WWF-Deutschland).
- WIEGEMANN, M. & WATERMANN, B. (2001a): *Erfahrungen mit TBT-freien Anstrichen - Akzeptanz von TBT-freien Antifoulingfarben bei deutschen Reedern und Werften*. – 26 S.; Frankfurt am Main (WWF Deutschland).
- WIEGEMANN, M. & WATERMANN, B. (2001b): Observations on the interface barnacles/ fouling-release coatings. – Workshop on environmentally friendly marine coatings. Göteborg, Sweden. Abstract, <http://www.brc.org.gu.se/marinworkshop/abstracts.pdf>, 31.05.02.

#### Autoren:

Maja Wiegemann<sup>1,2</sup> & Burkard Watermann<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Labor LimnoMar  
Bei der Neuen Münze 11  
D-22145 Hamburg

E-mail: [maja.wiegemann@limnomar.de](mailto:maja.wiegemann@limnomar.de)

<sup>2</sup> Zoologisches Institut und Museum  
E.-M.-Arndt-Universität Greifswald  
Bachstr. 11/12  
D-17489 Greifswald





Martin FEIKE; Andrea FECHTER & Melanie MÄDEL

## **Einfluss von *Platorchestia platensis* (KRÖYER) auf die Abbaugeschwindigkeit von *Zostera marina* L. und den Kohlenstofffluss in das Sediment**

**Effects of *Platorchestia platensis* (KRÖYER) on the rate of degradation of stranded *Zostera marina* L. and the carbon flux into the sediment**

### **Abstract**

Simple laboratory studies were undertaken to investigate the influence of *Platorchestia platensis* on the decomposition rate of fresh leaves of *Zostera marina* under terrestrial conditions. After three weeks, the loss of *Zostera marina* (dry weight) was 66 % in the mesocosms with animals and 15 % in the mesocosms without animals. The experiments with amphipods showed a significant increase of organic material in the first centimeter of sediment under the seagrass. 19 % of loss of organic carbon from seagrass was found in the upper two centimeters of sediment. Hence, the effect of grazing by terrestrial amphipods is important in the degradation of stranded *Zostera marina* and may entail changes in the microbial and meiofaunal activities in the sediment.

**Keywords:** *Platorchestia platensis*, Amphipoda, *Zostera marina*, decomposition rate, carbon flux, beach, Baltic Sea, Mecklenburg

## **1 Einleitung**

Talitride Amphipoden gehören zu den ersten Vertretern der Makrofauna, die frisch an den Strand gespülte Anhäufungen mariner Makrophyten besiedeln (GRIFFITHS & STENTON-DOZEY 1981; INGLIS 1989). An den Küsten der Ostsee ist die sich in zunehmender Ausbreitung (DÜRKOP 1934; PERSSON 2001) befindliche Art *Platorchestia platensis* (KRÖYER) ein typischer Vertreter dieser terrestrischen Amphipoden. Die Art kann im Strandanwurf in sehr hohen Abundanzen auftreten - BEHBEHANI & CROKER (1982) konnten in New England Abundanzen von bis zu 176000 Tieren pro m<sup>2</sup> ermitteln. In ökologischen Untersuchungen von REMMERT (1960) war *Platorchestia platensis* die einzige Art, die frische, lebende Pflanzen direkt anzugreifen vermochte. Trotz dieser Kenntnisse wurden bisher noch keine Untersuchungen vorgenommen, wie abundant diese Art an den Sandstränden der südlichen Ostseeküste ist und inwieweit sie hier die Dynamik des Abbaues

angeschwemmter Makrophyten beeinflusst. Es kann vermutet werden, dass *Platorchestia platensis* zu einer erhöhten Abbaurate von Strandanwurf beiträgt und seine Grabaktivitäten auch zu einem beschleunigten Eintrag organischen Materials in das Sediment führen. Zur Klärung dieser Fragen wurden einfache Experimente mit frischen *Zostera marina*-Blättern durchgeführt, deren Ergebnisse hier vorgestellt und diskutiert werden.

## 2 Material und Methode

Es wurden insgesamt 10 Glasbecken mit einer Grundfläche von 18 x 24 cm in Fensternähe bei ca. 23°C aufgestellt und makrofaunafreier Strandsand bis zu einer Höhe von 5cm eingebracht. Jeweils die Hälfte jedes Beckens wurde mit einer Seegrasauflage (*Zostera marina*) von 50 g Feuchtgewicht (entspricht 24 g Trockengewicht) versehen, während die andere Hälfte ohne Seegrasauflage verblieb. Das Seegras wurde am Tage zuvor direkt aus dem Biotop (Salzhaff bei Boiensdorf, südliche Ostsee) entnommen, um eine einheitliche Qualität des Materials sicherzustellen und die Situation von frisch an den Strand gespülten Seegrases zu simulieren.

In fünf Becken wurden je 40 Tiere von *Platorchestia platensis* eingesetzt, welche zwei Tage zuvor am Strand von Warnemünde per Hand einzeln gefangen und mit etwas Anwurfmaterial gehältert wurden. Eine Gaze verhinderte das Entweichen der Tiere. Die anderen fünf Becken verblieben ohne Tierbesatz als Kontrolle. Auf diese Weise entstanden vier unterschiedliche Versuchsflächen: Flächen mit Tieren (Experiment) oder ohne Tiere (Kontrolle) kombiniert mit seegrasbedeckten Flächen (Anwurfflächen) sowie seegrasfreien Flächen (Sandflächen).

Durch Vergleich von Trockengewicht zu Feuchtgewicht des Sandes ermittelte Schwankungen im Wassergehalt des Sedimentes (8-18 % des Feuchtgewichtes) ließen sich trotz täglicher, differenzierter Biotopwasserzugabe zum Sediment im Versuchszeitraum und zwischen den Ansätzen nicht vollständig vermeiden. Ein Besprühen des Seegrases mit Biotopwasser alle zwei Tage konnte eine Abnahme des Feuchtigkeitsgehaltes des Seegrases während des Versuchszeitraumes nicht kompensieren. Nach jeweils einer Woche wurden zwei (erste Woche) bzw. vier (zweite und dritte Woche) Ansätze analysiert und anschließend abgebrochen.

Der Kohlenstoffgehalt von unter gleichen Bedingungen drei Wochen gealterten Seegrases wurde mit einem CN-Analyser der Firma CE Instruments, Modell NC 2500, bestimmt. Die Abnahme des Seegrases wurde wöchentlich durch Bestimmung von Feucht- und Trockengewicht ermittelt. Dabei wurde das Material auch auf das Vorhandensein von Fraßspuren untersucht. Zur Ermittlung des Gehaltes an organischem Kohlenstoff in verschiedenen Tiefenhorizonten des Sedimentes wurden aus jedem Ansatz mit Hilfe eines Stechrohres (Ø 3 cm) pro Fläche drei Sedimentproben entnommen und die gewonnenen Kerne in 1 cm-Schichten aufgeteilt. An diesen Sedimentscheiben erfolgte die Bestimmung des Feuchtgewichtes (FG), Trockengewichtes (TG) sowie durch Vermuffelung im

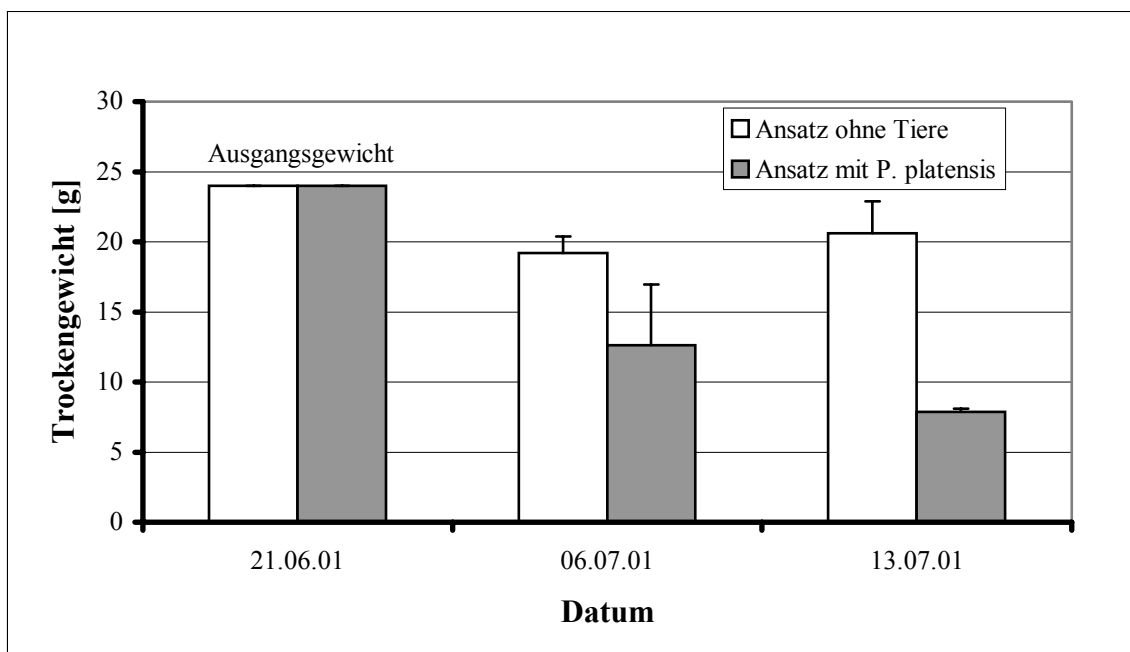
Muffelofen bei 540°C die Bestimmung des aschefreien Trockengewichtes (AFTG). Es wurde von einem Anteil von 50 % Kohlenstoff am AFTG ausgegangen.

Zur eindeutigen Feststellung, ob *Platorchestia platensis* tatsächlich in der Lage ist, *Zostera marina*-Blätter mechanisch anzugreifen, wurden einzelne Tiere (N = 5) in 10 ml-Rollrandgläsern mit jeweils ca. 1 cm<sup>3</sup> Strandsand und einem 2 cm langen Blattstückchen von *Zostera marina* isoliert und über mehrere Tage hinweg beobachtet.

Zur statistischen Absicherung der Aussagen zum Gehalt an organischem Kohlenstoff im Sediment wurde zunächst der H-Test nach KRUSKALL-WALLIS verwendet, um festzustellen, ob sich innerhalb der vier Ansätze zu den drei Zeitpunkten signifikante Unterschiede zeigten. Mit Hilfe des NEMENYI-Testes (Beschreibung beider Testverfahren in LOZÁN & KAUSCH 1998) wurde anschließend festgestellt, welche Ansätze/Zeitpunkte sich signifikant unterschieden.

### 3 Ergebnisse

Die Seegrasmenge nahm in den Ansätzen mit *Platorchestia platensis* über den dreiwöchigen Versuchszeitraum bis auf 33 % (TG) ab, während in den Ansätzen ohne Tierbesatz nur eine geringe Abnahme auf rund 85 % zu verzeichnen war (Abb. 1). Zwischen der zweiten und dritten Versuchswoche war keine Abnahme mehr zu beobachten.



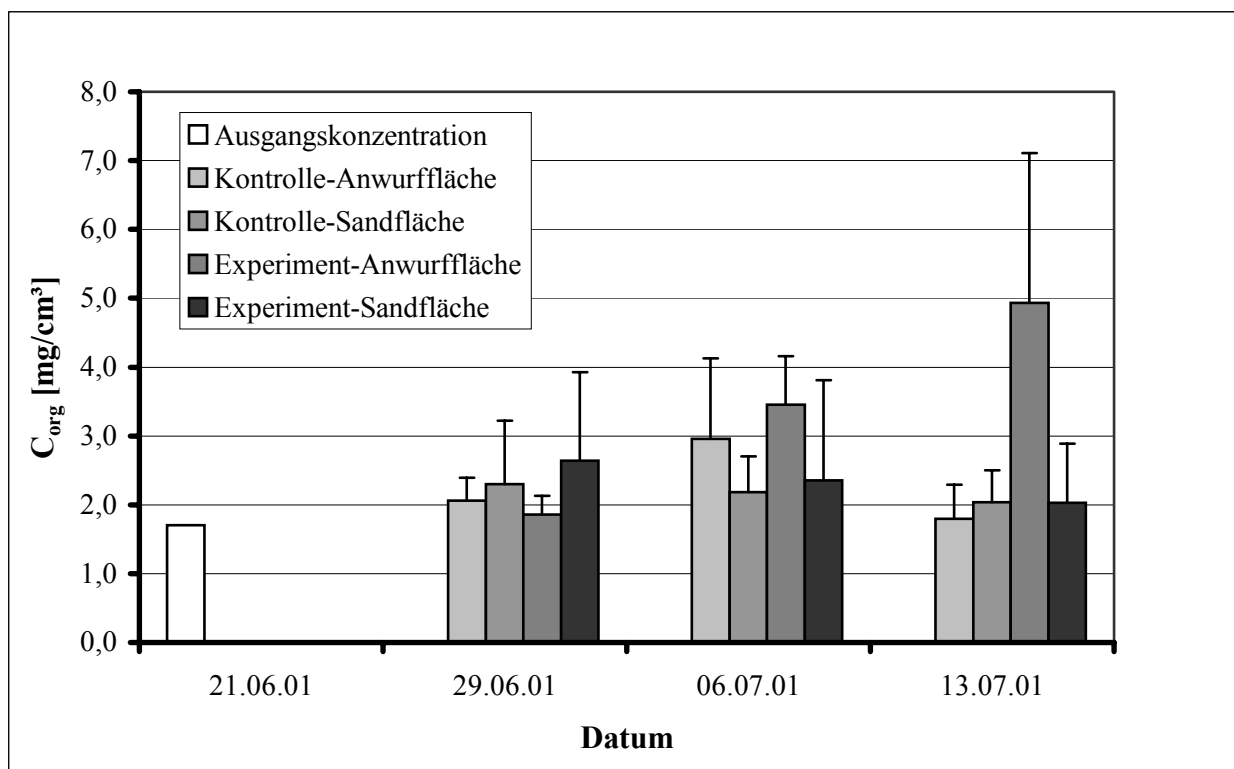
**Abb. 1** Abnahme des Seegrases (Trockengewicht) im dreiwöchigen Versuchszeitraum mit und ohne Tierbesatz. Die Fehlerbalken markieren die Standardabweichung

In den beiden nach drei Wochen abgebrochenen Kontrollansätzen wurden im Mittel sogar leicht höhere Trockengewichte als in den nach zwei Wochen beendeten Kontrollansätzen gefunden.

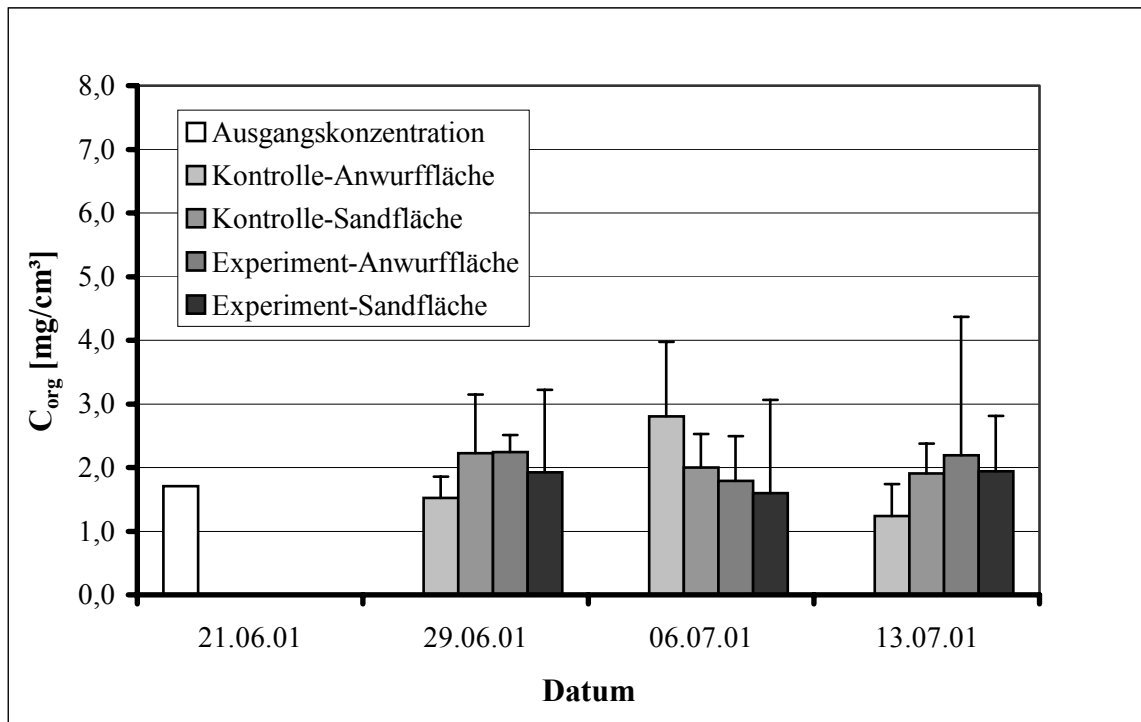
Am Seegras aus den Versuchsansätzen waren keine Spuren mechanischer Zerkleinerung zu finden, die sich zweifelsfrei auf die Fraßtätigkeit von *Platorchestia platensis* zurückführen ließen. Eine völlige mechanische Zerschredderung des Materials, wie sie REMMERT (1960) für *Laminaria*-Thalli beschrieb, war hier nicht zu beobachten.

Im Gegensatz dazu stehen die Beobachtungen an den isolierten Tieren. Hier waren die 2 cm-Blattstückchen von *Zostera marina* spätestens nach 5 Tagen vollständig zerkleinert und in das Sediment eingegraben. Es zeigte sich, dass die Tiere in der Lage sind, die Blätter auch von den intakten Blatträndern her anzufressen.

Die Gehalte an organischem Kohlenstoff im Sediment zeigten im Ansatz mit *Platorchestia platensis* in der Schicht 0-1 cm unter der seegrasbedeckten Fläche (Anwurffläche) eine Zunahme bis auf das 2,9-Fache (Abb. 2). Die Zunahme war in der dritten Woche signifikant ( $\alpha \leq 0,05$ ) gegenüber dem Gehalt nach einer Woche. Auch war der Gehalt an organischem Kohlenstoff hier nach drei Wochen signifikant höher als in der 0-1 cm Schicht aller drei vergleichbaren Flächen.



**Abb. 2** Gehalte an organischem Kohlenstoff in der Sedimentschicht 0-1 cm im dreiwöchigen Versuchszeitraum mit (Experiment-) und ohne (Kontroll-Flächen) Tierbesatz. Die Fehlerbalken markieren die Standardabweichung



**Abb. 3** Gehalte an organischem Kohlenstoff in der Sedimentschicht 1-2 cm im dreiwöchigen Versuchszeitraum mit (Experiment-) und ohne (Kontroll-Flächen) Tierbesatz. Die Fehlerbalken markieren die Standardabweichung

Die Kohlenstoffkonzentrationen in den tieferen Sedimentschichten sowie aller Schichten der weiteren Flächen (Abb. 3: 1-2 cm, weitere nicht gezeigt) unterlagen im Versuchsverlauf geringeren, nicht signifikanten Schwankungen ohne erkennbare Tendenzen.

Ein Vergleich des Verlustes an Kohlenstoff im Seegrass bei Anwesenheit von *Platorchestia platensis* mit der Menge des im Sediment hinzugekommenen organischen Kohlenstoffes ergibt, dass nach zwei Wochen 13,1 % und nach drei Wochen Versuchsdauer 18,7 % des Kohlenstoffes im Sediment wiedergefunden werden konnten.

## 4 Diskussion

Der im Vergleich zu den makrofaunafreien Ansätzen deutlich beschleunigte Abbau von *Zostera marina*-Blättern in den Mesokosmen mit Besatz von *Platorchestia platensis* zeigt, dass dieser Art zumindest unter vergleichbaren Bedingungen eine nicht zu unterschätzende Bedeutung für die Dynamik der Abbauprozesse angespülten Seegrases zukommt. Dieses Ergebnis war nicht zwingend zu erwarten, da bei bisherigen Untersuchungen zum Einfluss der Makrofauna auf die Abbaugeschwindigkeit angespülter Makrophyten durchaus unterschiedliche Ergebnisse erzielt wurden. So ermittelten GRIFFITHS & STENTON-DOZEY (1981) an einem südafrikanischen Sandstrand, dass 60 bis 80 % (FG) des auf dem Strand exponierten Tanges (*Ecklonia maxima*) innerhalb von 14 Tagen durch Makrofauna

konsumiert wurden, wobei der Amphipode *Talorchestia capensis* (DANA) hierbei den größten Anteil hatte. Diese Art dominierte ebenfalls die Makrofauna in einem Experiment von KOOP et al. (1982) zum Abbau von *Ecklonia maxima*, welche hier aber lediglich 9 % des Tanges konsumierte. Davon ausgehend, dass 81,9 % (TG) der aufgenommenen Nahrung von *Talorchestia capensis* wieder als Faeces ausgeschieden (MUIR 1977) werden, betonen die Autoren aber den weiterhin großen Anteil bakteriellen Abbaues in der Gesamtstoffbilanz, selbst wenn ein großer Teil durch Amphipoden konsumiert würde. INGLIS (1989) untersuchte den Effekt des Ausschlusses von Makrofauna auf die Abbaurate von in Netzbeuteln unterschiedlicher Maschenweite auf dem Strand ausgebrachter *Macrocystis pyrifera* (L.) C.-Thalli und konnte keinen Einfluss auf die Abbaurate des Materials feststellen. Die Reduktion der Makrofauna in den engmaschigen Netzbeuteln ging hier allerdings mit einem starken Anstieg der Meiofauna (insbesondere Enchytraen) einher, was möglicherweise die Effekte fehlender Makrofauna kompensieren könnte.

Die zitierten Untersuchungen wurden mit marinen Algen durchgeführt, welche, verglichen mit Gefäßpflanzen, einen höheren Gehalt an für Mikroorganismen leicht zugänglichen Stickstoff haben (BUCHSBAUM et al. 1991) und deren Zellwände von einfacherer Struktur sind (SIEGEL & SIEGEL 1973), was zu einem schnelleren Abbau führt. Detritus von Seegräsern wird folglich wesentlich langsamer abgebaut (BUCHSBAUM et al. 1991; RICE & TENORE 1981). Vorübergehende Austrocknungen – wie sie bei an den Strand geworfenen Makrophyten durchaus vorkommen können – verringern zudem die Abbaubarkeit des Materials durch oxidative Bindung von Proteinen und Phenolderivaten (VAN SUMERE et al. 1975) weiter.

Ist evtl. der Einfluss von an/auf Makrophyten fressender/weidender Makrofauna auf die Abbaugeschwindigkeit der Makrophyten von deren mikrobiologischer Abbaubarkeit abhängig? HARRISON & MANN (1975) konnten nachweisen, dass kleinere *Zostera marina*-Partikel im aquatischen Milieu einen pro Zeiteinheit größeren Gewichtsverlust aufwiesen als größere Partikel. Der Gewichtsverlust resultierte dabei aber vor allem aus Leaching organischen Materials und nicht auf bakteriellem Abbau. Dieser gewann erst nach Reduktion der Bakterienzahl durch Ciliaten und Mikroflagellaten Bedeutung. Ebenso wiesen LOPEZ et al. (1977) in Untersuchungen mit *Orchestia grillus* (BOSC) zum Einfluss auf den Abbau von *Spartina*-Detritus nach, dass diese Art fast ausschließlich die mit dem Detritus assoziierten Mikroorganismen assimilierte. Dennoch führten mit dem Grazing verbundene erhöhte bakterielle Aktivitäten zu einem schnelleren Abbau des Materials.

SMITH et al. (1982) konnten zeigen, dass bakterielle Aktivitäten auf Teflon-Oberflächen durch Grazingdruck von *Gammarus mucronatus* (SAY) auf die Bakterien zunahmen, obwohl deren Gesamtbiomasse sank. Ein erhöhter Grazingdruck auf die Protozoen durch *Melita appendiculata* (SAY) führte zwar zu erhöhten Bakterienzahlen, nicht aber zu erhöhten metabolischen Aktivitäten dieser.

Vor diesem Hintergrund scheint denkbar, dass die omnivore Art *Platorchestia platensis* nicht nur durch einen mechanischen Aufbruch intakter *Zostera*-Blätter und deren Zerkleinerung zu einem beschleunigten bakteriellen Abbau und verstärktem Leaching organischen Materials beiträgt, sondern durch Grazing bakterieller Mikrofilme auch zu erhöhten Umsatzraten dieser beiträgt. Um nachzuweisen, ob und in welcher Proportion diese beiden mögliche Effekte einen Einfluss auf die

Abbaugeschwindigkeit von *Zostera marina*-Anwurf haben, bedarf es weiterer Untersuchungen.

Der Besatz mit *Platorchestia platensis* führte im Experiment zu einem erhöhten Eintrag organischen Materials in die oberste sich unter dem Anwurf befindliche Sedimentschicht (0-1 cm). In weiterführenden Untersuchungen ist jetzt zu prüfen, ob hieraus erhöhte mikrobielle Stoffumsatzraten, evtl. auch verbunden mit einer erhöhten Meiofaunabiomasse, resultieren, zumal durch das teilweise luftgefüllte Interstitial von aeroben Bedingungen ausgegangen werden kann.

Eine Abschätzung des durch *Platorchestia platensis* direkt ingestierten Anteils vom Seegrasanwurf ist derzeit nicht möglich, da einerseits (noch) verlässliche Angaben über Abundanzen dieser Art an der südlichen Ostseeküste fehlen und es weiterführender Untersuchungen zum Energie- und Stoffbudget dieser Art bedarf.

## Danksagung

Diese Arbeit wurde durch das Stipendienprogramm der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert.

## Literatur

- BEHBEHANI, M.J. & CROKER, R.A. (1982): Ecology of beach wrack in northern New England with special reference to *Orchestia platensis*. – Estuarine, Coastal and Shelf Science, 15: 611-620.
- BUCHSBAUM, R.; VALIELA, I.; SWAIN, T.; DZIERZESKI, M. & ALLEN, S. (1991): Available and refractory nitrogen in detritus of coastal vascular plants and makroalgae. – Marine Ecology Progress Series, 72: 131-143.
- DÜRKOP, H. (1934): Die Tierwelt der Anwurfzone der Kieler Förde. – Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein, 20: 480-540.
- GRIFFITHS, C.L. & STENTON-DOZEY, J. (1981): The fauna and rate of degradation of stranded kelp. – Estuarine, Coastal and Shelf Science, 12: 645-653.
- HARRISON, P.G. & MANN, K.H. (1975): Detritus Formation from Eelgrass (*Zostera marina* L.): The Relative Effects of Fragmentation, Leaching and Decay. – Limnology and Oceanography, 20 (6): 924-934.
- INGLIS, G. (1989): The colonisation and degradation of stranded *Macrocystis pyrifera* (L.) C. Ag. by the macrofauna of a New Zealand sandy beach. – Journal of Experimental Marine Ecology and Biology, 125: 203-217.
- KOOP, K.; NEWELL, R.C. & LUCAS, M.I. (1982): Biodegradation and carbon flow based on kelp (*Ecklonia maxima*) debris in a sandy beach microcosm. – Marine Ecology Progress Series, 7: 315-326.
- LOPEZ, G.R.; LEVINTON, J.S. & SLOBODKIN, L.B. (1977): The effect of grazing by the detritivore *Orchestia grillus* on *Spartina* litter and its associated microbial community. – Oecologia, 30: 111-127.
- LOZÁN, J.L. & KAUSCH, H. (1998): Angewandte Statistik für Naturwissenschaftler. [2. Auflage] – Berlin (Parey).
- MUIR, D.G. (1977): The biology of *Talorchestia capensis* (Amphipoda: Talitridae), including a population energy budget. – M.Sc. thesis, University of Cape Town; Cape Town.
- PERSSON, L.-E. (2001): Dispersal of *Platorchestia platensis* (Kröyer) (Amphipoda: Talitridae) along Swedish coasts: A Slow but Successful Process. – Estuarine, Coastal and Shelf Science, 52: 201-210.
- REMMERT, H. (1960): Der Strandanwurf als Lebensraum. – Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere, 48: 461-516.
- RICE, L.D. & TENORE, K.R. (1981): Dynamics of carbon and nitrogen during the decomposition of detritus derived from estuarine macrophytes. – Estuarine, Coastal and Shelf Science, 13: 681-690.

- SIEGEL, S.M. & SIEGEL B.Z. (1973): The chemical composition of algal cell walls. – CRC Critical Reviews in Microbiology, 3: 1-26.
- SMITH, A.; NICKELS, J.S.; DAVIS, W.M.; MARTZ, R.F.; FINDLAY, R.H. & WHITE, D.C. (1982): Perturbations in the biomass, metabolic activity and community structure of the estuarine microbiota: resource partitioning in amphipod grazing. – Journal of Experimental Marine Ecology and Biology, 64: 125-143.
- VAN SUMERE, C.F.; ALBRECHT, J.; DEDONDER, A.; DE POOTER, H. & PE, I. (1975): Plant proteins and phenolics. – [In:] HARBORNE, J. B (Hrsg.): The chemistry and biochemistry of plant proteins: 211-264; New York (Academic).

#### **Autoren**

Martin Feike  
Andrea Fechter  
Melanie Mädler  
Institut für Aquatische Ökologie  
Universität Rostock  
Albert-Einstein-Str. 3  
D-18051 Rostock

E-mail: [martin.feike@stud.uni-rostock.de](mailto:martin.feike@stud.uni-rostock.de)



Ralf GRUNEWALD

## **Biodiversität und Tourismus: Veränderungen der Pflanzenvielfalt der Dünen durch die Erholungsnutzung**

**Biodiversity and Tourism: Changing plant diversity on dunes through recreational activities**

### **Abstract**

The presented PhD-proposal focuses on the assessment and evaluation of biological diversity among plants and on effects that tourism may have on dune vegetation. Different methods of measuring and assessing plant diversity on dunes are explained and discussed. It is shown that the concept of diversity is very complex and species diversity already consists of at least two components: species richness and relative abundance of species which both may be affected by human disturbance. The aim of developing a consistent method of evaluating and assessing damages caused by recreational activities is explained. The questions of how to incorporate threatened and/or invading species into this concept is raised and first steps towards a possible solution are indicated.

**Keywords:** Biodiversity, diversity indices, dunes, coast, tourism, Baltic Sea, Mecklenburg-Vorpommern

### **1 Einleitung**

Seit der UNO-Konferenz zur nachhaltigen Entwicklung in Rio de Janeiro (1992) und der anschließenden Verabschiedung der Konvention über die biologische Vielfalt (CBD) hat die Verwendung der Begriffs Biodiversität stark zugenommen. Dieses geschieht oft jedoch in einer sehr allgemeinen oder oberflächlichen Weise. Warum Vielfalt bei näherer Betrachtung eine schwer fassbare und noch schwerer zu bewertende Qualität von (biologischen) Systemen ist und sie daher bisher kaum als Bewertungskriterium etwa in der Naturschutzfachplanung Verwendung findet, soll im folgenden kurz erläutert werden.

Hintergrund dieser Arbeit ist eine von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Promotion des Autors an den Universitäten Greifswald und Rostock. Die im Herbst 2001 begonnene Dissertation beschäftigt sich mit der Messung und naturschutzfachlichen Bewertung von pflanzlicher Artenvielfalt auf Dünen in Abhängigkeit von unterschiedlich intensiver touristischer Nutzung im deutsch-

polnischen Küstenraum, genauer der Pommerschen Bucht im Bereich der südlichen Ostsee.

Das Untersuchungsgebiet ist im Regionalen Raumordnungsprogramm Vorpommern (REGIONALER PLANUNGSVERBAND VORPOMMERN 1998) fast entlang der gesamten deutschen Küste der Pommerschen Bucht als sogenannter Tourismusschwerpunktraum ausgewiesen. Parallel existieren Großschutzgebiete und einige kleinere Naturschutzgebiete. Allerdings existieren kaum noch Küstenbereiche, die für die Öffentlichkeit unzugänglich sind. Das Betretungsverbot der Hochwasserschutzdünen außerhalb der zugelassenen Wege wird vielfach ignoriert.

Die Natur und die Landschaft der Bodden und Außenküsten sind die Grundlage für den wichtigsten Wirtschaftszweig der Region: den Fremdenverkehr. Das bedeutet, dass die Nutzung der Ressource "attraktive Natur" auch den Erhalt derselben zum Ziel haben muss, um der Region eine langfristige Basis für eine sonst nur sehr unwahrscheinliche wirtschaftliche Entwicklung zu sichern.

Welche Messmethoden oder Indizes gibt es, Diversität zu indizieren oder zu messen? Wie kann die natürliche Pflanzenvielfalt im Primärlebensraum Düne/Strand gemessen und von einer künstlichen unterschieden werden? Die Beantwortung dieser Fragen ist insbesondere deshalb wichtig, da gemeinhin ein Ansteigen von Artenzahlen als positiv angesehen wird. Zahlreiche Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass auch steigende Artenzahlen in natürlich artenarmen Beständen auf eine anthropogene Störung hinweisen (z. B. die Zunahme von Ubiquisten durch erhöhten Nährstoffeintrag auf Dünen, oder nach der Entwässerung eines Moores – DIERSSEN & KIEHL 2000).

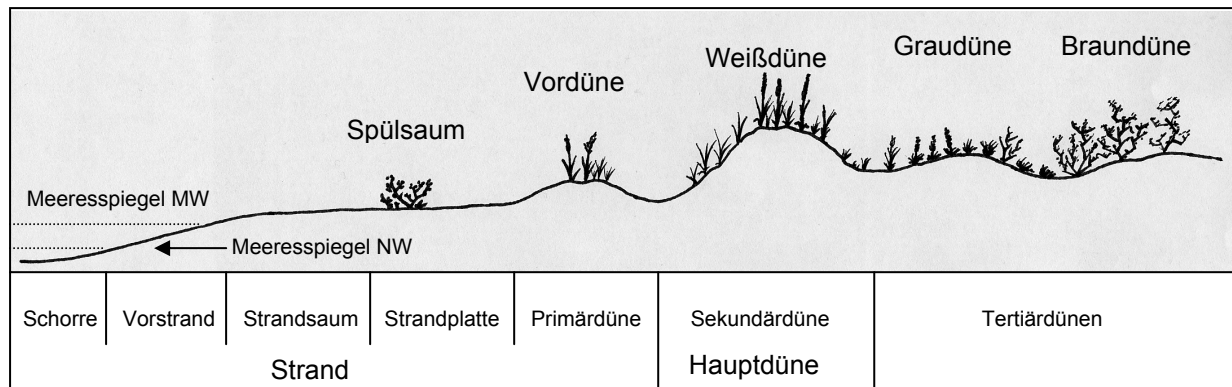
## **2 Merkmale der Dünen und ihre Gefährdung**

Dünen sind in der ihnen immanenten natürlichen Dynamik einer der wenigen Primärhabitats in Mitteleuropa, die sich nach Aufgabe einer menschlichen Nutzung oder Beeinflussung vergleichsweise schnell wieder zu einem natürlichen Lebensraum entwickeln würden.

Die Dynamik des Lebensraumes Düne geht vor allem auf zwei entscheidende abiotische Umweltfaktoren zurück: Zum einen ist für die Dünenbildung das Vorhandensein von Sand eine entscheidende Voraussetzung, andererseits spielt der Wind als Transportmedium des Sandes eine wichtige Rolle. Pflanzen müssen sowohl eine mögliche Übersandung als auch die mechanischen Belastungen durch den Sandschliff ertragen. Zusätzlich wirken sich Einflüsse wie der unterschiedlich starke Einfluss des Salzwassers, der relative Mangel an Süßwasser und die typischen Nährstoffverhältnisse der verschiedenen Strand-/Dünenabschnitte deutlich auf die Artenzusammensetzung der Dünen aus. Der Extremlebensraum Düne/Strand hat daher ein typisches, sehr stark spezialisiertes und oft exklusives Arteninventar.

Die folgende Übersicht (Abb. 1) zeigt ein klassisches Schema einer Dünenzonierung mit einem Spülsaum, den Primär-, Sekundär- (Weißdünen) sowie den Tertiärdünen (Graudünen und Braundünen). Diese Abfolge ist in einer ungestörten Ausbildung entlang des deutschen Untersuchungsraumes durch intensiven

Küstenschutz, touristische Baumaßnahmen und durch die Touristen selbst nicht mehr zu finden (ISERMANN 1997), auf polnischer Seite konnten sich dagegen bis heute einige ausgedehnte und nur wenig beeinflusste Dünenkomplexe erhalten.



**Abb. 1** Typische Zonierung einer gezeitenarmen Flachküste mit Dünenbildungen (nach Isermann 1997, verändert)

Einige leichte Störungen durch Menschen führen bis zu einem gewissen Grad zu Erscheinungen, die denen der Natur zunächst ähnlich sind: Das Lagern, Zelten, Picknicken, Abfallvergraben oder auch das bloße Spazieren in den Dünen führt zur Schädigung bzw. Zerstörung der dünnen Vegetationsdecke und zur erneuten Mobilisierung des Sandes. Wird hierbei jedoch ein bestimmter Störungsgrad überschritten, so kann sich die Vegetation bis zur nächsten Tourismussaison nicht mehr regenerieren und die Dünen degradieren sukzessiv über die Jahre.

Eine andere anthropogene Störung ist der hohe Nährstoffeintrag durch menschliche Exkremente bzw. Essensreste der Strandbesucher. Dieses hat vermutlich innerhalb der Primär- und Weißdünen nur einen recht geringen Störeffekt. Bei den Spülsäumen und den ersten (z. T. darauf entstandenen) Primärdünen handelt es sich ohnehin um Lebensräume mit hohen Nährstoffkonzentrationen, andererseits bewirken die stark durchlässigen Sande ein sehr schnelles Auswaschen der Nährstoffe. Zusätzlich ist die Sanddynamik, also der Sandschliff und die Übersandung, noch sehr hoch und somit der ausschließende Umweltfaktor, der die mögliche Ansiedlung von Eutrophierungszeigern nicht zulässt. Es ist ferner fragwürdig, ob der Eintrag von Exkrementen in diesem zumeist sehr gut einsehbaren Strandbereich besonders hoch ist.

Dieses Bild ändert sich in den Grau- und Braundünenbereichen sowie in den Dünentälern. Teilweise führen regelrechte Trampelpfade vom Strand oder den Dünenübergängen in diese "fäkale Absetzzone" (JESCHKE 1985). In den natürlicherweise sehr mageren Standorten mit sehr geringer Humusaufgabe können übermäßige Nährstoffeinträge und starke Trittschäden zu einer deutlichen Veränderung, insbesondere des Arteninventars zugunsten von dünenuntypischen Pflanzen, führen.

Neben dem Nährstoffeintrag kann auch der Austrag von Material und Nährstoffen einen Eingriff in das Strand-Düne-System darstellen. Gerade in

unmittelbarer Umgebung von Badeorten beinhaltet das Strandmanagement ein regelmäßiges Rechen der Strände. Damit soll der Strand vom sogenannten Unrat gesäubert werden. Neben Zivilisationsmüll jeglicher Art wird dabei auch organisches Material, insbesondere Pflanzenreste, entfernt. Dieses Material bildet in ungestörten Bereichen den sogenannten Spülsaum, der etwa an der Oberkante der winterlichen Hochwasserereignisse liegt und im Sommer nicht mehr vom Meer erreicht wird. Das angeschwemmte Material, in dem sich bereits zahlreiche schwimmfähige und salztolerante Samen befinden, bildet ein günstiges Substrat mit sehr guter Nährstoffversorgung für zahlreiche sogenannte Spülsaumarten. Ferner fungieren der Spülsaum und dort wachsende Pflanzen als Sandfänger und können somit eine erste Primärdünenbildung initiieren. Durch dessen Entfernung wird also sowohl die Sandakkumulation, als auch die Nährstoffversorgung des Primärdünenbereichs negativ beeinflusst.

Diese kurze Übersicht soll an einigen Beispielen die Vielfältigkeit der Eingriffe durch den Menschen in das Düne-/Strandsystem verdeutlichen. Veränderungen werden bereits seit Jahrzehnten beschrieben und haben bereits zu zahlreichen Maßnahmen geführt, touristische Nutzungen in akzeptable Rahmen zu lenken. Offen bleibt dennoch die Frage, wie die Schäden gemessen und bewertet werden können, da bislang keine anerkannte Methode hierzu entwickelt wurde. Diese Frage leitet zum nächsten Abschnitt über, der sich mit dem Ansatz beschäftigt, die Beschreibung und Messung von biologischer Vielfalt zu diesem Zweck zu nutzen.

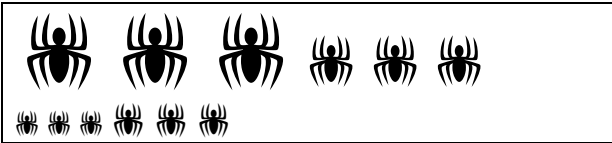
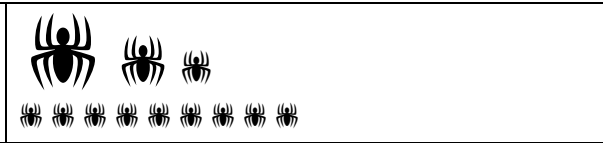
### **3 Theoretische Grundlagen der Biodiversitätsmessung**

Nach der Definition der biologischen Vielfalt im Vertragstext der CBD gibt es verschiedene Betrachtungsebenen für Diversität, die über genetische (molekulare) Vielfalt innerhalb einer Art, Artenvielfalt innerhalb eines Lebensraums bis zur Vielfalt von Lebensräumen und Lebensgemeinschaften bzw. Ökosystemen reichen. Die Schwierigkeit bei der Erfassung der biologischen Vielfalt ist deren Komplexität. Oft konzentrieren sich Untersuchungen auf nur eine der Betrachtungsebenen, aber selbst bei der Einschränkung auf die Artenvielfalt ist es in der Regel unmöglich innerhalb eines überschaubaren Zeitrahmens alle Taxa (einschließlich Mikroorganismen) einer Fläche zu erstellen und eine auch nur annähernd vollständige Artenliste zu bekommen, geschweige denn zusätzliche Diversitätsparameter zu messen. Demzufolge finden weitere Einschränkungen statt und häufig werden Diversitäten innerhalb bestimmter Artgruppen untersucht, etwa Gefäßpflanzen, Vögel oder Laufkäfer.

Der einfachste Ansatz ist es, die Arten in einer bestimmten Untersuchungsfläche zu zählen. WHITTAKER (1972) definierte diese sogenannte  $\alpha$ -Diversität als den Artenreichtum eines Bestandes oder einer Gesellschaft, der als Artenzahl pro Flächeneinheit angegeben wird. Dieser Wert kann zwar z. B. vielen pflanzensoziologischen Tabellen entnommen werden, ist jedoch keine hinreichend genaue Beschreibung der Wirklichkeit, da die einzelnen Arten mit einer deutlich unterschiedlichen Dichte in der Fläche vorkommen und dieses Strukturmerkmal (oder diese Strukturvielfalt) gerade bei ersten störungsbedingten Veränderungen unberücksichtigt und somit unentdeckt bleibt. Ein weiteres Problem ist der Umfang

der Untersuchungen, der einen entscheidenden Einfluss auf die Artenzahl hat: Normalerweise wächst die Artenzahl sowohl mit der Intensität der Untersuchungen (Zeitaufwand) als auch mit zunehmender Größe der Untersuchungsfläche. Diese Effekte müssen bei Vergleichen verschiedener Untersuchungen berücksichtigt werden.

Dennoch haben Indizes in deren Berechnung nicht die Häufigkeiten einzelner Arten einfließen, sondern lediglich die Artenzahlen und der Umfang der Stichprobe berücksichtigt werden, aufgrund ihrer Einfachheit eine gewisse Popularität erlangt. Das hinter dem Begriff Artenvielfalt oder Diversität mehr zu verstehen ist als die sogenannte  $\alpha$ -Diversität macht folgende Abbildung deutlich:

	
12 Individuen, 4 Arten	12 Individuen, 4 Arten

**Abb. 2** Artenreichtum und relative Häufigkeit (ähnliche Abbildungen u.a. in MAGURRAN 1988)

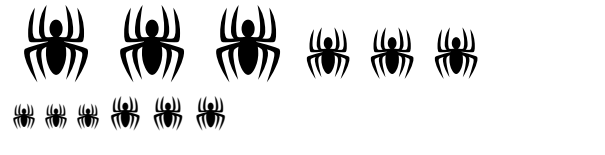

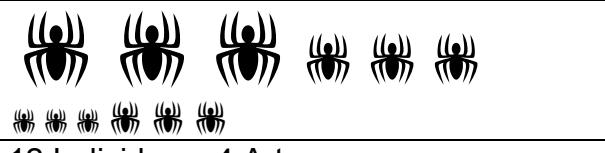
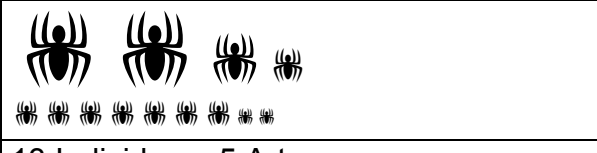
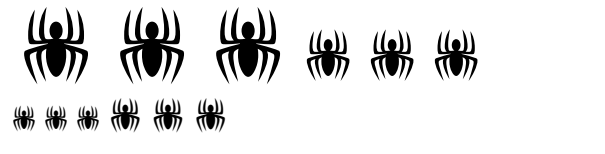

Diversität oder Vielfalt hat also mindestens zwei Komponenten:

1. Den Artenreichtum oder "species richness"
2. Die relative Häufigkeit der einzelnen Arten, oft als Gleichverteilung oder „evenness“ gemessen

Wie aus der Abbildung 2 hervorgeht, wird eine hohe Gleichverteilung oder Evenness der Individuen<sup>1</sup> auf die Arten als diverser angesehen, als eine starke Ungleichverteilung, andererseits gibt es wohl kaum eine natürliche Pflanzengesellschaft oder andere Lebensgemeinschaft, in der alle Individuen über einen gewissen Zeitraum gleichmäßig auf die verschiedenen Arten aufgeteilt sind.

Die folgende Abbildung 3 versucht nun in drei Gegenüberstellungen zu zeigen, dass die kombinierte Betrachtung von Evenness und Artenreichtum eine schnelle Beurteilung von Diversität nicht mehr ermöglicht.

<sup>1</sup> Bei Pflanzen lassen sich Individuen oftmals nicht genau unterscheiden, so dass Deckungsgrade oder Biomassen als alternative Parameter gemessen werden.

	
12 Individuen, 4 Arten	20 Individuen, 4 Arten
	
12 Individuen, 4 Arten	13 Individuen, 5 Arten
	
12 Individuen, 4 Arten	15 Individuen, 6 Arten

**Abb. 3** Artenreichtum und relative Häufigkeit als Parameter von Vielfalt

Abb. 3 verdeutlicht, dass die zunächst einfach erscheinende Entscheidung, dass eine höhere Gleichverteilung der Arten eine höhere Diversität bedeutet, in der Praxis nicht so einfach zu treffen ist. Obwohl hier sehr simple Szenarien gewählt wurden, ist es kaum möglich schnell zu bestimmen, welche Zusammenstellung von Arten und Individuen die diversere ist. Wenn nun noch der Naturschutz zwischen bedrohten Arten und häufigen im Schema unterscheiden will (oder häufig bei Planungen „muss“), dann wird die „Sachlage“ schnell unüberschaubar.

Welche Ansätze gibt es derzeit, die Verteilung der Individuen auf die einzelnen Taxa zu untersuchen?

Schon früh wurde bei Untersuchungen von Artengesellschaften festgestellt, dass charakteristische Verteilungsmuster der Häufigkeiten der verschiedenen Arten in den unterschiedlichen Gesellschaften vorliegen und dass ein Zusammenhang mit den herrschenden Umweltbedingungen erkennbar ist. Zumeist sind wenige Arten sehr dominant, einige mäßig häufig, viele vergleichsweise selten und wiederum nur wenige sehr selten. Zur Beschreibung dieser Verteilungsmuster wurden Modelle entwickelt, die dann den gefundenen Verteilungen angepasst wurden. MAGURRAN (1988) sieht in dieser Methode die umfassendste mathematische Beschreibung der erhobenen Daten. Die meisten Arten-Dominanz-Datensätze lassen sich vier verschiedenen typischen Verteilungskurven zuordnen (Abb. 4). In dieser Art der Darstellung werden auf der x-Achse die einzelnen Arten, auf der y-Achse die Deckungsgrade bzw. die Individuenzahlen (logarithmische Skala) aufgetragen.

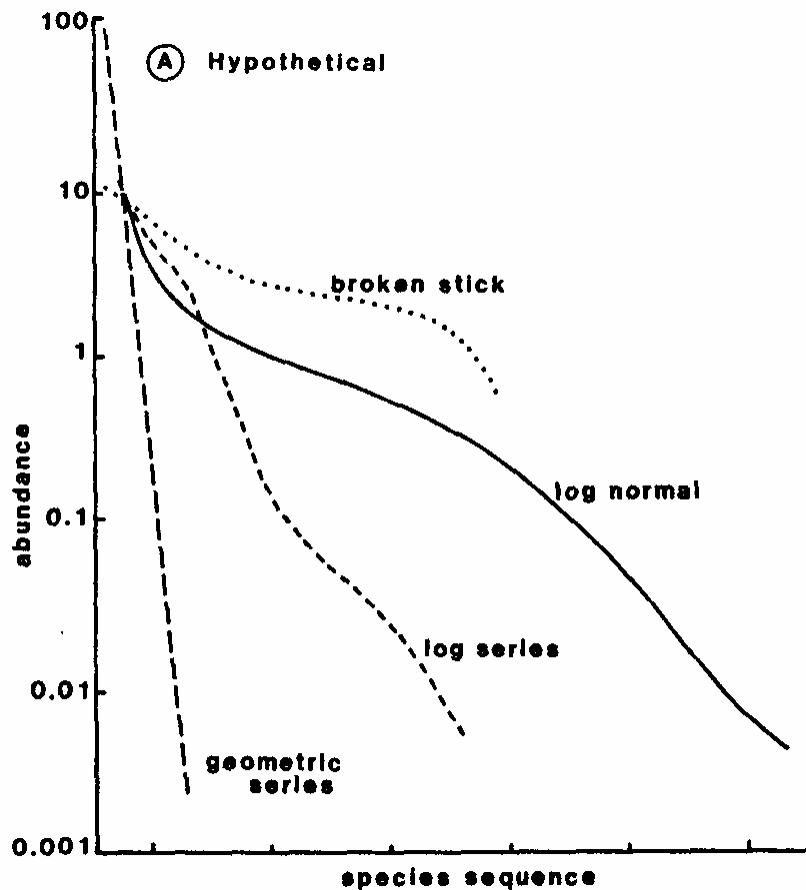


Abb. 4 Arten-Abundanz Verteilungen (aus Magurran 1988: 14)

Unter besonders harten Umweltbedingungen bzw. in artenarmen Gemeinschaften tritt oft eine starke Ungleichverteilung der Individuen auf die einzelnen Arten auf. Diese spiegelt sich in einer geometrischen Verteilung oder einer logarithmische Verteilung wider (Abb. 4). Die vom Strandhafer dominierten Pflanzengesellschaften der Weißdünen sind für diese starke Ungleichverteilung ein Beispiel.

Bei großmaßstäblichen Untersuchungen mit hohem Zeitaufwand zeigen sich dagegen oft normale logarithmische Verteilungen. Der Name lässt sich mit folgender Abbildung erklären (Abb. 5):

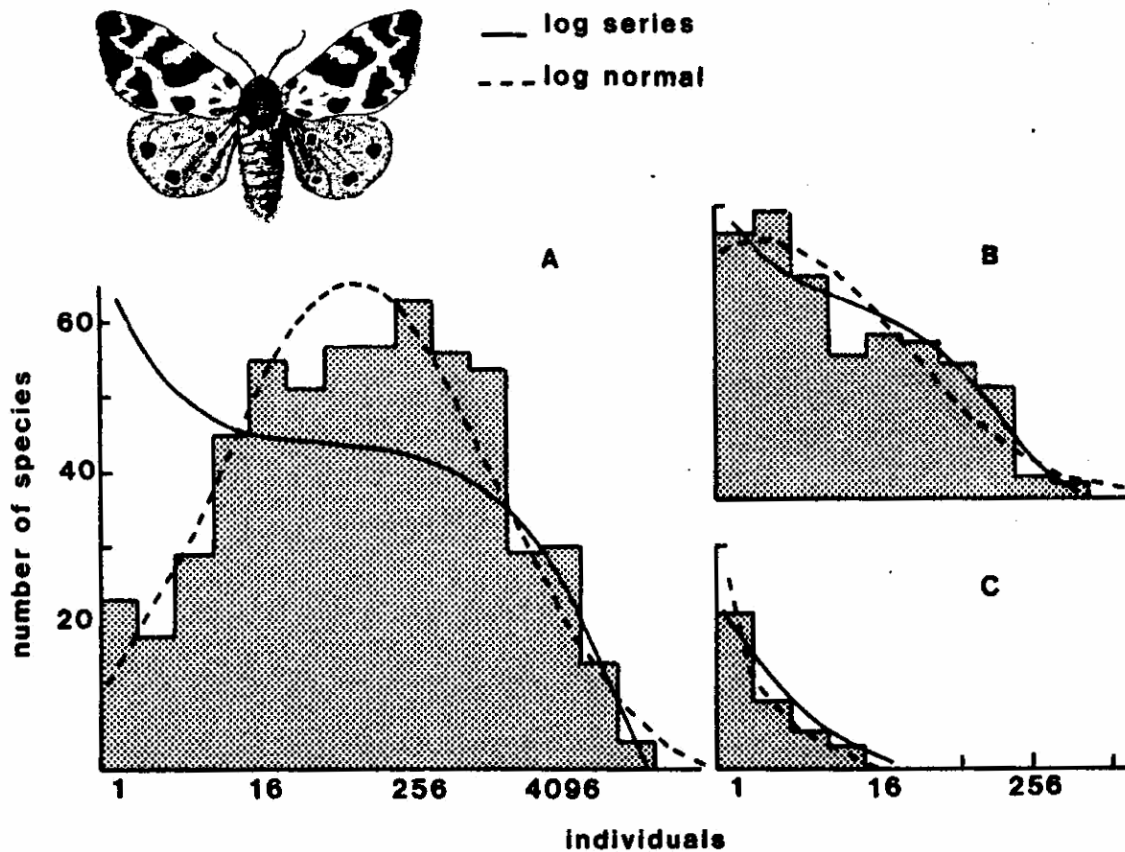


Abb. 5 Logarithmische Arten-Abundanzverteilung (aus: Magurran 1988: 16)

Diese Verteilung soll vor allem für große, sich ungestört entwickelnde bzw. natürliche oder naturnahe Gesellschaften typisch sein, in denen eine Vielzahl unterschiedlicher Faktoren bzw. eine Lebensraumvielfalt entscheidend für die Präsenz oder das Fehlen von Arten sind. Charakteristisch ist hierbei, dass die Anzahl der Arten mit wenigen Individuen und die Anzahl der dominanten Arten (viele Individuen) ungefähr gleich niedrig und solche mit mittleren Dominanzzahlen am häufigsten sind. Es hat sich jedoch gezeigt, dass diese Verteilung nur bei sehr großen Stichproben (Abb. 5 A) bzw. umfassenden Bestandsaufnahmen beobachtet werden kann, weil insbesondere die sehr seltenen Arten oft übersehen werden und der linke Kurvenbereich daher in einer zu kleinen Stichprobe nicht auftaucht (Abb. 5 B & C).

Wie mit Hilfe dieser Beschreibungen oder grafischen Darstellungen der Daten eine "gute" (gemeint: höhere Vielfalt) oder "schlechte" Bewertungsaussage getroffen werden kann, erscheint jedoch unklar. Einerseits ist es trivial, dass eine Bewertung der Vielfalt nur bei Verteilungen aus ähnlichen Lebensräumen oder ähnlichen Lebensgemeinschaften sinnvoll ist. Ein Vergleich der artenarmen Weißdünen mit der deutlich höheren Vielfalt innerhalb ungestörter Braundünen kann keine Bewertung in „besser“ oder „schlechter“ aus Sicht des Naturschutzes rechtfertigen. Bei sinnvollen Vergleichen (ungestörte mit gestörter Braundüne) erscheint einleuchtend, dass,

wenn von zwei Kurven, die eine oberhalb der anderen verläuft, dieser Standort eine höhere Diversität aufweist. Wie verfährt man aber mit sich kreuzenden Linien? Sollen Differenzen der Integrale herangezogen werden? Dieses würde aber bedeuten, dass entweder der Abundanz der Arten oder der Artenanzahl ein höheres Gewicht beigemessen wird, also entweder häufige Arten oder seltene Arten stärker gewichtet werden.

Die kombinierte Untersuchung von Artenreichtum und Artenabundanz führte schließlich zu den inzwischen klassischen Diversitätsindizes und einer unübersehbaren Vielfalt weniger bekannter Ansätze. Zwangsläufig bedeutet jedoch ein Zusammenführen von zwei unabhängigen Parametern einen Informationsverlust.

Die bekanntesten Indizes sind die von SHANNON & WIENER (1948), von SIMPSON (1949) und von HURLBERT (1971, alle zit. nach MAGURRAN 1988). Dabei bezeichnet HURLBERTS PIE (probability of interspecific encounters) die Wahrscheinlichkeit, dass zwei zufällig aufeinander treffende Individuen verschiedenen Arten angehören:

$$PIE = N/(N+1)(1-(p_i^2))$$

(N: Gesamtzahl der Individuen;  $p_i$ : der Anteil der Art  $i$  an der Gesamtzahl  $[N_i/N]$ )

Je höher die Gesamtzahl N ist, umso stärker nähert sich PIE der vereinfachten Version des Simpson-Index (D) an:

$$D = \sum_{i=1}^s p_i^2$$

Bei beiden oben beschriebenen Indizes ist die Empfindlichkeit gegenüber seltenen Arten relativ gering, während der Äquitabilität zwischen häufigen Arten ein starkes Gewicht gegeben wird (LAMPERT & SOMMER 1993). Empfindlicher gegenüber seltenen Arten ist der Index  $H'$  nach SHANNON & WIENER (MOULLIOT & LEPÊTRE 1999):

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i (\log p_i)$$

Es besteht zwar häufig eine positive Korrelation zwischen den Faktoren Evenness und Artenzahl, aber nicht immer (GASTON 1997), so dass sich eine getrennte Untersuchung von Abundanzverhältnissen und Artenzahlen anbietet.

Eine der wichtigsten Voraussetzungen einer getrennten Untersuchung von Artenreichtum und Artenabundanzen ist die gegenseitige Unabhängigkeit. Inzwischen gibt es eine Reihe von Methoden die Verteilung der Individuen auf die einzelnen Arten zu untersuchen. SMITH et al. (1996) haben nach theoretischen Untersuchungen mit zahlreichen verschiedenen Evenness Indizes festgestellt, dass die Auswahl eines bestimmten Indexes stark von der Fragestellung abhängt. Sie schlagen allerdings den Index  $E_{var}$  (CAMARGO 1993 zit. nach SMITH et al.1996) als

weitgehend akzeptablen Wert für die Evennessberechnung vor. Für die Berechnung des Artenreichtums wurde von MAGURRAN (1988) der FISHER'S  $\alpha$  Index als akzeptable Berechnungsmethode benannt.

Aus den obigen Ausführungen ergibt sich, dass die Frage nach dem geeigneten Biodiversitätsindex oder der günstigsten Bewertungsmethodik für Dünenvegetation sich vor den ersten Untersuchungen im Freiland (Sommer 2002) nicht beantworten lässt. Der Grund hierfür liegt in dem praktischen und nicht theoretischen Ziel, eine Methode für die Messung von Einflüssen zu erarbeiten. Zunächst steht daher der Vergleich der verschiedenen Ansätze im Mittelpunkt. Erst danach wird eine Entscheidung für eine Methodik getroffen, die dann weiter optimiert werden soll.

#### 4 Qualitative und quantitative Bewertung von Pflanzenvielfalt

Die Annahme, dass eine höhere Vielfalt auch im Naturschutzsinne als besser angesehen werden muss, lässt sich mit dem Beispiel der Moorentwässerung und Standortnivellierung leicht widerlegen. Es gibt zahlreiche Untersuchungen, die gezeigt haben, dass leichte Störungen in natürlichen Lebensräumen zunächst eine steigende Diversität bewirken. Nicht zuletzt zählen gerade halbnatürliche Lebensräume, die durch eine extensive Nutzung (z. B. Beweidung, einschürige Mahd), zu den artenreichsten in Mitteleuropa. Erst wenn eine bestimmte Störungsintensität überschritten wird, wenn aus der ursprünglichen nutzungsbedingten Habitatdiversifizierung eine Habitatnivellierung bzw. Zerstörung wird, verarmt auch der Lebensraum.

Es ergeben sich daher bei der Bewertung der natürlichen Artenvielfalt zwei Bewertungsprobleme:

##### I. Unnatürliche Erhöhung des Artenreichtums

Die zumindest in bezug auf Gefäßpflanzen vergleichsweise niedrige Artenvielfalt der Dünen wird durch die Eutrophierung oder Ruderalisierung eventuell erhöht, da nur wenige (wenngleich auch die seltensten) Rote Liste - Arten verschwinden und durch Ubiquisten oder hemerochore Arten<sup>2</sup> verdrängt werden. FUKAREK (1988) zählte selbst im ländlich geprägten Mecklenburg 1237 hemerochore Sippen, von denen etwa 510 dauerhaft etabliert waren, aber nur 978 indigene. Zahlreiche hemerochore Arten, insbesondere Archäophyten (vor 1500 eingewandert), besitzen auch einen Schutzstatus bzw. finden sich auf den Roten Listen wieder, deren Null- oder Referenzlinie Mitte des 19. Jahrhunderts liegt (vgl. KOWARIK & SUKOPP 2000). Andere dagegen, insbesondere Neophyten (nach 1500 eingewandert), die auch in natürliche Lebensräume einwandern und sich ausbreiten, werden als Gefahr für den Uferschutz, die Forstwirtschaft oder den Naturschutz gesehen. Nicht selten wird zur Dünenbefestigung auf autochthones Pflanzenmaterial verzichtet oder sogar exotisches verwendet (z. B. *Rosa rugosa*, *Hippophae rhamnoides*, *Eleagnus commutata*, *Prunus serotina*). Diese Bereicherung kann aber nicht als

---

<sup>2</sup> Hemerochorie bezeichnet die unnatürliche Arealerweiterung von Pflanzenarten aufgrund der bewussten oder unbewussten Einschleppung durch den Menschen (nach Jalas 1955 zit. in: KOWARIK & SUKOPP, 2000)

qualitative Aufwertung bewertet werden (vgl. POLTE & SUCCOW 1996). Eine qualitative Einstufung der einzelnen Pflanzenarten muss daher durchgeführt werden, die mit in die Bewertung der natürlichen Diversität einfließt. Wichtig bei einem solchen Vorgehen ist die Nachvollziehbarkeit der Bewertungsmethodik, um die späteren Ergebnisse auch entsprechend beurteilen und einschätzen zu können.

## II. Veränderungen innerhalb der Vegetationsstruktur

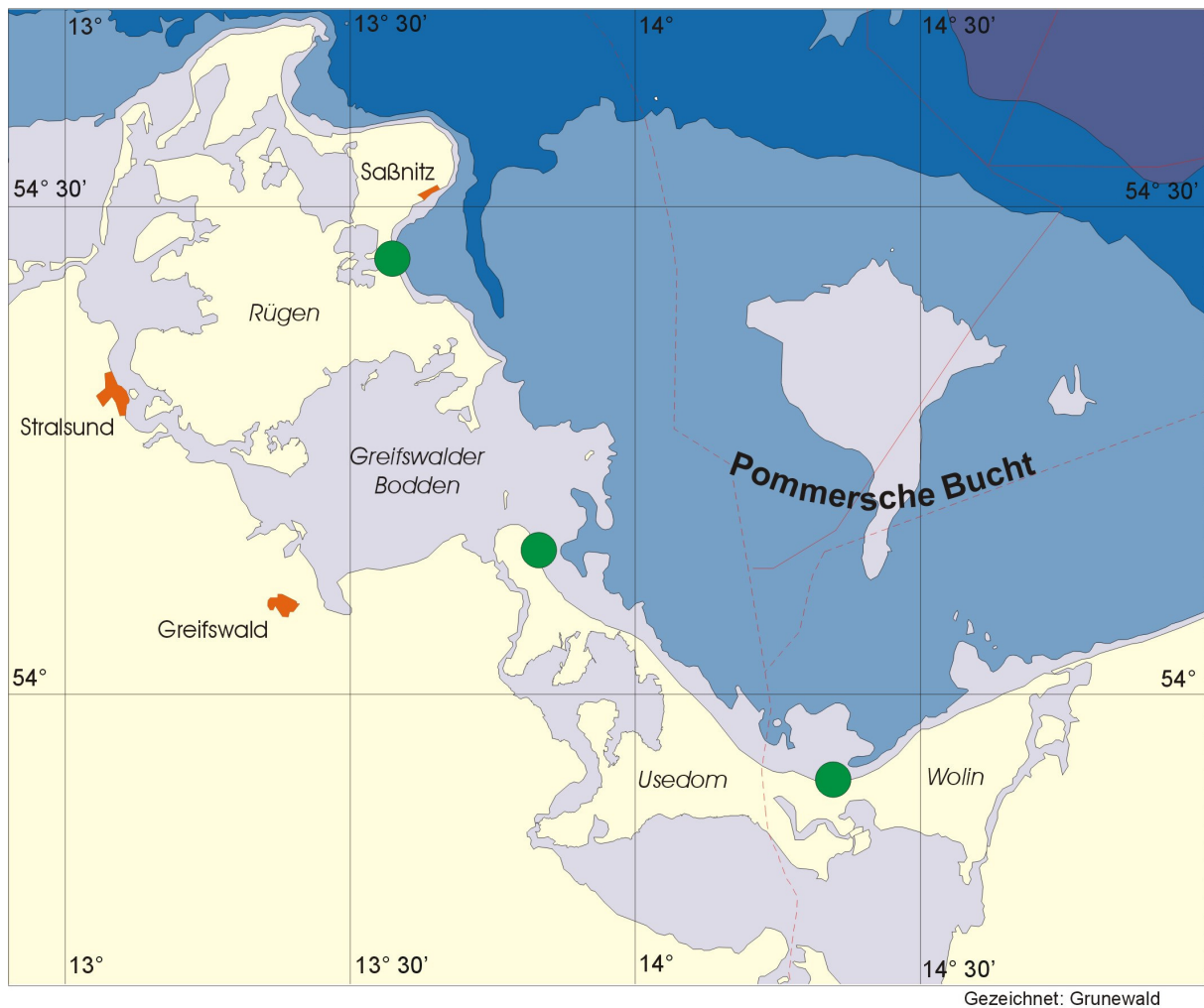
Die Zu- oder Abnahme bestimmter Arten auf einer Fläche kann im Vergleich zu ähnlichen Gesellschaften ungestörter Standorte ein Parameter zur Messung von Störungen sein. Trittempfindliche Arten oder solche, die keine starke Düngung vertragen, nehmen ab und freiwerdende Räume werden durch andere bereits etablierte Arten zusätzlich besiedelt. Hierbei ist es wichtig, anhand von weitestgehend ungestörten Gesellschaften typische Verteilungsmodelle zu erstellen und diese dann mit anderen Flächen zu vergleichen und Abweichungen zu untersuchen.

## 5 Methode

Zur Bearbeitung der bisher vorgestellten Fragestellungen werden Pflanzenaufnahmen nach BRAUN-BLANQUET (1964) an mehreren Standorten entlang der Pommerschen Bucht durchgeführt. Hierbei werden je Untersuchungsgebiet jeweils genutzte und (mehr oder weniger) unbeeinflusste Bereiche bearbeitet und die Daten später auf mögliche Unterschiede untersucht und ausgewertet. Diese Vorgehensweise soll gewährleisten, dass auch ältere Arbeiten im Gebiet zur Analyse herangezogen werden können und so auch eine zeitliche Entwicklung nachvollziehbar wird.

Abbildung 6 zeigt die Untersuchungsregion und die einzelnen Untersuchungsgebiete.

Die Auswertung der Daten wird zunächst mit verschiedenen Diversitätsindizes erfolgen. Die Ergebnisse dieser Analysen sollen miteinander verglichen werden und nach dem ersten Untersuchungsjahr wird die Entscheidung getroffen werden, welche Methodik den Nutzungsdruck am besten widerspiegelt. Diese soll dann weiter optimiert werden.



**Abb. 6** Untersuchungsraum Pommersche Bucht mit Untersuchungsgebieten (Kreise)

Die abgestufte Bewertung oder Gewichtung von einzelnen Arten, also die qualitative Bewertung, wird hierbei im Mittelpunkt der Betrachtung stehen. Dabei sind die beiden folgenden Ansätze interessant:

Die relative Artenvielfalt im Vergleich zu dem theoretischen Potenzial desselben ungestörten Lebensraums wird heute nicht zuletzt als ein Indiz für den qualitativen Zustand eines Ökosystems betrachtet (MAGURRAN 1988). Hierzu wurde das gedankliche Konzept des sogenannten „Species Pool“ entwickelt (ERIKSSON 1993 und PÄRTEL et al. 1996). Es gibt in der praktischen Umsetzung allerdings noch einige Schwierigkeiten und das Problem der natürlichen Diversität bzw. der Bewertung und Einstufung von einzelnen Arten wurde noch nicht umfassend behandelt.

Eine hierarchische Bewertung einzelner Arten hat in einem anderem Zusammenhang bereits Eingang in die Biodiversitätsforschung erhalten (z. B. WARWICK & CLARK 1995 zit. nach HEIP et al. 1998). Dabei ging es jedoch um die Untersuchung von ökologischen Fragestellungen bzw. die Untersuchung der Dominanz verschiedener trophischer Ebenen oder bestimmter Sippen innerhalb von Lebensgemeinschaften. Hier besteht aber vermutlich auch die Möglichkeit, die

Gewichtung nach anderen Gesichtspunkten durchzuführen, z. B.: Dünentypisch-exklusiv/einheimisch, einheimisch aber standortsfremd, gebietsfremd.

## Zusammenfassung

Der Fremdenverkehr ist einer der wichtigsten Wirtschaftsfaktoren im nord-östlichen Mecklenburg-Vorpommern einer sonst sehr strukturschwachen Region. Das für die Promotionsarbeit ausgewählte Untersuchungsgebiet Pommersche Bucht umschließt eine touristisch sehr attraktive Küstenlandschaft im polnisch-deutschen Grenzgebiet. Diese ist aus naturschutzfachlicher Sicht sensibel und schutzbedürftig. Die ausgeprägte Saisonalität des Fremdenverkehrs mit einem hohen sommerlichen Nutzungsdruck führt, insbesondere bei unkontrollierter Nutzung, zur Beeinträchtigung und Degradierung der sensiblen Küstenlebensräume und der biologischen Vielfalt.

Das vorgestellte Promotionsthema beschäftigt sich mit der Messung und Bewertung von pflanzlicher Artenvielfalt in Abhängigkeit anthropogener Nutzungen, insbesondere des Fremdenverkehrs. Mit Hilfe sogenannter Biodiversitätsindizes sollen Pflanzenaufnahmen nach BRAUN-BLANQUET (1964) ausgewertet werden. Es werden sowohl eigene Aufnahmen, als auch ältere Arbeiten aus den jeweiligen Gebieten mit in die Untersuchungen einbezogen. Ziel ist es, eine abgestufte Bewertungsmethodik zu entwickeln, die auch die Problematik der Rote Liste - Arten sowie der Neophyten mit berücksichtigt.

### Literatur:

- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. (3. Aufl.) – Wien.
- DIERSSEN, K. & KIEHL, K. (2000): Theoretische Grundlagen von Diversität sowie ihre Bedeutung für die Arterhaltung. – [In:] KLINGENSTEIN, F. & R. WINGENDER (Hrsg., 2000): Erfassung und Schutz der genetischen Vielfalt von Wildpflanzenpopulationen in Deutschland. – Schriftenreihe für Vegetationskunde, 32: 7-21; Bonn, Bad Godesberg (Bundesamt für Naturschutz).
- ERIKSSON, O. (1993): The species-pool hypothesis and plant community diversity. – OIKOS, 68 (2): 371-374; Copenhagen.
- FUKAREK, F. (1988): Ein Beitrag zur Entwicklung und Veränderung der Gefäßpflanzenflora von Mecklenburg. – Gleditschia 16 (1): 69-74.
- GASTON, K. J. (1997): What is rarity? – [In:] W.E. KUNIN & GASTON, K.J. (eds.) (1997): The Biology of Rarity: 30-47; London (Chapman & Hall).
- HEIP, H. R.; HERMAN, P.M.J. & SOETAERT, K. (1998): Indices of Diversity and Evenness. – Oceanis, 24 (4/1998): 61-87.
- HURLBERT, S.H. (1971): The Nonconcept of Species Diversity: A Critique and Alternative Parameters. – Ecology, 52 (4): 577-586.
- ISERMANN, M. (1997): Vegetations- und standortkundliche Untersuchungen in Küstendünen Vorpommerns. – unveröffentlichte Disseration, Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald: 323; Greifswald.
- JESCHKE, L. (1985): Vegetationsveränderungen in den Küstenlandschaften durch Massentourismus und Nutzungsintensivierung. – Archiv Naturschutz und Landschaftsforschung, 25 (1985): 223-236.
- KOWARIK, I. & SUKOPP, H. (2000): Zur Bedeutung von Apophytie, Hemerochorie und Anökophytie für die biologische Vielfalt. – [In:] KLINGENSTEIN, F. & WINGENDER, R. (Hrsg., 2000): Erfassung und Schutz der genetischen Vielfalt von Wildpflanzenpopulationen in Deutschland. – Schriftenreihe für Vegetationskunde, 32: 167-182; Bonn, Bad Godesberg (Bundesamt für Naturschutz).
- LAMPERT, W. & SOMMER, U. (1993): Limnökologie. – 440 S.; Stuttgart - New York (Georg Thieme).
- MAGURRAN, A.E. (1988): Ecological Diversity and its Measurements. – 179 S.; New Jersey (Princeton University Press).

- MOULLIOT, D. & LEPÊTRE, A. (1999): A comparison of species estimators. – *Researches on Population Ecology*, 41: 203-215; Tokyo.
- PÄRTEL, M.; ZOBEL, M.; ZOBEL, K. & MAAREL, E. VAN DER (1996): The species pool and its relation to species richness: evidence from Estonian plant communities. – *OIKOS* 75: 111-117; Copenhagen.
- POLTE, T. & SUCCOW, M. (1996): Beispielhafte vegetationsökologische Untersuchung zur Bewertung der Biologischen Vielfalt an der Binnenküste Mönchguts (Rügen). – Greifswald (Botanisches Institut).
- REGIONALER PLANUNGSVERBAND VORPOMMERN (1998): Regionales Raumordnungsprogramm Vorpommern. – 225 S.
- SMITH, B. & J. BASTOW WILSON (1996): A consumer's guide to evenness indices. – *OIKOS*, 76: 70-82; Copenhagen.
- WHITTAKER, R.H. (1972): Evolution and measurement of species diversity. – *Taxon*, 21: 213-251.

**Autor:**

Ralf Grunewald  
Institut für Aquatische Ökologie  
Ökologie  
Universität Rostock  
Albert-Einstein-Str. 3  
D-18051 Rostock

E-mail: Ralf\_Grunewald@gmx.de



Melanie MEWES

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

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

### **Abstract**

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

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

## **1 Einleitung**

### **1.1 Die Situation der Ostsee**

Hohe Stickstoff und Phosphoreinträge in die Ostsee führen zu ihrer Eutrophierung mit einer Störung des Sauerstoffhaushaltes. Dafür sind eine Reihe von Faktoren verantwortlich. Die Ostsee stellt die größte in sich geschlossene Brackwassermenge der Erde dar (LOZÁN et al. 1996). Es besteht lediglich zwischen den dänischen Inseln eine schmale und flache Verbindung zum Atlantik, was zu einer begrenzten Austauschrate des Ostseewassers mit dem der Nordsee führt. Stoffeinträge aus dem 1.745.000 km<sup>2</sup> großen Einzugsgebiet bzw. auf atmosphärischem Weg verweilen vergleichsweise lange und reichern sich an. Verschärfend kommt hinzu, dass die Ostsee durch Schwellen in mehrere Becken gegliedert ist. Ein Einbruch von sauerstoffhaltigem Salzwasser (Tiefenwasser) in das Zentralbecken östlich der Darßer Schwelle erfolgt nur unter bestimmten

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

Der Empfindlichkeit des Ökosystems Ostsee steht eine Vielzahl von Nutzungsinteressen gegenüber. Die Küstenlinie verteilt sich auf neun Staaten, das Einzugsgebiet umfasst 14 Länder mit insgesamt ca. 85 Mio. Einwohnern. Die dicht besiedelten Bereiche ( $> 200$  Einw./km<sup>2</sup>) umfassen dabei nur ca. 1 % des Einzugsgebietes und konzentrieren sich im südlichen Teil (GREN et al. 2000). Das hohe Belastungsniveau, die Vielfalt der z.T. konkurrierenden Nutzungsinteressen und die große Anzahl der betroffenen Staaten erfordern differenzierte, international abgestimmte Problemlösungsstrategien.

## 1.2 Ansätze zum Ostseeschutz

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

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

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

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

### **1.3 Mögliche Strategien für die Zukunft**

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

Ein vorgegebenes Reduktionsziel kann damit

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

## **2 Zielstellung der Arbeit**

Ziel der Arbeit ist es, einen Forschungsbeitrag zur volkswirtschaftlichen Optimierung des Ostseeschutzes zu leisten. Der Forschungsschwerpunkt liegt auf den Einträgen der Nährstoffe Stickstoff und Phosphor aus diffusen Quellen der Landnutzung. Es wird ermittelt, welche Änderungen der land- und forstwirtschaftlichen Flächennutzung im Untersuchungsgebiet (deutsches Ostsee-Einzugsgebiet von Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein) erforderlich sind, um eine festgelegte Reduktion der Immissionsbelastung der Ostsee zu erreichen. Dabei wird eine kostenminimierende Umsetzung approximiert. Hieran schließen sich die Fragen zu der Verteilung der entstehenden Kosten insbesondere zwischen Landnutzern und der Gesamtgesellschaft im Rahmen einer zukünftigen Agrarpolitik, der Finanzierungsbedarf der Maßnahmen, die Abschätzung der Auswirkungen der empfohlenen Maßnahmen auf dritte Belange (Biodiversität, Erholungseignung, CO<sub>2</sub>-Bewirtschaftung der Atmosphäre u. a.) sowie die Abschätzung der Effizienz der Maßnahmen aus der Perspektive des gesamten Einzugsgebietes an.

## **3 Untersuchungsgebiet**

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

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

Ca. 3/4 des Landes Mecklenburg-Vorpommerns liegen im Einzugsgebiet der Ostsee. Dabei entwässert Mecklenburg-Vorpommern eine Fläche von 18 297 km<sup>2</sup> zur Ostsee mit den größten Ostseezuflüssen von Peene (Einzugsgebiet ca. 5.100 km<sup>2</sup>) und Warnow (Einzugsgebiet ca. 3.300 km<sup>2</sup>) (vgl. LUNG 2001, BACHOR 1996). In Schleswig-Holstein liegt das Einzugsgebiet weitestgehend in dem Naturraum "Östliches Hügelland" mit den in die Ostsee entwässernden Flüssen Schlei und Trave. Dieser Hauptnaturraum nimmt ca. 42 % der Landesfläche ein (FILIPINSKI et al. 1997).

## **4 Vorgehensweise und Methode**

### **4.1 Darstellung des Status-quo**

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

### **4.2 Definition von Grundnutzungstypen**

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

#### **Hypothesen:**

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

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

Mögliche Grundnutzungstypen:

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

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

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

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

**Landwirtschaftliche Nutzung auf Niedermoorstandorten**

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

**Forstwirtschaftliche Nutzung**

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

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

### 4.3 Umstellungsszenario

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

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

nutzungstypen wie Ackerbau auf Niedermoorstandorten können gänzlich ausgeschlossen werden.

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

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

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

#### 4.4 Kosten

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

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

Zwei Kostenkomponenten sind zu erwarten:

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

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

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

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

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

Es ist durchaus damit zu rechnen, dass die in den Szenarien ermittelten Umorientierungen auch positive Wirkungen auf andere Belange als die Ostsee ausüben werden. Eine landwirtschaftliche Stilllegung von Niedermooren (zumindest eine starke Reduktion der Nutzungsintensität) wird von Naturschützern seit langem auch mit Blick auf den Artenschutz gefordert. Sehr positive Wirkungen dieser Art wären auch von großzügigen Gewässerrandstreifen zu erwarten. Eine Aufforstung auf geeigneten Standorten (oder die Gewährung natürlicher Wiederbewaldung durch Sukzession) läge im Interesse einer Reduzierung des globalen atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Anstiegs.

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

## **5 Erste Ergebnisse**

### **5.1 Historische Entwicklung**

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

### **5.2 Ist-Zustand**

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

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

### 5.3 Stoffausträge aus verschiedenen Formen der Landnutzung

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

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

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

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

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

### Danksagung

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

### Literatur

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

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

#### Autorin

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

E-mail: [mewes@uni-greifswald.de](mailto:mewes@uni-greifswald.de)



Uwe MÜLLER

## **Der Naturschutz im Konfliktfeld von Ökologie und Ökonomie: eine vergleichende Betrachtung der Region „Unteres Odertal“ und der Republik Litauen aus rechtlicher Sicht**

**Environmental protection in the field of conflict between ecology and economy – a comparative analysis from a legal point of view between the region “Unteres Odertal“ and the Republic of Lithuania**

### **Abstract**

Current requirements to deal with a modern and sufficient environmental law make it necessary to consider ecological as well as economic aspects of environmental protection. To combine the demands of local people with the necessity of protecting their surrounding environment should be one of the main goals. In this process you have neither winners nor losers, there can only be a global interest to meet the tasks of the future. My argument is that the situation of potential EU members, like Lithuania for example, can be compared with regions in the Eastern part of Germany like the Uckermark in Brandenburg. And in this line of argumentation while dealing with those two regions I am going to analyze conflicts and solutions to develop a common strategy for the future of environmental protection.

**Keywords:** Environmental protection, Environmental protection law, Ecology, Economy, Eastern Europe, EU-Enlargement, Lithuania, Baltic Region

## **1 Einführung**

Die Erweiterung der Europäischen Union (EU) bringt für Beitrittskandidaten wie Litauen große Veränderungen der Gesellschaft mit sich (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2001: 17).

Die unterschiedlich kulturellen Ausgangsbedingungen der Bewerber können bei der Übernahme des Acquis communautaire über die rechtsnormativ textliche Betrachtung hinaus auch in rechtskultureller Hinsicht berücksichtigt werden (HEYEN 2000: 31). Wenn möglich sollten die Bemühungen um die Verbesserung im Naturschutz und die damit verbundene Umsetzung der gemeinschaftsrechtlichen

Vorgaben sowohl auf eine Beachtung der ökonomischen als auch der ökologischen Bedingungen in den Regionen gerichtet sein, um die Zustimmung der Betroffenen für einschneidende Veränderungen durch Naturschutzprojekte gewinnen zu können (BISCHOFF 2001). Als ökonomische Gegebenheiten kommen alle mit der wirtschaftlichen Nutzung der Region zusammenhängenden Fragestellungen in Betracht. Demgegenüber sollen als ökologische Voraussetzungen alle mit der Beschaffenheit der Landschaft aus ganzheitlicher Sicht verbundenen Probleme angesehen werden.

Die Möglichkeit der ökonomischen Gestaltung des Schutzes der Natur, d. h. der Entwicklung der Ökonomie des Naturschutzes, sollte unbedingt vorangetrieben und anwendbar gestaltet werden. In diesem Zusammenhang kann sich eine ökonomisch orientierte Bewertung der Naturschutzobjekte als notwendig und nützlich erweisen (HAMPICKE 2001).

Dem Erkennen und Ausräumen der Konflikte zwischen dem notwendigen und von der EU geforderten wirtschaftlichen Aufschwung (Wachstum) (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2001: 37) und dem naturwissenschaftlichen Erfordernissen eines wirksamen Naturschutzes (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2001: 98) kommt dabei eine besondere Bedeutung zu. Der Blick auf die Kontextgestalt des Rechtes, die Einbeziehung gesellschaftlicher Besonderheiten über die bloße Textgestalt der Rechtsnorm hinaus, sollte dadurch genügend Raum erhalten (HEYEN 2000: 31).

Dies führt bis hin zu dem selbstregulierenden System der Kontextsteuerung, bei dem der Staat selbstregulative, gemeinwohlfördernde Systeme installiert, den Privaten aber die Freiheit lässt, „Ob“ sie sich hieran und „Wie“ sie sich beteiligen, um die systeminternen Ziele und Anforderungen zu erreichen oder verwirklichen zu wollen (SCHMIDT-PREUß 1997: 185; KOCH 2001).

Eine Möglichkeit bietet sich in den auszufüllenden Umsetzungsspielräumen der naturschutzrechtlichen Richtlinien des Gemeinschaftsrechts, wie z.B. die FFH - und Vogelschutzrichtlinie des Natura 2000 Netzwerkes. Hier können innerhalb des vorgegebenen Rahmens des umzusetzenden Inhalts, des „Was“, die Mittel zur Umsetzung, also das „Wie“, selbst bestimmt werden. Soll dann eine Bewertung und Analyse der Umsetzung erfolgen, kann eine Einschätzung des „Wie“ ausgehend vom „Was“ vorgenommen werden.

Das Recht des Umwelt -, Natur - und - de lege ferenda - Ökosystemschutzes ist per se interdisziplinär ausgerichtet. Fragen, die sich hier an den Juristen stellen, sind fast nie rein rechtlich, sondern lassen sich ohne Einbeziehung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse, insbesondere der Ökologie, nicht lösen (BALLSCHMIDT-BOOG 1999: 331). Folglich dürfen sich Ökologen und Naturwissenschaftler nicht sperren, normativ umstrittene oder zu regelnde Problemstellungen anzugehen und hierbei den Juristen (und Gesetzesvorbereitern) zuzuarbeiten (CZYBULKA 2000: 15). Landschaftsplaner, Ökologen und Naturschützer haben keine Aussicht auf eine erfolgreiche Umsetzung und Anerkennung ihrer Arbeit, wenn sie nicht ihrerseits auf eine angemessene und zutreffende juristische Verankerung des Naturschutzes hinwirken. Es bedarf schon aus diesem Grund eines Bündnisses zwischen Juristen, Ökologen, Landschaftsplanern und Naturschützern, um die bestehende Beziehungs - und daraus resultierende Bedeutungslosigkeit der

jeweils entwickelten, für sich genommen „fruchtbaren“ Ansätze zu überwinden (CZYBULKA 1996: 16).

Dem Zusammenspiel von ökologischen und ökonomischen Entwicklungsvorstellungen der Zukunft kann durch eine gleichzeitige Anerkennung von „Ökologischem und Ökonomischem Existenzminimum“ Rechnung getragen werden, wobei wesentlicher Teilinhalt der Anspruch auf Erhaltung und Schutz der naturnahen Lebensräume sein sollte (CZYBULKA 2001: 10).

Bei der Annäherung an den litauischen Rechtsraum gilt es zu beachten, dass fast alle naturschutzrechtlichen Regelungen Litauens nach der wiedererlangten staatlichen Eigenständigkeit verabschiedet wurden. Dabei galten die bestehenden Gesetze aus Deutschland und anderen Mitgliedsstaaten der EU als Vorbilder. Die Zeit zur Selbstfindung eigener Rechtskultur ist durch den Druck zur Übernahme der Vorgaben der EU sehr kurz gewesen. Ein Rechtsvergleich im eigentlichen Sinne bietet sich somit nicht an. Vielmehr könnte ein Vergleich der gesellschaftlichen Probleme und der Konflikte sowie deren Lösungsmöglichkeiten eine geeignete Bewertungsgrundlage sein. Dadurch würde innerhalb der gemeinschaftsrechtlichen Vorgaben als Gesetzestext der Kontext als Besonderheit der Region im Vergleich zu Kontexten anderer Regionen von Mitgliedsstaaten eine Erschließung des neu gesetzten Rechts in Form des Gesetzestextes ermöglichen. Die Lösungsmöglichkeiten können miteinander verglichen und wenn möglich durch Austausch verbessert werden. So werden die Veränderungen durch die Rechtssetzung begleitet und einer optimalen Umsetzung zugeführt. Die Sensibilisierung des Rechts erhöht die Durchsetzungskraft und die Vollzugsmöglichkeit.

Die Auswirkungen der Übernahme eines anderen Rechtssystems bestehen auch noch heute in den neuen Bundesländern, wie Brandenburg, wo der Druck auf die Gesellschaft zur Schaffung neuer Arbeitsplätze fast alle anderen Themen überdeckt. Speziell im östlichen Teil von Brandenburg, in der Uckermark, in der Region um den Industriestandort Schwedt an der Oder, prallen die Konflikte zwischen Ökonomie und ökologisch geleitetem Naturschutz auf engem Raum aufeinander (BURYN 2001).

Durch den Beitritt Brandenburgs zur Bundesrepublik Deutschland (BRD) 1990 erfolgte gleichzeitig der Beitritt zur EU (BISCHOFF 2001). Im Ergebnis fand sich Brandenburg, genauer die Uckermark, in einer dreifachen Randlage als östliche EU - Außengrenze, sowie als deutsche und brandenburgische östliche Staatsgrenze. Die Umsetzung des Gemeinschaftsrechts musste ohne Verzögerung erfolgen. Der wirtschaftliche Zusammenbruch und die Neuorganisation des ökonomischen Bereichs waren Folgen daraus. Diese Probleme werden in vergleichbarer Form auch in den Beitrittsländern, wie Litauen, auftreten. Die Untersuchung beider Gebiete bietet sich somit als Vergleich der Kontexte der rechtlichen Regelungen an.

In einem ersten Schritt erfolgt die Untersuchung der Situation in der Region um die Stadt Schwedt in der Uckermark bezüglich der Probleme und Möglichkeiten des Schutzes der Natur im Spannungsfeld zwischen Ökonomie und den ökologischen Anforderungen eines wirksamen Naturschutzes. Die Konfliktfelder sind dabei aufzuzeigen und zu diskutieren. Erste Schlussfolgerungen sollen gezogen und Lösungsansätze unterbreitet werden. Im Mittelpunkt steht dabei die Bewertung des

Nationalparkgesetzes des Nationalparks „Unteres Odertal“ (NatPUOG) (GES. BLATT. 1995: 113).

Nach einer kurzen Vorstellung der Ausgangslage bezüglich der Umweltsituation und der Ökonomie in Litauen werden die Konflikte dargestellt und Schlussfolgerungen im Vergleich zur Problembewältigung der Region Unteres Odertal für den Naturschutz in Litauen gezogen.

Abschließend sollen Lösungsmöglichkeiten diskutiert und bewertet werden, welche sich in der Aufstellung von Beurteilungskriterien der Umsetzungs-bemühungen der naturschutzrechtlichen Vorgaben des Gemeinschaftsrechts für Litauen widerspiegeln sollen.

## **2 Die Region „Unteres Odertal“**

### **2.1 Der Nationalpark „Unteres Odertal“**

Im Juni 1995 hat der Landtag von Brandenburg das Gesetz zum Nationalpark „Unteres Odertal“ verabschiedet (GES. BLATT. 1995: 113) und damit die Verordnung zur einstweiligen Sicherung des Gebietes „Unteres Odertal“ als zukünftigen Nationalpark vom 6. März 1992 ersetzt (GES. BLATT. 1992: 142). Als noch junger Nationalpark in Deutschland ist er als Bestandteil des Europa-Nationalparks eines deutsch-polnischen Naturschutzprojektes angelegt (MÖNNIGHOFF 1997: 31).

Das gesamte Gebiet ist Teil des Naturraumes „Untere Odertal - Niederung“. Es handelt sich um den Unterlauf des Oderstromes kurz vor seiner Einmündung in das Stettiner Haff und die südliche Ostsee. Der Park liegt im Osten des Landes Brandenburg ca. 100 km nordöstlich von Berlin (siehe Abb. 1), unmittelbar in der Grenzregion zu Polen (BFN 1997: 206; BFN 1999: 116). Der Inter - Nationalpark soll auf beiden Seiten der Unteren Oder im Auenbereich zwischen Hohensaaten / Cedynia im Süden bis zum Skosnica - Kanal vor den Toren Stettins im Norden aufgebaut werden. Auf der deutschen Seite sind von dem ca. 10500 ha großen Schutzgebiet etwa 1100 ha als Kernzone ausgewiesen. Sieben frühere Naturschutzgebiete mit einer Gesamtfläche von 1060 ha und 5400 ha Feuchtgebiete von internationaler Bedeutung (Ramsar - und Vogelschutzgebiete) werden vom heutigen Nationalparkgebiet mitumfasst. Damit ist das Untere Odertal das bedeutendste Rastgebiet für Wat - und Wasservögel im mitteleuropäischen Tiefland. Eine Anmeldung als Flora - Fauna - Habitat Gebiet (FFH - Gebiet) erfolgte bereits im Jahr 2000 (NATIONALPARKBERICHT 2000: 4). Ein ca. 12000 ha großes Landschaftsschutzgebiet umgibt den Nationalpark als Pufferzone (GES. BLATT. 1995: 114; § 5 NatPUOG; BFN 1997: 206). Die 2 - 7 km breite und auf deutscher Seite in Nord - Süd Richtung zwischen Hohensaaten und Mescherin 45 km lange Flussaue wird von vielen Altarmen der Oder durchzogen und kann wertvolle Wälder und blütenreichen Trockenrasen vorweisen. Nirgendwo sonst in Mitteleuropa sind derart große seminaturliche Überflutungsräume erhalten geblieben (GES. BLATT. 1995: 114; § 3 NatPUOG; MÖNNIGHOFF 1997: 31).

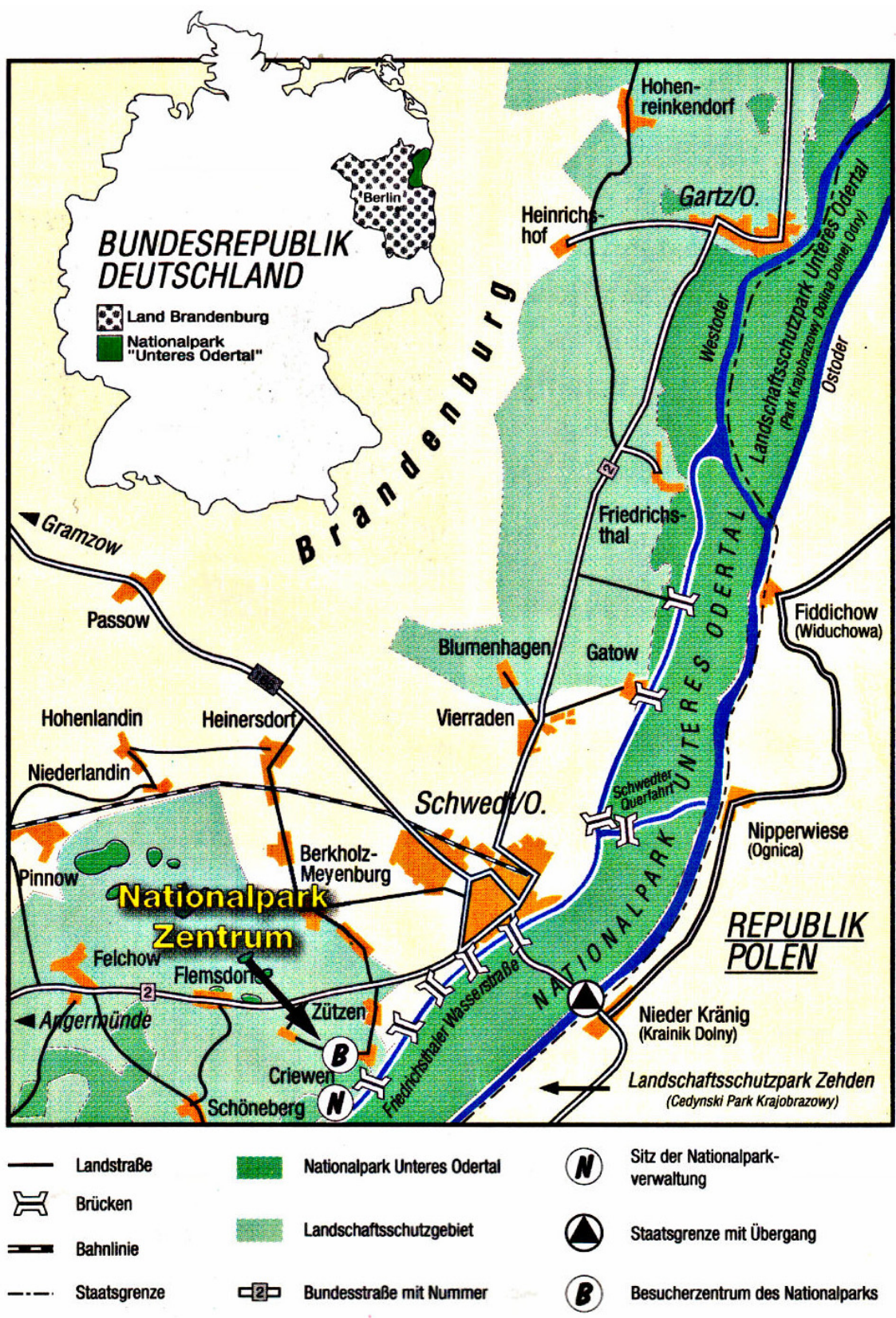


Abb. 1 Nationalpark „Unteres Odertal“ nach Nationalparkverwaltung

Bis spätestens zum 31. Dezember 2010 soll die Hälfte der Fläche des Nationalparks als Schutzzone I, d. h. als Totalreservat innerhalb dessen keine Nutzung mehr erfolgt, ausgewiesen werden (GES. BLATT. 1995: 114; § 4 IV NatPUOG).

Auf diesen ca. 5000 ha soll die Natur sich selbst überlassen und „Mut zur Wildnis“ gezeigt werden (BURYN 1997: 153). Die in Tabelle 1 aufgeführten Nutzungsänderungen sind für den abschließenden Umgestaltungsprozess geplant. Dadurch findet in den bewaldeten Gebieten keinerlei und in den Grünlandbereichen nur noch eine eingeschränkte Nutzung statt. Lediglich die Fischerei kann mit nur leichten Veränderungen weiterbetrieben werden. Die Einschränkungen betreffen somit vor allem die Land - und Forstwirte in der Region.

**Tabelle 1** Soll - Istvergleich der Nutzung der Schutzzonen nach Nationalparkbericht 2000

Schutzzone II – Ist	Schutzzone I – Ist	Schutzzone II – Soll	Schutzzone I – Soll
Grünland beweidet 4600 ha		Grünland beweidet und zur Mahd 4190 ha	
Grünland zur Mahd 2000 ha			
Offenland ohne Nutzung 340 ha	Offenland 380 ha		Offenland 3130 ha
Fischereigewässer 1420 ha		Fischereigewässer 1060 ha	Gewässer 360 ha
Wald 1030 ha	Wald 730 ha		Wald 1750 ha

Auen sind vom Flusshochwasser regelmäßig überflutete Bereiche und gehören zu den gefährdeten Lebensräumen in Europa. 4700 ha stehen im Winterhalbjahr, selten auch im Frühsommer, unter Wasser. Im polnischen Teil kommen noch 5700 ha hinzu. Diese Flächen bilden ein Rückhaltebecken für das Hochwasser und gleichzeitig eine große biologische Kläranlage, welche das belastete Flusswasser säubert (MÖNNIGHOFF 1997: 32).

Die Abhängigkeit vom Wasser prägt die für Auen typischen unterschiedlichen Pflanzengesellschaften, wie Feuchtwiesen, dichte Röhrichte und großflächiger Seggenrieden (MÖNNIGHOFF 1997: 49).

Die Eigentumsverhältnisse im Schutzgebiet sind breit gefächert und die einzelnen Grundstücke bestehen oft nur aus sehr kleinen Flächen. In Tabelle 2 ist die Verteilung der Eigentumsverhältnisse im einzelnen aufgeführt.

**Tabelle 2** Verteilung der Eigentümer der Nationalparkfläche nach Nationalparkbericht 2000

Eigentümer	Fläche in ha
einzelne Privateigentümer	2330
Boden -, Verwaltungs - und Verwertungsgesellschaft	1380
Bund, Land und Kommune zusammen	2640
Verein der Freunde des deutsch-polnischen Europa-Nationalparks Unteres Odertal e.V.	3280

Durch die große Anzahl von ca. 3000 Privateigentümern mit zusammen ca. 2330 ha ist der Abstimmungsaufwand bei Nutzungsänderungen sehr groß. Die zwischenzeitlich schon auf fast 50 % der Flächen aufgegebene landwirtschaftliche Nutzung wurde durch die Subventionspolitik der EU und des Landes für die Landwirte wieder interessant (BURYŃ 2001). Die Eigentümer wiederum, die diese Flächen größtenteils an die Nutzer verpachtet haben, werden nunmehr kein Interesse an dem Verkauf ihres Eigentums haben. Sollte dies dennoch der Fall sein, würde dem Nutzer der Pachtvertrag gegen seinen Willen gekündigt werden müssen. Diesem Vorgang fühlen sich die Nutzer schutzlos ausgeliefert und reagieren mit Unverständnis und Empörung darauf. Damit sind Konfrontationen schon vorhersehbar.

## **2.2 Der Industriestandort Schwedt an der Oder**

Zum Verständnis der Entstehung der existierenden Konflikte der Region soll zunächst eine kurze Übersicht des Industriestandortes erfolgen.

Die ca. 40000 Einwohner zählende Stadt Schwedt an der Oder liegt unmittelbar am Nationalpark und ist von diesem nur durch die Hohensaaten - Friedrichsthaler - Wasserstraße getrennt. Die Stadt ist als wichtiger Industriestandort für ganz Brandenburg von Bedeutung. Trotz eines massiven ökonomischen Einschnitts in den Jahren nach der Wiedervereinigung und einer sehr hohen Abwanderung von ca. 15000 Bürgern ist es doch gelungen, die industriellen Kerne in der Stadt zu erhalten und sogar zu erweitern. Heute stehen neben der alten Papierfabrik zwei neue Papierwerke, welche in nächster Zeit erweitert werden sollen (BISCHOFF 2001; MÖNNIGHOFF 1997: 70). Dank der umweltorientierten Ausstattung und einer ebensolchen Produktionsweise konnten die Anlagen in unmittelbarer Nachbarschaft zum Nationalpark errichtet werden (MÖNNIGHOFF 1997: 70). Durch die chemisch - mechanische und die in Differentialfahrweise betriebene biologische Kläranlage können etwa 98 % der biologisch abbaubaren Inhaltsstoffe des Abwassers entfernt werden (MÖNNIGHOFF 1997: 72).

Direkt neben der neuen Papierfabrik wurde Anfang 2002 der neue Hafen für Küstenmotorschiffe eingeweiht. In diesem Zusammenhang ist im Rahmen der Verkehrsprojekte „Deutsche Einheit“ der Ausbau der Binnenwasserstraße für Europaschiffe mit einer Breite von 12 m vorgesehen. Die Planungen gehen von einem Ausbau auf die doppelte Breite und eine Tiefe von 2,80 m aus. Im

Verkehrswegeplan sind dafür etwa 700 Millionen Euro veranschlagt. Das Projekt ist in die höchste Dringlichkeitsstufe als „vordringlicher Bedarf“ eingeordnet. Damit wird Schwedt direkt von der Ostsee erreichbar, ohne erst die Schiffsladungen in Stettin auf kleinere Oderkähne verbringen zu müssen (BFN 1997: 217). Die Hafenanlage wird mit Gleisanschluss und neuer Straßenanbindung einen wichtigen Umschlagplatz zwischen der Ostsee und der Großregion Berlin bilden.

Die Erdölraffinerie, der größte Arbeitgeber in der Region, liegt 3 km westlich des Nationalparks. Pro Jahr werden etwa 12 Millionen Tonnen Erdöl verarbeitet. Den südlichen Teil des Schutzgebietes queren zwei internationale Rohölpipelines. Sie kommen von den Wolga - Uralfeldern und laufen bei Bielinek unter der Oder hindurch. Sie versorgen die Region mit Rohöl und gabeln sich bei Schwedt in Richtung Leuna und Rostock (BFN 1997: 216). Eine neue große Chemieanlage ist derzeit in Planung und soll die Zwischenprodukte der bestehenden Anlage weiterveredeln. Damit kann der Industriestandort Schwedt gesichert und ausgebaut werden (BISCHOFF 2001). Diesem Ausbau dient auch der geplante Bau eines neuen Grenzübergangs nördlich von Schwedt, dessen Zufahrt den Nationalpark schneiden müsste (GES. BLATT. 1995: 116; § 8 I NR. 5 NatPUOG ).

### **2.3 Die Konflikte der Region**

Die enge räumliche Verbindung zwischen Industrie und Nationalpark verursacht eine Vielzahl von Konfliktsituationen. Der wirtschaftlichen Entwicklung und damit dem weiteren Wachstum in der Region steht die Bemühung um die Anerkennung des Nationalparks nach internationalen Richtlinien der IUCN gegenüber, welche eine Nutzungseinstellung großer Teile des Schutzgebietes voraussetzt. Dazu kommt noch die Meldung als FFH - Gebiet die ein Verschlechterungsverbot und damit eine Bestandssicherung hinsichtlich der ökologischen Beschaffenheit nach sich zieht (BFN NATURA 2000: 37).

Dies führte bei der Industrie zu der Befürchtung, die geplanten Neuinvestitionen in Anlagen könnten wegen naturschutzrechtlicher Beschränkungen nicht realisiert werden (BISCHOFF 2001).

Neben dem Industriestandort Schwedt stellt das Steinkohlekraftwerk gegenüber Gartz auf der polnischen Seite ein großes Problem für das Flussökosystem dar. Da das Kraftwerk, das mit 22000 t Steinkohle pro Tag versorgt wird, keine Kühltürme hat, wird zur Kühlung etwa 60 % der Wassermenge der Ost - Oder verwendet. Dadurch werden rund 90 m<sup>3</sup> Wasser pro Sekunde aus der Oder gebraucht. Neben der Kühlwasserentnahme stellen die 280 ha großen Absetzteiche außerhalb des Nationalparks ein weiteres Problem dar. Das Wasser - Asche - Gemisch und die Flugasche wurden in Absetzteiche eingeleitet, in welchen nunmehr ca. 11 Millionen Tonnen Asche lagern. Wenn diese Absetzbecken austrocknen entstehen riesige Aschewolken (BFN 1997: 216).

Bei der anfänglichen Planung des Projektes „Nationalpark Unteres Odertal“ konnte nicht davon ausgegangen werden, dass die industriellen Kerne in der Region erhalten bleiben und ausgebaut werden. Diese für den Naturschutz gewiss nicht

vorteilhafte Entwicklung ist jedoch für die Menschen in der Region die Voraussetzung, den Lebensunterhalt in dieser sonst strukturschwachen Gegend zu verdienen. Der Rückgang der Bevölkerung um fast 30 %, bedingt durch eine Arbeitslosenquote von ca. 22 %, ist dafür ein deutlicher Beleg. Hier von rein ökonomischen Interessen zu sprechen, wäre der Dimension der Auswirkungen auf die Existenzgrundlage der Bevölkerung der Region nicht angemessen. Es muss eine Lösung zum Miteinander von Naturschutz und Wirtschaftsentwicklung gefunden werden, will man nicht die Region für die Menschen aufgeben.

Die geplante Nutzungsbeschränkung für die Forst -, Land -, Fischerei - und Wasserwirtschaft bringt noch zusätzlich erhebliche Belastungen mit sich. Diese Beschränkungen wirken jedoch vor dem Hintergrund der Vereinbarkeit von Industriestandort und Nationalpark eher zweitrangig, müssen jedoch ebenfalls zur Kenntnis genommen und als Konflikt erkannt werden.

An die Ausübung der Abbaurechte für Brandenburgs größtes Kiesvorkommen innerhalb des Schutzgebietes von ca. 1000 ha kann nicht gedacht werden, da somit eine großflächige Zerstörung wertvoller Aueböden und Lebensräume verbunden wäre (BFN 1997: 216).

Die Bevölkerung war von dem Projekt „Nationalpark“ zunächst begeistert. Durch überzogene Erwartungen an den Nationalpark wurden neue Einnahmequellen im Tourismusbereich erhofft und Investitionen getätigt. Dabei kam es durch mangelnde Information von verschiedenen Stellen zu Fehleinschätzungen des Ausmaßes der Besucherzahlen und der zeitlichen Komponente der möglichen Entwicklung. Die daraus resultierende Enttäuschung leitete den Stimmungsumschwung ein (BURYN 2001).

Das Auseinanderfallen von Nutzer und Eigentümer in über 90 % der Flächen des Schutzgebietes führte ebenfalls zu Irritationen, Unverständnis und großen Enttäuschungen auf der Nutzerseite, nachdem die ersten Flächen für den Nationalpark aufgekauft und die Nutzungsverhältnisse aufgekündigt wurden (Bischoff 2001).

Durch eine ungenügende Informationspolitik und die Missachtung der Stimmung in der Region stand das Projekt plötzlich einer breiten Ablehnung in der Gesellschaft gegenüber und es kam zu wütenden Protesten und Demonstrationen (BURYN 2001).

Durch den Erlass des Nationalparkgesetzes wurden von der Landesregierung viele Probleme aufgegriffen und ein Kompromiss zwischen den verschiedenen Interessen gesucht. Insbesondere im § 8 I NatPUOG (alle nachfolgenden) wurden weitreichende Eingriffe für die Industrie und den Straßen - und Wasserstraßenbau festgelegt. In § 8 I Nr. 3 heißt es „Ausgenommen sind die notwendigen Arbeiten zur Unterhaltung und Instandsetzung der Pipelines, der Bundesfernstraße sowie der Bundeswasserstraße“ und weiter „im Benehmen mit der Nationalparkverwaltung“;. Dadurch könnte der Eindruck entstehen, die Eingriffe gehen automatisch gegen die Ziele des Nationalparks, jedoch wird in Nr. 3 weiter ausgeführt „Arbeiten sind nach Art, Umfang und Zeitpunkt“ und „an den Schutzziele auszurichten“. Die somit vollzogene Klarstellung verbunden mit der Benehmensherstellung zur Nationalparkverwaltung kann die Eingriffe minimieren. Der Bau eines neuen Grenzübergangs und damit einer Zerschneidung des Parkgebietes ist in § 8 I Nr. 5 ausdrücklich erlaubt.

Die Beteiligten einigten sich jedoch auf einen Stelzenbau, auf den der Straßenkörper gesetzt wird (BISCHOFF 2001). Die Auswirkungen werden dadurch nicht beseitigt, aber doch merklich verringert, da die Durchquerung der Konstruktion problemlos möglich sein soll. Weitere Ausführungen in den §§ 10 ff. zur Forstwirtschaft, Jagd und Fischerei sehen eine grundsätzliche Zulässigkeit vor, bestimmen aber gleichzeitig die Orientierung an den Zielsetzungen für den Nationalpark. Auch die Gewährleistung des Hochwasserschutzes ist in § 13 I berücksichtigt. Im übrigen soll der Nationalpark das Ziel verfolgen, die Auenlandschaft zu schützen, zu pflegen, zu erhalten und in ihrer natürlichen Funktion zu entwickeln (§ 3). Diese Lösungen wurden jedoch von einigen Vertretern des Vereins der Freunde des Deutsch-Polnischen Europa-Nationalparks „Unteres Odertal“ e. V. scharf angegriffen und die Diskussion wurde erneut in die Öffentlichkeit getragen (BISCHOFF 2001; ERNST 1997a; KERSTING 1997). Es kam zu einer Verhärtung der Fronten und eine sachliche Auseinandersetzung war nicht mehr möglich (SIRLESCHTOV 1998; TOMCZAK 1998; ERNST 1998, 1997b, 1997c; STEYER 1998; JAHR-WEIDAUER 1998; WINTERS 1997; EHLERT 1997; JAQUET 1997; PERGANDE 2000). Erst nach vielen Bemühungen durch die Landesregierung wurde die Auseinandersetzung wieder sachorientiert (SZYMANSKI 2000; SAUERBIER 2001; WEYER 2000; WEBER 2002; DIETRICH 2000; ENDMANN 2000a, 2000b). Zur Ausräumung der Differenzen trug auch der im Juni 1999 fertiggestellte Pflege - und Entwicklungsplan Unteres Odertal nicht bei, welcher durch den Förderverein in Auftrag gegeben wurde und nunmehr in überarbeiteter Form vorgelegt werden soll (HÖPPNER 1999). Er geht in der bestehenden Version nicht mit den Zielen des Nationalparkgesetzes konform. Weitere Planungen zur Entwicklung des Gebietes sollen im „Agrarstrukturellen Entwicklungsplan“ und in einer wasserwirtschaftlichen Machbarkeitsstudie vorgenommen werden (NATIONALPARKBERICHT 2000: 22). Dadurch sollen die unterschiedlichen Interessen aller Beteiligten zum Ausgleich gebracht und die Lösungsansätze im Nationalparkgesetz umgesetzt werden. Insbesondere die naturverträgliche Land - und Forstwirtschaft und die Belange des Hochwasserschutzes können in dieser Form ernsthaft analysiert werden.

## **2.4 Schlussfolgerungen**

Die in der Region Unteres Odertal entstandenen und zum Teil noch bestehenden Konflikte machen deutlich, dass große Veränderungen der Landschaft durch Naturschutzprojekte nur mit den betroffenen Menschen und in einem angepassten Zeitrahmen erfolgen können. Der Naturschutz als Anliegen verfügt über keine mächtigen Interessenvertreter wie die Wirtschaft. Aus diesem Grund ist es um so wichtiger, dass die Gesellschaft von den Zielen überzeugt und mit ihren Problemen ernst genommen wird. Gegen die Überzeugung der ansässigen Bevölkerung wird es der Naturschutz immer sehr schwer haben, sich wirklich durchzusetzen.

Die Planung und Durchführung von Naturschutzmaßnahmen darf nur innerhalb demokratischer Spielregeln erfolgen. Extrempositionen auf beiden Seiten führen genauso wenig zu einem vertretbaren Ergebnis wie die Durchsetzung von „Oben“ nach „Unten“. Konflikte sollten innerhalb der Region gelöst werden. Naturschutz

muss für die Bewohner der Region nachvollziehbar und bezahlbar sein. Die wirtschaftliche Situation der Region muss dies erlauben können, d. h. die Einschränkungen der Nutzung der Landschaft darf nicht einseitig zu Lasten der ökonomischen Situation der Bürger erfolgen.

Die Wirtschaft lebt von Visionen nicht nur von „harten Fakten“ und mit dem Nationalpark als Verbindungsstück zum polnischen Nachbarn und grünem Tor zum Osten, muss es möglich sein, neue Zukunftsperspektiven zu entwickeln (BURYŃ 2001; JUSTIZ - UND VERKEHRSMINISTERIUM 2002). Das bereits bestehende Nebeneinander von Nationalpark und Wirtschaftsstandort zwingt zum Umdenken, soll die Zukunft für beide Seiten von Vorteil sein. Aus dem vermeintlichen Gegeneinander von Schutz und Nutzung der Natur kann ein Miteinander werden, wenn neue innovative Ideen, wie z. B. die Einführung und Vermarktung eines freiweidenden „Nationalparkrindes“, dies ermöglichen. Damit würde ein Verkaufsschlager aus ökologischer Landwirtschaft den Naturschutz durch eine verträgliche landwirtschaftliche Nutzung ermöglichen und eine breite Zustimmung in der Bevölkerung sichern. Dies wäre ein Beispiel für die Verbindung von Landwirtschaft und Naturschutz, denn nur bei ökologischer Unbedenklichkeit könnte das Nationalparkrind ein ökonomischer Erfolg werden (BISCHOFF 2001).

Möglich wäre die Etablierung eines Gütesiegels für besonders umweltfreundliche Produktionsweisen, mit welchem die Industrie aktiv auf dem Markt werben könnte und der Standort am Schutzgebiet ein Vorteil werden kann. Für den Nationalpark besteht dadurch die Möglichkeit, beispielhaft zu beweisen, dass Naturschutz nicht der Wirtschaftsentwicklung schaden muss, sondern diese sehr wohl unterstützen kann. Die gesamte Region würde damit eine Vorreiterrolle einnehmen und als Vorbild für den Umgang mit und die Lösung von derartigen Problemen auf sich aufmerksam machen.

Diese Zukunftsperspektiven haben ihre Grundlage durch die Verabschiedung des Nationalparkgesetzes erhalten. Durch die Vorgabe der Lösungsmöglichkeiten der größten Probleme konnte die Entschärfung der Konflikte vorangetrieben werden. Wesentliche Forderungen der Wirtschaft und der Nutzer wurden berücksichtigt und mit den Zielen der Entwicklung des Schutzgebietes in Einklang gebracht. Damit hat hier der Kontext, in Form der Streitigkeiten der Betroffenen, den Text unmittelbar beeinflusst. Die Rolle des gesetzten Rechts besteht vorliegend im Festhalten und dem Umsetzen von gemeinsamen Positionen unter dem Ziel des Schutzes der Natur. Dabei stellt der Schutz der Natur das „Was“ dar, welches nur noch auf geeignete Weise umgesetzt werden sollte (das „Wie“). Dadurch erfüllt der Gesetzestext eine zentrale Vermittlerrolle bei der Suche nach vertretbaren Lösungen. Dabei ist die Akzeptanz und die Überzeugung aller Beteiligten zusätzlich wichtig, wenn der Gesetzestext den Kontext, d. h. die Konflikte der Region, sinnvoll verändern soll. Die noch bestehenden Streitigkeiten nach der Verabschiedung des Gesetzes verdeutlichen dies anschaulich. Mit der Vorgabe eines Weges aus der gegenseitigen Blockade konnte das Recht jedoch die Diskussion lenken und versachlichen.

Die Voraussetzungen im „Unteren Odertal“ sind damit geschaffen worden. Die Umsetzung der Kompromisse muss erst beginnen. Für die Entwicklung des Nationalparks nach internationalen Kriterien wurde durch das Nationalparkgesetz

ausreichend Schutz gewährt. Dabei kann die genaue zeitliche Abfolge nicht vordergründig sein, vielmehr ist der Schutz und Erhalt des Istzustandes von Bedeutung.

Ohne die Erkenntnis der Konflikte in der Region könnte die Bewertung und Interpretation des Nationalparkgesetzes nicht hinreichend genau erfolgen. Die Beachtung der Probleme in der Region sind damit besonders für Gesetze zum Schutz der Natur unverzichtbar, soll eine Analyse des Textes durch Einbeziehung des Kontextes, erfolgreich sein. Die Beachtung des Kontextes gewinnt immer dann an Beachtung, wenn es in sozioökonomischen Grenzsituationen, wie in Schwedt, zur Zuspitzung von Konflikten kommen muss. In diesen Situationen kann nur die Beachtung des Kontextes eine verbindliche und vertretbare Lösung, die sich im Gesetzestext widerspiegeln muss, ergeben. Soll der Naturschutz in diesen Grenzsituationen, die über ein wirtschaftliches Interesse weit hinausgehen, an den Problemen der Gesellschaft vorbei durchgesetzt werden, kann dies zu einer Schädigung der eigentlichen Ziele des Schutzes der Natur führen. Die Widerspiegelung der verschiedenen Interessen und deren Ausgleich müssen im Rechtsrahmen Berücksichtigung finden, soll dem Anliegen des Naturschutzes langfristig gedient werden.

Auch bei der Umsetzung der gemeinschaftsrechtlichen Vorgaben in Litauen sollten diese Grundsätze Beachtung finden, wenn die für die Regionen beste Möglichkeit der Ausfüllung, also des „Wie“, der Freiräume der FFH - Richtlinien, also des „Was“, als Ziel steht.

### **3 Die Republik Litauen**

#### **3.1 Naturräumliche Bedingungen**

Zunächst soll die Vorstellung des Untersuchungsgebietes erfolgen, um die sich aus den natürlichen Gegebenheiten der Landschaft im Zusammenspiel mit ihrer Nutzung ergebenden Konflikte einordnen zu können.

Die Republik Litauen liegt nördlich des 54. Breitengrades und somit an dem gleichen Breitengrad wie Rostock oder Nordirland (PENKAITIS 1994: 46; GEOGRAPHISCH KARTOGRAPHISCHES INSTITUT MEYER 1997: 12). Von den drei Baltischen Republiken in Ostmitteleuropa ist sie die südlichste. In Litauen leben rund 3,7 Millionen Einwohner auf einer Fläche von 65200 km<sup>2</sup>. Damit leben rund 57 Einwohner pro km<sup>2</sup> (im Vergleich dazu Irland mit 51 Einwohner pro km<sup>2</sup>) (GEOGRAPHISCH KARTOGRAPHISCHES INSTITUT MEYER 1997: 17). Davon leben wiederum ca. 70 % in den Städten (MARCIJONAS 1998: 157).

Somit verfügt Litauen über einen sehr dünn besiedelten ländlichen Raum, was auf eine Verringerung der Konfliktfelder zwischen Nutzung und Schutz der Natur schließen lässt.

Die territoriale Ausdehnung ist damit beispielsweise größer als die der Schweiz oder Dänemarks. Schon jetzt befindet sich Litauen im Mittelpunkt Europas, zumindest in geographischer Hinsicht, denn nach Berechnungen des Nationalen

Geographischen Instituts Frankreichs liegt er 24 km nördlich der Hauptstadt Vilnius (ARMBRÜSTER 1998: 19; RUDALEVIČIUS 1994: 295).

Die größte Ausdehnung des Landes zwischen der Nord - Südgrenze beträgt 276 km. Die maximale Ost - Westausdehnung geht nicht über 373 km hinaus (MINISTERIUM FÜR FORSTWIRTSCHAFT 1994: 11). Der größte Teil des litauischen Territoriums ist Flachland. Nennenswerte Erhebungen begegnet man im Nordwesten und im Osten. Diese Erhebungen gehören zu den baltischen Hügelketten. Die nordwestliche Hochfläche liegt 120 bis 180 m, die ost - südlitauische 150 bis 200 m über dem Meeresspiegel. Zwischen den nordwestlichen und den ostlitauischen Hochflächen befindet sich eine relativ ebene Niederung, zwischen 25 bis 100 m, die nur durch Flusstäler unterbrochen wird (PENKAITIS 1994: 46). 27,9 % des Landes sind bewaldet, wobei 38 % davon Kiefernwälder sind (ENVIRONMENTAL PROTECTION MINISTRY 1998: 13). Fast die Hälfte des Landes ist kultiviert, wovon wiederum zwei Drittel Ackerflächen sind (MARCIJONAS 1998: 157). 71,5 % des Landes gehören zum Einzugsgebiet des Nemunas (Memel). Nur 1,5 % der Wasserläufe können als naturbelassen eingeschätzt werden (VAIČIŪNAITĖ 1998: 245).

Es gibt 2833 Seen deren Fläche größer ist als 0,5 ha. Der tiefste See ist der Tauragnas - See mit einer Tiefe von 60,5 m und der größte See ist der Drukschiai - See mit 4480 ha (MINISTERIUM FÜR FORSTWIRTSCHAFT 1994: 13). Der überwiegende Teil der Seen befindet sich im östlichen Teil des Landes. Sie sind teilweise versumpft und bilden Niederungsmoorflächen (PENKAITIS 1994: 46). 71 % aller Flüsse sind kürzer als 10 km (MINISTERIUM FÜR FORSTWIRTSCHAFT 1994: 13). Der Nemunas als längster Fluss kommt auf eine Gesamtlänge von 937 km, davon 475 km auf litauischem Gebiet (PENKAITIS 1994: 46).

### 3.2 Bodenverhältnisse

Für die Beurteilung der Probleme des Miteinander von agrarischer Nutzung der Landschaft und deren Schutz sind Angaben zur Struktur der Bodenverhältnisse unabdingbar.

Die heutigen Oberflächensedimente stammen aus der Zeit der Tätigkeit der letzten Gletscher vor etwa 13000 Jahren. In Tabelle 3 sind sie nachfolgend aufgeführt:

**Tabelle 3** Oberflächensedimente in Litauen nach Penkaitis 1994

Oberflächensedimente:	Anteil an der Landesfläche in %
Moränen	60
Fluvioglaziale und alluviale Sedimente	23
See - und Gletscherablagerungen	10
Organische Sedimente (Torf)	6
Äolische Sedimente	1

**Tabelle 4** Bodentypen in Litauen nach Penkaitis 1994

Bodentypen:	Anteil an der Landesfläche in %
Podsolböden	49,5
Podsol - Moorböden	18,4
Rasen – Gleyböden	17,6
Rasen - Karbonatböden	7,8
Moorböden	5,3
Alluviale Böden	1,4

Die meisten Böden in Litauen weisen einen hohen Karbonatgehalt auf. Im wesentlichen können sechs Bodentypen (Tab. 4) unterschieden werden.

Man findet in Litauen von leichteren Sandböden, die nur eine sehr arme Vegetation hervorbringen bis zu schwersten Tonböden, deren Bearbeitung sich sehr schwer gestaltet, auch sämtliche Zwischenstufen (PENKAITIS 1994: 47).

Im Verhältnis zum Bodentyp ergibt sich die Verteilung der Bewaldung aus Tabelle 5 wie folgt (MINISTERIUM FÜR FORSTWIRTSCHAFT 1994: 13):

**Tabelle 5** Verteilung der Bewaldung nach Bodentyp, nach Ministerium für Forstwirtschaft 1994

Bodentypen:	Waldbewuchs des Landes in %
Podsolböden	47
Rasemoor	23
Moor	11
Rasen – Gleyböden	9
Waldbraunerde	5,3
Rasenkarbonatböden	4

Die litauischen Böden sind vor allem in der nordwestlichen Region kalkarm. Durch die hier auftretenden reichlichen Niederschläge wird viel Kalk aus der Krume ausgewaschen. Nur im Südwesten des Landes verfügen die Böden über einen ausreichenden Kalkgehalt. Um die Wettbewerbsfähigkeit der litauischen Landwirtschaft im internationalen Maßstab zu erreichen, muss der künstliche Ausgleich des Säuregehalts im Boden erfolgen, wenn diese Gebiete überhaupt noch in die agrarische Nutzung fallen sollen (PENKAITIS 1994: 47).

### 3.3 Klima

Die Grenzlage Litauens zwischen den Biogeographischen Regionen „kontinental“ und „boreal“ ist für die klimatischen Bedingungen des Landes prägend (ENVIRONMENTAL PROTECTION MINISTRY 1998: 9; BFN NATURA 2000: 12). Trotz der

relativ geringen Ausdehnung des Landes weisen die klimatischen Verhältnisse beachtliche Unterschiede auf (siehe Tab. 6).

**Tabelle 6** Klimaverhältnisse in Litauen nach Penkaitis 1994, Ministerium für Forstwirtschaft 1994

Mittel der Jahrestemperatur im Nordosten	5,7°C
Mittel der Jahrestemperatur im Südosten	7,1°C
Jahresdurchschnitt des Landes	6,1°C
Temperaturmaximum	37°C
Temperaturminimum	-42,9°C
Niederschlagsmenge Küstenregion	756 mm
Niederschlagsmenge im Landesinneren	678 mm
Sonnenscheindauer im Jahresmittel	1665 h

Die mittleren Jahrestemperaturen schwanken zwischen 5,7 Grad Celsius im nordöstlichen Landesteil (Ignalina) und 7,1 Grad Celsius im südöstlichen Gebiet (Druskininkai) (PENKAITIS 1994: 48). Die höchste Temperatur der letzten 50 Jahre wurde im Sommer 1979 mit 37 Grad Celsius und die niedrigste im Winter 1956 mit minus 42,9 Grad Celsius gemessen (PENKAITIS 1994: 48; BALTIC STATE OF THE ENVIRONMENT REPORT 2000: 36).

### 3.4 Landnutzung

Die heutige Gestalt der litauischen Landschaft wird vor allem durch die jahrhundertelange landwirtschaftliche Tätigkeit des Menschen geprägt. Nach der Intensität des menschlichen Einflusses lassen sich drei wesentliche Landschaftstypen unterscheiden: Wälder bzw. relativ naturnahe Räume, agrarische bzw. seminatürliche Räume und urbane bzw. anthropogene Räume (VAIČIŪNAITĖ 1998: 245). Die land- und forstwirtschaftliche Nutzfläche macht 53 % des Staatsgebiets aus (MARCIJONAS 1998: 157).

Davon sind derzeitig 10 bis 20 % der Fläche Brachland (METERA 2001: 36). Entwässerung und Flächengewinnung in großem Stil haben die litauische Landschaft in den vergangenen Jahrzehnten grundlegend verändert. Die frühere, stabile Mosaikstruktur mit Bauernhöfen und Ackerland umgeben von Wiesen, Marschen, Buschland und Wäldern, war für den Naturschutz günstig. Es bestand ein Gleichgewicht: stabil und gut gepuffert. Durch die Melioration erhöhte sich der Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche und die Waldbedeckung schrumpfte zusehends (GASIUNAS, 1995: 1; METERA 2001: 36).

Nach Angaben des Ministeriums für Forstentwicklung (MINISTERIUM FÜR FORSTWIRTSCHAFT 1994: 14) zeigten Untersuchungen aus dem Jahr 1991, dass lediglich 24,6 % der Bäume unbeschädigt waren (siehe Tab. 7). Die Kronenverlichtung, welche als Merkmal für die Schadensklassen verwendet wird, resultiert aus dem durch Luftverschmutzung verursachten sauren Regen.

Die Tendenz der letzten Jahre zeigt eine Verringerung des Zuwachses des Waldes von 20 % entsprechend 1 Mill. m<sup>3</sup> Holz pro Jahr.

**Tabelle 7** Verteilung der Waldschadensklassen nach Ministerium für Forstwirtschaft 1994

Waldschadensklasse	Anteil an der Gesamtbestandsfläche in %
Ohne Schäden	24,6
Klasse 1 schwache Verlichtung	51
Klasse 2 durchschnittliche Verlichtung	22,1
Klasse 3 starke Verlichtung	1,5

### 3.5 Umweltgefährdung

Im etwa 110 km nordöstlich von Vilnius gelegenen Kernkraftwerk Ignalina werden seit 1984 zwei 1500 Megawatt - Reaktoren vom Typ Tschernobyl betrieben. Einziger Unterschied ist die um 500 MW höhere Leistung der Reaktoren (GNEVECKOW 1993: 374). Das Fehlen automatischer Kontroll- und Sicherungssysteme führt zu einer Reaktionszeit von einer Minute, um im Störfall einen kritischen Zustand zu vermeiden (VAIČIŪNAITĖ 1998: 247). Dadurch ist das Sicherheitsrisiko überdurchschnittlich hoch, wenn man berücksichtigt, dass in typisch westlichen gasgekühlten Reaktoren sechs bis sieben Stunden Zeit verbleiben, um das Problem zu beheben (GNEVECKOW 1993: 374; VAIČIŪNAITĖ 1998: 247). Zusätzlich erhärtet sich der Verdacht, dass die Verschiebung der Fundamente des ersten Reaktors um 15 cm aufgrund des unsicheren Untergrundes zwischen zwei sich bewegenden tektonischen Platten verursacht wurde (VALIUNAS 1994: 92). Schon allein aus diesem Grund hätte die Anlage an diesem Standort nie gebaut werden dürfen. Zusätzlich befindet sich Ignalina mitten im Einzugsgebiet des artesischen Aquifers des Ostseeraumes. Durch den Oberflächenabfluss aus der Kraftwerksumgebung wird der Aquifer, der aus durchlässigen Gesteinsschichten besteht und die Quellen im ganzen Land mit Wasser versorgt, mit langlebigen Radioisotopen gespeist (VAIČIŪNAITĖ 1998: 247).

Die Bedrohung der Biodiversität erfolgt vor allem durch die Verschmutzung des Oberflächen- und Grundwassers, durch Bodenerosion, Düngemittel- und Pestizideinsatz sowie durch die Entwässerung weiter Teile des Landes (METERA 2001: 36). Beispielhaft für die Situation ist Kaunas, die zweitgrößte Stadt des Landes (430000 Einwohner), zu nennen, welche erst jetzt eine mechanische Kläranlage erhält (GASIUNAS 1995: 1). Die Eutrophierung der Seen, des Kurischen Haffs (SCHLUNGBAUM 2001a: 5, 63; 2001b: 5) und der Ostsee ist die Folge von fehlenden Kläranlagen und dem übermäßigen Gebrauch von Mineraldünger in der Landwirtschaft. Nur 25 % der eingeleiteten Abwässer werden ausreichend gereinigt, beinahe 50 % werden als ungenügend gereinigt eingestuft und 20 % werden ohne jede Klärung in die Vorfluter eingeleitet (VAIČIŪNAITĖ 1998: 241).

Flusskanalisierung, Abholzen von Feldgehölzen und Wäldern und die Trockenlegung der Moore änderten die Wasserverhältnisse und führten zu

Bodenerosion, Landschaftsänderungen und zum Durchschneiden der ökologischen Korridore (METERA 2001: 36). Dadurch wurden unter anderem 3 Mio. ha bzw. 80 % der Feuchtbiotope des Landes trockengelegt und damit unwiederbringlich zerstört (VAIČIŪNAITĖ 1998: 246). Durch intensives Mähen und Beweiden sank die Zahl der Vögel und die Artenvielfalt der Wiesen verarmte (METERA 2001: 36).

Ein großer Teil des Kurischen Haffes (SCHLUNGBAUM 2001a: 5, 63; 2001b: 5) und der Küstengewässer der Ostsee sind mit organischen Substanzen stark belastet. Sauerstoffmangel tritt insbesondere in der Zeit der Algenblüte auf und führt zum Massensterben von Fischen. Landwirtschaftliche und kommunale Abwässer verursachen darüber hinaus eine bakterielle Verschmutzung, wodurch das Kurische Haff (SCHLUNGBAUM 2001a: 5, 63; 2001b: 5) seit längerer Zeit zum Baden ungeeignet ist. In Sommern mit geringer Windbewegung werden die Abwässer der Flüsse mit der Strömung nach Norden in Richtung Palanga geleitet und gefährden dort die Strände. An warmen Sommertagen kann es dadurch zur Überschreitung der zulässigen Grenzwerte und zur Sperrung für den Badebetrieb kommen (VAIČIŪNAITĖ 1998: 241; EIONET REPORT 2002). Hinzu kommt noch die Auswirkung, die der Bau des neuen Off - Shore - Ölterminals in etwa 5 km Entfernung vom Ostseestrand haben wird. Eine neue 95 km lange Pipeline soll die Schwimmkais inmitten der Ostsee beliefern. Ein weiteres Konfliktfeld tut sich mit dem Bau der Schnellstraße Via Baltica mit bis zu je vier Fahrstreifen in der Endausbaustufe parallel zum Küstenverlauf auf (VAIČIŪNAITĖ 1998: 249).

### 3.6 Kurzübersicht der wichtigsten Nationalparke

Der Nationalpark Aukštaitija (siehe Tab. 8) ist der erste Nationalpark Litauens in dem eine ästhetische Landschaft von Wäldern und Seen mit ethnographisch interessanten Dörfern existiert. Der Park ist zoniert, wobei in der Reservatszone jegliche wirtschaftliche Tätigkeit untersagt ist. Auf einer Fläche von 626 ha ist der Wald naturbelassen und urwaldartig ausgeprägt. 15 % der Fläche werden von Seen eingenommen, deren Anteil damit größer ist als der der landwirtschaftlichen Nutzfläche. Im Gebiet des Parks sind 735 Pflanzenarten beschrieben. Beheimatet sind hier u. a. Elche, Wölfe und Luchse, sowie Fischadler (*Pandion hallieetus*), Wespenbussard (*Pernis opivorus*), Merlin (*Falco columbarius*) und Kranich (*Grus grus*). Der tiefste litauische See, der Tauragnas (60,5 m), befindet sich im Schutzgebiet (MINISTERIUM FÜR FORSTWIRTSCHAFT 1994: 83).

Im Dzukija Nationalpark sind etwa 80 % des Gebietes bewaldet, davon etwa 90 % mit Kiefernbestand. Durch den Park fließt der größte Fluss des Landes, der Nemunas mit mehreren Nebenarmen. Bemerkenswert sind die hier vorhandenen Kontinentaldünen. Seltene Pflanzen wie Waldvöglein (*Cephalanthera rubra*) und Berg-Wohlverleih (*Arnica montana*), die auch in Litauen auf der Roten Liste stehen, sind hier ebenfalls zu finden (MINISTERIUM FÜR FORSTWIRTSCHAFT 1994: 85).

Auf der **Kurischen Nehrung** (siehe Abb. 2) wurde der wohl bekannteste Nationalpark Litauens errichtet. Er wurde 1991 gegründet und hat eine Fläche von 18000 ha (ohne maritime Gebiete) und befindet sich auf der Landzunge zwischen Ostsee und Kurischen Haff, von der Kaliningrader Seite in Richtung Klaipeda. Die

Ausdehnung beträgt in der Länge 97 km und in der Breite 0,4 bis 4 km. An der Ostseeküste der Nehrung wurde eine schmale und ziemlich niedrige Schutzdüne geformt. Hinter ihr liegt eine bewaldete Ebene. Weiter zurück erstreckt sich der Kamm der großen Dünen, der schon am Kurischen Haff liegt. Die Länge der Dünenzone beträgt etwa 70 km, die durchschnittliche Breite 700 bis 800 m, die maximale Höhe 60 bis 70 m. Die Küste des Haffes ist von Buchten und Landspitzen gekennzeichnet. Die bewegliche Sandoberfläche war einst von Wäldern befestigt aber durch Kriege und menschlichen Raubbau wurden die Wälder vernichtet. Der Wind konnte den frei gewordenen Sand vor sich hertragen. Um den Dünensand zu halten wurde die Wiederaufforstung intensiv vorangetrieben. Die an der Ostseeküste eingeschütteten Schutzdünen müssen immer wieder erneuert werden.

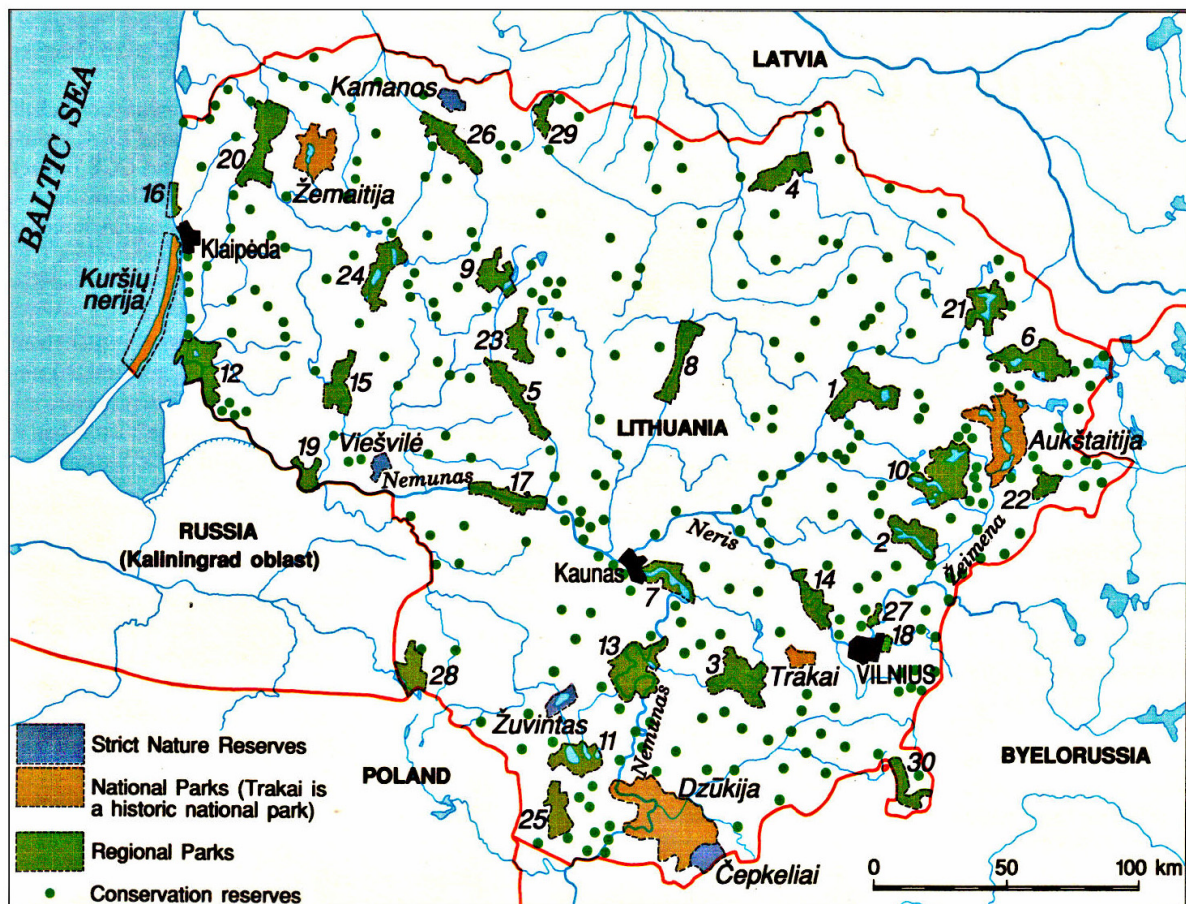


Abb. 2 Schutzgebiete in Litauen nach Vaičiūnaitė 1993

Die Waldfläche der Nehrung beträgt heute wieder 6731 ha, davon 3556 ha Kiefern und 1874 ha Bergkiefern.

Zu finden sind auf der Nehrung unter anderem die „Rote Liste“ - Arten: Stranddistel (*Eryngium maritimum*), Salz-Aster (*Aster tripolium*), Echte Glockenheide (*Erica tetralix*) sowie die Brandgans (*Tadorna tadorna*), der Seeadler

(*Haliaeetus albicilla*) und der Steinadler (*Aquila chrysaetos*) (MINISTERIUM FÜR FORSTWIRTSCHAFT 1994: 86).

Von der Ostsee nur 45 km entfernt liegt der 1991 gegründete **Zemaitija Nationalpark**. Die wichtigsten Naturkomponenten sind der Plateliai - See und die Wälder, die 50 % der Gesamtfläche bedecken. Vorwiegend wachsen hier Fichtenbestände. Im Park leben 163 Vogelarten, davon sind 11 in der Roten Liste Litauens geführt wie z.B. der Seeadler (*Haliaeetus albicilla*), der Wanderfalke (*Falco peregrinus*) und der Polartaucher (*Gavia arctica*). Die hier lebenden seltenen Pflanzen wie Glanzkraut (*Liparis loeselii*) und Grünliche Waldhyazinthe (*Platanthera chlorantha*) u.a. stehen ebenfalls im „Roten“ - Buch (MINISTERIUM FÜR FORSTWIRTSCHAFT 1994: 92).

Die Verteilung der bestehenden Schutzgebiete über das ganze Hoheitsgebiet Litauens (siehe Abb. 2) lässt vermuten, dass für die Umsetzung der Natura 2000 FFH - Richtlinie der EU keine weiteren Schutzgebiete ausgewiesen werden müssen. Die bestehenden Gebiete könnten in das Netzwerk der geschützten Habitate übernommen werden, lediglich die Schutzregime müssten verändert und angepasst werden. Die Vorkommen von zahlreichen „Rote Liste“ Arten in den ausgewiesenen Schutzgebieten lässt darauf schließen, dass die Bedeutung der Lebensräume für Litauen „prioritär“ ist und dadurch die Forderungen der Habitatrichtlinie weitestgehend erfüllt werden. Die Probleme bei der Ausweisung neuer Schutzgebiete könnten Litauen dadurch erspart werden.

**Tabelle 8** Nationalparke in Litauen nach Ministerium für Forstwirtschaft 1994

Name	Fläche in ha	Naturraum allgemein	Besonderheiten Flora / Fauna
Aukštaitija	30000	2/3 Wald (Kiefer) 15 % Seen, Tiefster 60,5 m	625 ha Waldgebiet naturbelassen, u. a. Fischadler, Merlin, Kranich, Luchs
Dzukija	55000	80 % Wald (Kiefer) Nemunas mit Nebenarmen	Kontinentaldünen, sehr klare Quellen, u.a. Marienkraut
Zemaitija	20000	50 % Wald (Fichte) Plateliai-See mit 1500 ha	u.a. Glanzkraut, Waldhyazinthe, Seeadler, Polartaucher
Kurische Nehrung	18000	Weite Dünenzone Höhe bis zu 70 m, Wald 6731 ha	davon 1874 ha Bergkiefern, Dünenwanderung auf ca. 70 km

Zusätzlich sind die größten Teile der Waldgebiete noch in Staatseigentum und können somit leicht in eine andere Art der Nutzung und Entwicklung übernommen werden. Dies gilt auch für weite Teile der Kurischen Nehrung, auf der die Rückübertragung von Privateigentum grundsätzlich unterbleiben soll.

Die in anderen Gebieten vorgenommene Rückübertragung kann mit Nutzungsbeschränkungen und Auflagen verbunden werden. In Einzelfällen unterbleiben diese jedoch, wodurch es zu Kahlschlägen durch die Alteigentümer in bedeutenden Schutzgebieten kommt. Die Folgen der rigorosen Privatisierung der vormals staatseigenen Grundstücke sind hier für den Naturschutz sehr nachteilhaft.

Zweifelhaft bleibt auch wie sich die Regierung bei Nutzungskonflikten mit großen Infrastruktur - und Industrieprojekten zwischen Naturschutz und Wirtschaftsentwicklung entscheiden wird.

### **3.7 Umweltschutz zwischen Politik und Wirtschaft**

Litauen, das als erste Republik den Austritt aus der Union der Sozialistischen Sowjetrepubliken (UdSSR) am 11. März 1990 proklamierte, leitete durch seinen konsequenten Unabhängigkeitswillen den Zerfall der Sowjetunion ein. Heute sieht es sich dem großen Nachbarn Russland mit Zurückhaltung und Misstrauen, aber auch langjährigen und tief verzweigten wirtschaftlichen Beziehungen gegenüber (PUMBERGER 2000: 632). Neben der Unabhängigkeit ist die Integration in die Europäische Union (EU) ein wichtiges außen- und innenpolitische Ziel aller seit 1990 Regierenden in Litauen (BECKER 2001: 257; HEINATZ 1996: 242; PYSZ 1999: 342). Dabei wirken der mögliche Weg in die EU und der große Nachbar im Osten auf die innere Geschlossenheit der Gesellschaft stabilisierender als der erste Eindruck dies vermitteln mag (PYSZ 1999: 342). Die Schwierigkeiten bei der Demokratisierung der Gesellschaft und die Bekämpfung von Vetternwirtschaft und Bestechlichkeit wären ohne diese Vision und die klaren Vorgaben der EU noch viel dramatischer als im Augenblick (VESER et al.1997: A 307). Neben der Sicherung der staatlichen Unabhängigkeit und territorialen Integrität steht die politische, wirtschaftliche und soziale Reform des Landes als wichtige Aufgabe - auch auf lange Sicht - zur Bewältigung an (ESCHEN 1994: 48). Als die Hauptpunkte des wirtschaftlichen Reformprogramms werden genannt (RUDALEVIČIUS 1994: 302): die Bekämpfung der Inflation, die umfassende Liberalisierung der Wirtschaft, die Bekämpfung von bürokratischen Hindernissen und die rasche Privatisierung des Eigentums. Diese Aufgabe ist mit der Verbesserung der Umweltsituation verknüpft und findet seinen Ausdruck in der Teilnahme und der ausführlichen Berichterstattung über die Umweltschäden auf der United Nations Conference on Environment and Development (UNCED) (EUABL. 1993: D 27, D 51) in Rio de Janeiro vom 3. - 14. Juni 1992 (ESCHEN 1994: 65). In diesem Zusammenhang kann auch die Einführung von Verursacher - und Vorsorgeprinzip, Umweltverträglichkeitsprüfung und die Implementierung ökonomischer Instrumente des Umweltschutzes als positiv bewertet werden (GNEVECKOW 1993: 382). Eines der Hauptmittel der ökonomischen Regelung für den Umweltschutz sind die Steuern für die Nutzung von Naturressourcen und für die Verschmutzung der Umwelt (MARCIJONAS 1998: 158). Allerdings sind aufgrund der schwierigen wirtschaftlichen Situation die Verursacher der Verschmutzungen

oftmals nicht in der Lage, die entstehenden Umweltabgaben zu tragen (VAIČIŪNAITĖ 1998: 251). Diesbezügliche notwendige Reformen sollen darauf abzielen, die Finanzierung des Umweltschutzes auf eine breitere Grundlage zu stellen und möglichst viele gesellschaftliche Gruppen mit einzubeziehen, z. B. durch die Gründung eines Umweltinvestitionsfonds (MARCIJONAS 1998: 158).

Die Bewältigung der Umstrukturierung von der sowjetischen Planwirtschaft auf eine funktionierende Marktwirtschaft wird noch langfristig eine Herausforderung sein. Dabei findet der „Regenerationsprozess“ unter extrem schwierigen ökonomischen Bedingungen statt (ARMBRÜSTER 1998: 47). Durch eine intensive Gesetzgebungstätigkeit ist es in vielen Bereichen gelungen, die formalen Voraussetzungen für eine Aufnahme in die EU zu erfüllen. Die moderne Struktur mit nahezu westlichen Standard bleibt in der Praxis doch oft nur Fassade (PYSZ 1999: 343). Im alltäglichen Umgang funktioniert vieles noch nicht in der vorgesehenen Weise und bis zu einer pluralistischen Gesellschaft nach westlichem Vorbild muß noch ein langer und komplizierter Weg beschritten werden (ARMBRÜSTER 1998: 47).

Die Verbindung von wirtschaftlich notwendigem Aufschwung und der möglichst gleichzeitig erfolgenden ökologischen Neuorientierung muß in Litauen gelingen, wenn man die Erwartungen der EU und der eigenen Bürger nicht enttäuschen will. Die Entkoppelung der Abhängigkeit vom großen Nachbarn Russland stellt dabei eine große Herausforderung dar. Vor diesem Hintergrund, ist die Problematik um den Standort des Atomkraftwerkes, dem Ausbau der Erdölraffinerie in Mazeikia und des Ölterminals in Klaipeda zu betrachten (LINDNER 2000: 50). Um die Abhängigkeit vom russischen Erdöl zu verringern, hat man sich entschieden, dass Öl auf dem Seeweg aus Skandinavien zu importieren. Zusätzlich haben neue Forschungen ergeben, dass die Ölvorräte Litauens vor der Küste viel größer sind als erwartet (VAIČIŪNAITĖ 1998: 248). Die Pläne zur Umverteilung der Ölimporte auch in Richtung Westen haben in litauischen Regierungskreisen hohe Priorität. Wenn die Pläne realisiert werden können, dann wird Litauen ein großer Umschlagplatz von Rohöl und Ölprodukten zwischen dem Westen und Russland. Damit werden praktisch für die Zukunft Gefährdungen für die gesamte Küstenregion Litauens und bei ungünstigen Windbedingungen auch für die lettische Küste in Kauf genommen (VAIČIŪNAITĖ 1998: 248).

Eine Lösung des Konfliktes zwischen ökonomischer Stabilität oder sogar Wachstum und ökologischer Verantwortung ist vor allem in den jungen Reformstaaten wie Litauen äußerst schwierig. Der Umbau der Wirtschaft einerseits und die damit verknüpften Auswirkungen auf die Bürger schaffen ein fast unüberwindbar erscheinendes Problemfeld. Auf der anderen Seite können derartige Konflikte bei ihrer Zuspitzung, zu neuartigen Lösungen anregen und inspirieren (GNEVECKOW 1993: 382; MARCIJONAS 1998: 158; VAIČIŪNAITĖ 1998: 251). Zunächst wird regelmäßig die Sanierung oder die durch Marktgesetze erzwungene Schließung von veralteten, unrentablen und umweltbelastenden Industriebetrieben zum Ziel führen. Zusätzlich wird mit einer Verminderung des Rohstoff - und Energieeinsatzes sowie der Absenkung der Ausschuss - und Abfallproduktion, sowohl in ökonomischer als auch in ökologischer Hinsicht ein Erfolg erzielt (GNEVECKOW 1993: 382). Es besteht jedoch die Gefahr, dass die Entlastung der Umwelt durch Wachstumseffekte konterkariert wird (STEURER 2001: 539; GNEVECKOW 1993: 382), da die angestrebte Erhöhung des Lebensstandards die Menge der erzeugten Güter und

Dienstleistungen vergrößert, wodurch trotz verbesserter Umweltverträglichkeit von Produkten und Produktionsprozessen eine höhere Umweltbelastung entstehen kann (STEURER 2001: 542). Eine ökologisch motivierte Industriepolitik mit Energiesteuern, dem Verzicht auf ökologisch nachteilige Erhaltungssubventionen und auf eine aktive Wachstumsförderung kann hier Abhilfe schaffen (JACHMANN 2000: 239; GNEVECKOW 1993: 382; STEURER 2001: 542). Gerade die große Veränderung in Wirtschaft und Gesellschaft beinhaltet auch die Möglichkeit, innerhalb des Strukturwandels als positiven Effekt gleichzeitig die Umwelt sanieren zu können, und dadurch die in den EU - Mitgliedsländern so kostenintensive nachträgliche „ökologische Renovierung“ zu vermeiden (GETZNER 2001: 145; GNEVECKOW 1993: 383). Der Gefahr durch die Zulassung geringerer Umweltstandards ausländische Investoren ins Land zu holen, sollte widerstanden werden, da diese kurzsichtige Politik zur nachträglichen, viel aufwändigeren Altlastenbeseitigung führen müsste, die gerade der präventiven Verhinderung von Umweltbelastungen entgegenwirkt (GNEVECKOW 1993: 383). Vielmehr sollten die bestehenden Standortvorteile offensiv zur Anwerbung von Investoren eingesetzt werden wie z. B. langfristige Steuerbefreiungen und hochqualifizierte Arbeitskräfte zu niedrigen Arbeitskosten (JACHMANN 2000: 239; GNEVECKOW 1993: 383).

Die Entwicklung des ländlichen Raumes bietet bei konsequenter Umsetzung des europäischen Naturschutzsystems Natura 2000 neue Betätigungsfelder wie die Landschaftspflege für die zahlreichen kleinbäuerlichen Betriebe, da die traditionelle Landschaft und damit die noch bestehende Biodiversität nur durch Erhaltung der traditionellen Anbaumethoden bestehen bleibt (METERA 2001: 36).

### **3.8 Schlussfolgerungen**

Wird die von der EU vorgegebene Gleichzeitigkeit von Wirtschaftswachstum und Übernahme des gemeinschaftlichen Naturschutzrechtes versucht umzusetzen, so ist trotzdem eine teilweise Verschlechterung und Gefährdung der ökologischen Situation wichtiger Landschaftsteile zu befürchten. Die zu erwartenden Probleme, sind in ein übergeordnetes Spannungsfeld des Überlebens Litauens als eigenständiger und unabhängiger Staat eingebettet. Soll die Bevölkerung zur Gesetzes - und Staatstreue angehalten werden, so muss ihr eine berechtigte Hoffnung auf eine Verbesserung der ökonomischen Situation gemacht werden. Die Gefahr von Unruhen durch die Enttäuschung der geweckten Erwartungen durch den Beitritt zur Gemeinschaft kann sonst zur Gefährdung des Staates von innen führen. Die Politik hat es sehr schwer, vor diesem Hintergrund die Einsicht und Bereitschaft der Nation zum Naturschutz in dem von der EU erwarteten Ausmaß zu wecken.

Neben den industriellen Großinvestitionen des Staates und der Umstrukturierung der Landwirtschaft durch die Litauer selbst, werden vor allem die Auslandsaktivitäten wie der Bau der Schnellstraßenachse über Berlin, Warschau, Kaunas, Klaipeda, Riga, St. Petersburg (Verlängerung der Bundesautobahnen A 20, A 12 und A 11) Auswirkungen auf den Naturschutz haben. Diese Ausgangslage ist für die Einschätzung der Umsetzungsbemühungen der Vorgaben der Gemeinschaft im litauischen Naturschutzrecht unbedingt zu beachten. Die Befriedigung der ökonomischen Grundinteressen des Staates, welche erst seine Existenz langfristig

begründen und sichern, kann hier nicht vollkommen dem Naturschutz nachgeordnet werden. Der Vorrang des Naturschutzes, so wichtig er aus ökologischer Sicht auch ist, kann in einer solchen Situation der Gesellschaft nicht vermittelt werden. Würde man diese Konfliktsituation mit Druck von außen zum Nachteil der ökonomischen Interessen auflösen, würde langfristig das Vertrauen in die Politik der Gemeinschaft zerstört werden und damit indirekt dem Anliegen des Naturschutzes eher geschadet. Nur durch eine behutsame, die Menschen mit in den Entscheidungsprozess einbeziehende und langfristig angelegte Vorgehensweise kann auch für den Naturschutz die maximale Entfaltung erreicht werden. Eine auf Dauer angelegte Abhängigkeit von Zuwendungen für die ökonomischen Grundbedürfnisse ist wohl weder von der Litauischen Seite noch von der Seite der Gemeinschaft erwünscht. Sollte jedoch von der EU der absolute Vorrang des Naturschutzes gewollt sein, so müsste dies auch unmissverständlich erklärt und die Finanzierbarkeit der für ein litauisches Naturparadies notwendigen Mittel geklärt werden.

Litauen ist jedoch durch sein bestehendes Netz von Schutzgebieten in der Lage trotz schwieriger ökonomischer Bedingungen dem europäischen Naturschutz ein Beispiel zu geben, wenn es in die ökonomische Erneuerung der Gesellschaft die ökologische Ausrichtung von Anfang an mit einbezieht. Die Verwirklichung beider Ansätze kann gelingen, wenn die Planungen von Großprojekten der Wirtschaft die nach der Habitatrichtlinie geforderte gesamträumliche Schutzgebietsvernetzung berücksichtigt.

Dadurch erhält Litauen die Möglichkeit, aus seiner Zwangslage heraus ein zukunftsweisendes Naturschutzrecht zu schaffen, das innerhalb der jeweiligen Schutzgesetze den Rahmen zur Implementierung der ökologischen und ökonomischen Interessen vorgibt.

Damit bewirkt die Beachtung des bestehenden Gesetzeskontextes die Veränderung des Gesetzestextes, sowohl bei bestehenden Gesetzen als auch bei noch zu verabschiedenden Regelungen. Infolge dessen wird durch den veränderten Text wiederum der Kontext verändert, sogar hin zu einem nicht selbstverständlich qualitativ höherwertigem Zustand. Folglich kann erst durch die Einbeziehung des Kontextes der Text sinnvoll entwickelt und diese Entwicklung an den Kontext weitergegeben werden.

## **Zusammenfassung und Ausblick**

Soll der Naturschutz mit dem Aufbau der Wirtschaft verbunden werden oder muss die Wahl zwischen ihnen beiden erfolgen, so steht der Schutz der Natur regelmäßig zurück. Dies gilt grundsätzlich trotz guter Ansätze, deren Umsetzung es erst noch abzuwarten gilt, sowohl im östlichen Brandenburg als auch in Litauen. In beiden Regionen ist eine wirtschaftliche Erholung, wenn auch auf ganz unterschiedlichem Niveau, notwendig und erwünscht. Gemeinsamkeiten finden sich in der ökologischen Situation, wenn diese auch auf den ersten Blick nicht ersichtlich sind. Beide Gebiete sind für den ökologischen Zustand der Ostsee von Bedeutung. Das „Untere Odertal“ reicht unmittelbar bis zum Oderhaff und kann als natürliches Stoffrückhaltesystem dessen Zustand maßgeblich beeinflussen. Dies gilt für den

Nemunas, zu dessen Einzugsgebiet ca. 75 % von Litauen gehört, und dessen Überflutungsräume, wie beispielsweise das Memeldelta, in entsprechender Weise. Somit ergibt sich auch in ökologischer Sicht eine Vergleichbarkeit, wenngleich auch in unterschiedlicher räumlicher Dimension.

Die Opferung des Naturschutzes muß dabei in beiden Regionen nicht immer ein Indiz für seine grundlegende Ablehnung sein. Vielmehr fehlt es am Mut und am Geld, auf neuen Wegen und mit neuen Ideen beides innovativ zu fördern oder sogar zu verbinden.

Die Bevölkerung will, auch geleitet von den Vorgaben der Politik, nicht nur der Europäischen Kommission ein ökonomisches Grundbedürfnis erfüllt sehen. Die Grenze, an der dieses Bedürfnis befriedigt wäre, richtet sich dabei nach der jeweiligen Ausgangslage und dürfte in Litauen wesentlich niedriger liegen als in Brandenburg, dort aber wiederum geringer als beispielsweise in Bayern sein. Die Lösungen der Probleme des Mit - und Gegeneinander von Ökonomie und Ökologie werden die Erweiterung der EU begleiten und überdauern. Jedoch werden die jetzige und die zukünftigen Generationen nicht um eine Lösung umhinkönnen.

Die Beachtung regionaler Konflikte zwischen wirtschaftlichen und naturschützenden Interessen muss innerhalb des vorhandenen Spielraumes zu einer Anpassung des Rechtsrahmens führen. Die Einbeziehung beider Interessen in die Naturschutzgesetzgebung kann dem Ziel der Vereinbarung beider Interessen nur förderlich sein. Das Beispiel „Unteres Odertal“ zeigt, dass die Verbindung möglich ist und dem Recht dabei eine Vermittlerrolle zukommt, durch welche gemeinsame Positionen festgehalten und umgesetzt werden. Der Implementierung des jeweiligen Gesetzkontextes kommt wiederum eine zentrale Bedeutung zu. Gerade die Untersuchung der Wechselwirkung zwischen Gesetzestext und - Kontext bewirkt erst die Findung der geeigneten Konfliktlösung oder zumindest die Sicherung eines geeigneten Konzeptes zur Problembeseitigung.

Die erfolgversprechenden Ansätze im „Unteren Odertal“ sollten in Litauen beachtet und weiterentwickelt werden. Der Veränderungsdruck und der noch vorhandene Wille zur Umgestaltung könnten somit in Litauen zu Lösungen führen, von denen die Gemeinschaft profitieren würde. Dies wäre auch im Sinne der EU - Osterweiterung, welche nicht nur als Einbahnstraße gedacht sein sollte, sondern als Austausch und Wettbewerb um das beste Zukunftsmodell für Europa anzusehen bleibt.

### **Danksagung:**

Kein Mensch ist eine Insel, kein Text das Produkt eines autonomen Individuums, und so entstand auch der vorliegende Text „unter Einfluss“, im Kontext vieler Begegnungen und langjähriger Interaktion, die im einzelnen zu rekonstruieren mir hier nicht möglich ist.

Besonders bedanken möchte ich mich jedoch bei Prof. Dr. Günter Schlungbaum und Prof. Dr. Detlef Czybulka die durch ihre umfassende Unterstützung die Entstehung des Textes erst ermöglicht haben.

Zu großem Dank verpflichtet bin ich außerdem Susann Neuenfeldt und Dr. Bernd Kwiatkowski für die Zusammenarbeit, die über die genaue Lektüre und produktive Kritik weit hinausging.

#### **Literatur:**

- ARMBRÜSTER, G. (1998): Politisches und Rechtssystem Litauens. – [in:] Graf, H. & Kerner, M. (Hrsg.): Handbuch Baltikum heute: 19ff.; Berlin.
- BALLSCHMIDT-BOOG, A. (1999): Rechtliche Vorgaben und Defizite beim Schutz der Küstenökosysteme der Ostsee. – 375 Seiten; Baden-Baden.
- BALTIC STATE OF THE ENVIRONMENT REPORT (2000): Baltic Environmental Forum. –190 S.; Riga.
- BECKER, W. (2001): Die baltischen Staaten auf dem Weg in die Europäische Union. – Zentralblatt für Sozialversicherung, 9 (2001): 257ff.
- BFN (1997): Studie über bestehende und potentielle Nationalparke in Deutschland. – 359 S.; Bonn (Bundesamt für Naturschutz).
- BFN (1999): Daten für Natur. – 266 S.; Bonn (Bundesamt für Naturschutz).
- BFN (1998): Das europäische Schutzgebietssystem NATURA 2000. – 560 S.; Bonn (Bundesamt für Naturschutz).
- BISCHOFF, M. (2001): Mitglied des Landtages Brandenburg im Interview vom 17.04.2001 in Schwedt / Oder.
- BURYN, R. (1997): – [in:] MÖNNINGHOFF, W. (Hrsg.): Deutsche Nationalparke. Nationalpark Unteres Odertal: 153ff.; Berlin.
- BURYN, R. (2001): Leiter des Nationalparks „Unteres Odertal“ im Interview vom 19.04.2001 in Schwedt / Oder.
- CZYBULKA, D. (1996): Perspektiven des Naturschutzrechts und der Landschaftsplanung in den europäischen Staaten. – [in:] CZYBULKA, D. (Hrsg.): Naturschutzrecht und Landschaftsplanung in europäischer Perspektive: 15ff.; Baden-Baden.
- CZYBULKA, D. (2000): Einführung zum Thema – Erkennen, Bewerten, Abwägen und Entscheiden – im Naturschutzrecht. – [in:] CZYBULKA, D. (Hrsg.): Erkennen, Bewerten, Abwägen und Entscheiden: 15ff.; Baden-Baden.
- CZYBULKA, D. (2001): Naturschutz und Verfassungsrecht. – [in:] Handbuch des Umweltschutzes, 114. Ergänzungslieferung: IV-3.6.1; Landsberg am Lech.
- DIETRICH, M. (2000): Erfreulich hoher Wachtelkönig-Bestand. – Märkische Oderzeitung, 28.06.2000.
- EHLERT, S. (1997): Neuer Grenzübergang mit vierspurigem Zubringer gefährdet den Nationalpark Unteres Odertal. - Berliner Zeitung, 15.09.1997.
- EIONET REPORT (2002): <http://nfp-lt.eionet.eu.int/products/Reports/adcoast.htm>, vom 23.01.02; <http://nfp-lt.eionet.eu.int/products/Reports/ws.htm>, vom 23.01.02.
- ENDMANN, S. (2000a): Nationalpark-Diskussion geht in eine neue Runde. – Märkische Oderzeitung, 9.11.2000.
- ENDMANN, S. (2000b): Gespräche für neuen Schwedter Grenzübergang. – Märkische Oderzeitung, 12.12.2000.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION MINISTRY (1998): Biodiversity Conservation Strategy and Action Plan – 108 S.; (Republic of Lithuania).
- ERNST, K. (1997a): Trasse durch den Nationalpark erhitzt Gemüter in Schwedt – Märkische Oderzeitung, 13.10.1997.
- ERNST, K. (1997b): Ihr labert bloß rum, aber ich muß noch 30 Jahre arbeiten. – Märkische Oderzeitung, 9.10.1997.
- ERNST, K. (1997c): Ungenutzte Chance. – Märkische Oderzeitung, 14.10.1997.
- ERNST, K. (1998): 60 Millionen Mark contra Grenzübergang. – Märkische Oderzeitung, 4.03.1998.
- ESCHEN, F. Frhr. W [von] (1994): Die Stellung der baltischen Staaten in den Vereinten Nationen und anderen Organisationen. – [in:] MEISSNER, B., LOEBER, D. A. & HASSELBLATT, C. (Hrsg.): Die Außenpolitik der Baltischen Staaten und die Internationalen Beziehungen im Ostseeraum“: 44ff.; (Bibliotheca Baltica).
- EUABL. (1993): Amtsblatt der Europäischen Union – D 27 ff. und D 51 ff.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2001): Regelmäßiger Bericht 2001 über die Fortschritte Litauens auf dem Weg zum Beitritt. – 144 S.; Brüssel.
- GASIUNAS, V. (1995): Einfluß von Klärschlammapplikationen auf den Schwermetallgehalt litauischer Böden. – [in:] FLECKENSTEIN, J. & SCHNUG, E. (Hrsg.): Landbauforschung: 1ff.; Völkenrode.

- GEOGRAPHISCH KARTOGRAPHISCHES INSTITUT MEYER (1997): Die Enzyklopädie, Weltatlas. – Leipzig, Mannheim.
- GES. BLATT (1992): Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Brandenburg vom 6.3.1992. – 142 ff.
- GES. BLATT (1995): Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Brandenburg vom 27.6.1995. – 113 ff.
- GETZNER, M (2001): Zur Bewertung von Biodiversität als produktive Ressource. – Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht: 143ff.; Frankfurt a. M.
- GNEVECKOW, J. (1993): Umweltsituation und Umweltpolitik im Baltikum. – Osteuropa, Zeitschrift für Gegenwartsfragen des Ostens: 369ff.; Stuttgart.
- HAMPICKE, U. (2001): Ökonomie und Naturschutz. – [in:] Handbuch des Umweltschutzes, 114. Ergänzungslieferung: II-7.5; Landsberg am Lech.
- HEINATZ, M (1996): Die Republik Litauen auf dem Weg in die Europäische Union. – Wirtschaft und Recht in Osteuropa: 241ff.; München.
- HEYEN, E. V. (2000): Kultur und Identität in der europäischen Rechtsvergleichung. – [in:] Schriftenreihe der Juristischen Gesellschaft zu Berlin, 2000: 7ff.; Berlin, New York.
- HÖPPNER, K. (1999): Stellungnahme der Landesforstanstalt. – unveröffentlichtes Schreiben vom 24.08.1999; (Leiter der Landesforstanstalt Eberswalde).
- JACHMANN, M (2000): Ökologie versus Leistungsfähigkeit – Gilt es neue Wege in der Steuerrechtfertigung zu gehen? – Steuer und Wirtschaft, 3/2000: 239ff.
- JAHR-WEIDAUER, K. (1998): Nationalpark Unteres Odertal in Gefahr? – Berliner Morgenpost vom 25.03.1998.
- JAQUET, R. (1997): Zum Billigtanken durch den Nationalpark. – Süddeutsche Zeitung vom 17.10.1997.
- JUSTIZ- UND VERKEHRSMINISTERIUM (2002): Gemeinsame Pressemitteilung. – Potsdam (Ministerium der Justiz und Europaangelegenheiten, Ministerium für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr des Landes Brandenburg). [25.01.2002]
- KERSTING, S. (1997): Vorzeigeregion ringt um Verkehrswege. – Handelsblatt vom 30.05.1997.
- KOCH, H. J. (2001): Das Kooperationsprinzip im Umweltrecht – ein Missverständnis? – Zeitschrift für das gesamte Recht zum Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen und der Umwelt: 541ff.; Berlin.
- LINDNER, P. (2000): Der Hafen Klaipeda, die Entwicklung des wichtigsten Fährhafens in Litauen. – Praxis Geographie, 2000: 50ff.
- NATIONALPARKBERICHT (2000): Jahresbericht Nationalpark Unteres Odertal. – 28 S.; Schwedt (Nationalparkverwaltung).
- MARCIJONAS, A. (1998): Litauen. – [in:] HEYEN, E. V. (Hrsg.): Naturschutzrecht im Ostseeraum: 157ff; Baden-Baden.
- METERA, D. (2001): EU-Osterweiterung: Landwirtschaft im Wandel. – Garten und Landschaft, 8/2001: 36ff.
- MINISTERIUM FÜR FORSTWIRTSCHAFT (1994): Wälder und Nationalparke in Litauen. – Vilnius (Republik Litauen).
- MÖNNIGHOFF, W. (1997): Deutsche Nationalparke „Nationalpark Unteres Odertal“. – 160 S.; Berlin.
- PENKAITIS, N (1994): Agrarentwicklung in Litauen 1918–1992. – 229 S.; Berlin.
- PERGANDE, F. (2000): Abgründe im Odertal – Krieg um den brandenburgischen Nationalpark. – Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 20.12.2000.
- PUMBERGER, J. (2000): Unsichere Aussichten. – Herder Korrespondenz, 12/2000: 632ff.
- PYSZ, P. (1999): Integration der baltischen Staaten in die europäische Union: Schwerpunkt Litauen. – Osteuropa-Wirtschaft, 3/1999: 342ff.
- RUDALEVIČIUS, J (1994): Litauens Wirtschaftsreform. – [in:] MEISSNER, B., LOEBER, D. A. & HASSELBLATT, C. (Hrsg.): Die Außenpolitik der Baltischen Staaten und die Internationalen Beziehungen im Ostseeraum: 293ff.; (Bibliotheca Baltica).
- SAUERBIER, M. (2001): Nationalpark Unteres Odertal – Minister stoppt Öko-Aktivistin. – Bild-Zeitung vom 26.01.2001.
- SCHLUNGBAUM, G (2001a): Die Vielfalt innerer Küstengewässer an der südlichen Ostsee – eine Übersicht von der Flensburger Förde bis zum Kurischen Haff. – Rostocker Meeresbiologische Beiträge: 5ff. und 63ff.; Rostock.
- SCHLUNGBAUM, G (2001b): Die Darß-Zingster Bodden – ein junges Gewässer in einer noch nicht alten Landschaft. – Meer und Museum (Schriftenreihe des Deutschen Meeresmuseums): 5ff.; Stralsund.

- SCHMIDT-PREUß, M. (1997): Verwaltung und Verwaltungsrecht zwischen gesellschaftlicher Selbstregulierung und staatlicher Steuerung. – 160 S.; Berlin (Vereinigung Deutscher Staatsrechtslehrer).
- SIRLESCHTOV, A. (1998): Reviere des Rothirschs – in Schwedt an der Oder wehren sich die Bürger gegen existenzgefährdende Pläne der Naturschützer. – Wirtschaftswoche vom 26.03.1998.
- STEURER, R. (2001): Paradigmen der Nachhaltigkeit. – Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht, 4/2001: 537ff.
- STEYER, C. D. (1998): Polnische Nachbarn setzen Stoppschilder – Kein neuer Grenzübergang in Schwedt. – Tagesspiegel vom 29.03.1998.
- SZYMANSKI, M. (2000): Das Land muß doch geschützt werden. – Berliner Zeitung vom 28.06.2000.
- TOMCZAK, D. (1998): Streit um Straße durch den Nationalpark schwelt weiter. – Märkische Oderzeitung vom 28.03.1998.
- VAIČIŪNAITĖ, R. (1998): Ökologie und Umweltschutz Litauens. – [in:] GRAF, H. & KERNER, M. (Hrsg.): Handbuch Baltikum heute: 241ff.; Berlin.
- VAIČIŪNAITĖ, R. (1993): New Provisions for Land use in Lithuania. – WWF Baltic Bulletin, 1/93: 14ff.
- VALIUNAS, J. (1994): Geoscience for Environmental Planning in Lithuania. – Geojournal international journal for physical, biological and human geosciences, 33 (1/1994): 91ff.
- VESER, R., TAPINAS, L. & JAVIDONIS, J. (1997): Hoffnung auf eine saubere Politik. – Osteuropa-Archive, 1997: A 307ff.
- WEBER, H. (2002): Nationalpark Unteres Odertal Agrarstrukturelle Entwicklungsplanung und Ländliche Entwicklung in der Unternehmensflurbereinigung. – Vortrag im 428. Kurs des Instituts für Städtebau Berlin „Planung in den ländlichen Räumen“ vom 09. bis 11. 01.2002 in Berlin.
- WEYER, E. M. (2000): Vision von der Brücke lebt wieder auf. – Märkische Oderzeitung vom 12.08.2000.
- WINTERS, P. J. (1997): Eine Straße mitten durch den Nationalpark Unteres Odertal. – Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 26.08.1997.

**Autor:**

Rechtsreferendar Uwe Müller  
 Lehrstuhl für  
 Staats- und Verwaltungsrecht, Umweltrecht  
 und Öffentliches Wirtschaftsrecht  
 Juristischen Fakultät der Universität Rostock  
 Richard-Wagner-Str. 31, Haus 1  
 D-18119 Rostock-Warnemünde

E-mail: [uwe.mueller@stud.uni-rostock.de](mailto:uwe.mueller@stud.uni-rostock.de)





Sylvia TORCHALSKI

## **Naturschutz und Tourismus in der Großregion Gdańsk-Gdynia – ein Grundkonflikt? Anforderungen an das nachhaltige Regionalkonzept**

**Nature protection and tourism in the research region (Gdańsk–Gdynia): A basic conflict? Requirements for the sustainable regional concept.**

### **Abstract**

Since the Rio-Agreement in 1992 the sustainable protection of nature and habitats has increasingly become important. The slogan “Think global and act local” underlines the region as an essential activity and relation level. An integrated sustainable regional development, which combines an ecological, economic and socio-political dimension as a basis, could offer a greater political and economic independence to many regions. In view of the European regionalisation Poland as an associated member of the European Union shows substantial imbalances in the regional development. Some concepts and solution attempts are searched to reduce the polarization tendencies within the urban and natural periphery areas. In the planning region Gdańsk-Gdynia is tourism development offered as an instrument for dilution of economic imbalances. Indeed there is an potential conflict between tourism development and nature protection. The nature protection has an agenda to preservation valuable nature areas and to prevention of intensive utilisations. While the potential destinations are not rarely subject to protection, make defensive measures an repressive impact on the tourism development. The protected areas are often the basis of these development. And inversely tourism is able to destroy its natural platform. The research project concerns with the potential conflict between nature protection and tourism on the background of sustainable regional development. The article presents the first results on this subject.<sup>1</sup>

**Keywords:** Nature protection, tourism, regional development, ecology, economy, social sciences, politics, sustainability, Gdańsk Region

---

<sup>1</sup> Das Forschungsprojekt wird im Rahmen des DBU-Schwerpunktes „Die südliche Ostsee und ihre Küsten im Wandel“ von Juni 2001 bis April 2004 bearbeitet.

# 1 Einführung

Seit dem politischen Umbruch 1990 befindet sich Polen in einer Phase des gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und sozialen Wandels. Mit dem Übergang von der Plan- zur Marktwirtschaft wurden neue politische und wirtschaftliche Institutionen implementiert. Inzwischen sind die Prozesse der politischen Demokratisierung und marktwirtschaftlichen Umsetzung weitgehend konsolidiert und stabilisiert. Der neue Staats- und Verfassungsaufbau ist bereits vollzogen: Seit dem 01. Januar 1999 ist die Republik Polen territorial bzw. politisch-administrativ dreistufig in 2489 Gemeinden, 372 Kreise und 16 Woiwodschaften gegliedert (NIEWIADOMSKI & TUROWSKI 2001: 31-32).<sup>2</sup>

Im Hinblick auf den bevorstehenden Beitritt Polens zur Europäischen Union (EU) im Jahr 2004 werden seitens der Mitgliedsstaaten konkrete Bedingungen an das Land hinsichtlich demokratischer Stabilität, rechtsstaatlicher Ordnung und einer funktionsfähigen Marktwirtschaft gestellt. Die gesamte polnische Gesetzgebung wird zu einer vollständigen Übernahme des rechtlichen Besitzstandes der EU (Acquis Communautaire) verpflichtet (HOMEYER & CARIUS 2000: 337). Diese Verpflichtung bezieht sich u. a. auf die Umwelt- und Tourismuspolitik. Vor diesem Hintergrund werden von der EU Verordnungen und Richtlinien für beide Bereiche vorgegeben. Im Sinne des Brundtland-Berichts von 1987 über eine nachhaltige, zukunftsorientierte Entwicklung wird jegliche Art von politischen und ökonomischen Aktivitäten unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit und sozialen Verträglichkeit betrachtet. Das Interesse der Europäischen Gemeinschaft an einer kosten- und ressourcenschonenden Umwelt- und Tourismuspolitik basiert auf den grundlegenden Zielen des in diesem Bericht geforderten Nachhaltigkeitskonzeptes. Die von den EU-Staaten gestellten Anforderungen, beide Politikebenen dem Konzept einer nachhaltigen Entwicklung anzupassen, erhöhen für Polen die Komplexität des Beitritts.

## 1.1 Problemstellung

Naturschutz und Tourismus nehmen im Untersuchungsgebiet eine hohe Stellung ein. Aufgrund eines grundsätzlich bestehenden Konflikts zwischen beiden Untersuchungsbereichen wird ihnen innerhalb der Raumbewirtschaftung eine entscheidende Rolle beigemessen. Das Ausmaß und die Art dieses Konfliktpotentials lässt sich nur unter Berücksichtigung gegenseitiger Wechselwirkungen bestimmen. Der Grund des Konflikts liegt zum einen in dem Schutzstatus von bestimmten, wertvollen Naturräumen. Diese unterliegen einem besonderen Schutz und werden von intensiven Nutzungen ganz oder zum Teil ausgeschlossen. Der Tourismus wiederum braucht die geschützten Naturräume als Grundlage seiner Entwicklung. Zudem bilden oftmals diese geschützten Gebiete Lebens- und Wirtschaftsbereiche

---

<sup>2</sup> In Anlehnung an die polnische Territorialgliederung entsprechen "Województwo" dem Land, "Powiat" dem Kreis und „Gmina“ der Gemeinde im deutschen Planungssystem. Zur Vereinheitlichung mit der grafischen Darstellungsweise werden in dem vorliegenden Aufsatz die Ausdrücke Woiwodschaft, Powiat und Gemeinde verwendet.

der lokalen Bevölkerung (vgl. SANFTENBERG 2001: 2f, 60). Weiterhin gewinnen sie, wenn touristisch noch nicht erschlossen, als potentielle Erholungsräume an Bedeutung. Weil sie aber einem Schutzstatus unterliegen, wirkt sich dies auf den Tourismus eher hemmend aus. Und umgekehrt können in den von der touristischen Nutzung überprägten Gebieten irreversibel die natürlichen Grundlagen zerstört werden.

In dem untersuchten Fall handelt es sich um überwiegend ländliche, strukturschwache, aber naturräumlich wertvolle Gebiete mit einer unausgewogenen und wenig integrierten Regionalplanung. Der ökonomische Nutzwert aus dem Tourismus ist insgesamt gering und kommt einem relativ kleinen Bevölkerungsteil zugute. Trotzdem wird dieser Wirtschaftsbereich als eine Alternative zu nicht mehr ökologisch tragbaren und rentablen Wirtschaftszweigen (Industrie, Landwirtschaft, Fischerei) angesehen. Aus der Sicht der Regionalpolitik wird dem Tourismus eine stimulierende Wirkung bei Milderung der regionalen Ungleichgewichte zugeschrieben.

Das Forschungsprojekt beschäftigt sich mit den Entwicklungspotentialen von Naturschutz und Tourismus vor dem Hintergrund einer nachhaltigen regionalen Entwicklung.

## **2 Darstellung der Konzepte Nachhaltigkeit und Regionalentwicklung**

### **2.1 Das Konzept der nachhaltigen Entwicklung**

Mit dem Begriff einer nachhaltigen Entwicklung „sustainable development“ entstand ein neues Konzept zur Schaffung des globalen Gleichgewichts zwischen Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft. Das Ziel dieser zukunftsfähigen Entwicklung sollte die Befriedigung der Bedürfnisse von gegenwärtig lebenden Generationen sein, ohne zu riskieren, dass die nachkommenden Generationen ihre Bedürfnisse nicht befriedigen können. Das Konzept wurde durch die Verabschiedung der AGENDA 21 von der globalen auf die regionale und lokale Ebene übertragen. Die nachhaltige Entwicklung schließt auf allen Ebenen eine umweltgerechte, an die Tragfähigkeit der ökologischen Systeme angepasste Koordination der ökonomischen Prozesse innerhalb einzelner Volks-, Regional- und Lokalwirtschaften ein. Die sozialen Ausgleichsprozesse spielen dabei eine wesentliche Rolle. Diese Entwicklungsstrategie basiert auf drei wichtigen Dimensionen: der ökologischen, ökonomischen und sozialen. Die erste, ökologische Dimension versucht, das Gleichgewicht zwischen Abbau und Regenerierungsrate erneuerbarer Ressourcen zu erhalten und den Verbrauch nichterneuerbarer Ressourcen zu reduzieren. Die ökonomische Ebene sichert eine stabile, wirtschaftliche Entwicklung. Aus der sozialen Dimension geht eine gerechte Verteilung der Lebenschancen zwischen den Generationen am Ort und in der Region hervor (BECKER 1997: 20).

## 2.2 Naturschutz und Tourismus im Sinne eines Nachhaltigkeitskonzepts

In der vorliegenden Untersuchung wird Naturschutz und Tourismus mit der Konzeption der nachhaltigen Entwicklung in Verbindung gebracht. Somit wird der Naturschutz nicht nur als ein natürliches Gut, sondern vielmehr als ökologisch-ökonomisches Glied einer Entwicklung betrachtet. Die Fähigkeit, den ökonomischen Nutzen bei Minimierung ökologischer Belastungen mit dem Naturschutz zu verbinden, gelingt nur unter Berücksichtigung der drei bereits genannten Dimensionen. Die ökologischen Kriterien einer nachhaltigen Nutzung der Natur und Landschaft beziehen sich auf den Erhalt ihrer Lebensgrundlagen, die dauerhafte Nutzung von erneuerbaren Ressourcen und die Minimierung des Einsatzes nichterneuerbarer Ressourcen. Und die soziale Dimension erlaubt letztlich die Beteiligung lokaler Bevölkerungsgruppen im Entscheidungsprozess zur Umweltschonung.

Der Begriff des Tourismus setzt eine Mobilität im Raum (das Reisen) voraus. In der Fachliteratur werden mit dem Tourismus alle Erscheinungen und Beziehungen in Verbindung gebracht, welche aus der Reise und dem Aufenthalt von Personen resultieren (vgl. SANFTENBERG 2001: 15 nach KASPAR 1991). Diese wurden in den bisherigen politischen Konzepten insbesondere unter den rein ökonomischen Gesichtspunkten betrachtet. Die Wirtschaftlichkeit des Tourismus wurde nach dem Rentabilitätsprinzip bemessen. Das touristische Nachhaltigkeitskonzept dagegen setzt nicht nur die ökonomische Rentabilität in den Vordergrund, sondern vielmehr die ökologischen und sozialen Aspekte.

Vor diesem Hintergrund ist der nachhaltige bzw. umweltschonende (sanfte) Tourismus das Ziel weiterer Überlegungen. Die Hauptziele dieses Konzeptes beziehen sich auf folgende Bereiche: Natur/Landschaft, Ökonomie und Soziokultur. Das wichtigste Kriterium für Natur und Landschaft ist die Umweltverträglichkeit. Darunter wird u. a. eine möglichst geringe Eingriffshäufigkeit in den Naturhaushalt, geringe Veränderung des Landschaftsbildes, geringe Landschaftszersiedlung, Flächenrecycling, Entwicklung umweltschonender Verkehrssysteme, Zonierung schutzbedürftiger Gebiete, Reduzieren des Abfallaufkommens und der Wasserverschmutzung sowie Senkung des Energie- und Wasserverbrauchs verstanden (BECKER 1997: 21). Im Bereich der ökonomischen Dimension wird in erster Linie eine optimale und stabile wirtschaftliche Wertschöpfung angestrebt. Im Vordergrund steht das Vorantreiben des qualitativen, zielgerichteten Tourismus. Der wirtschaftliche Nutzen aus dem Tourismus soll eine breite Streuung innerhalb lokaler Bevölkerungsgruppen erfahren. Das Prinzip des ökologischen Wirtschaftens basiert auf der Strategie des qualitativen Wirtschaftswachstums bei einer breit gefächerten Wirtschaftsstruktur (SANFTENBERG 2001: 24). Der Teilbereich der Soziokultur verfolgt das Ziel der Sozialverträglichkeit. Dabei geht es um die Selbstbestimmung und Erhöhung der Lebensqualität der einheimischen Bevölkerung. Die soziokulturelle Identität bleibt erhalten und eine den lokalen Verhältnissen angepasste Weiterentwicklung der Soziokultur wird vorangetrieben.

## **2.3 Das Konzept der Regionalentwicklung**

Mit der AGENDA 21 bildete sich ein Gegenpol zu den bisherigen globalen Wirtschafts- und Machttrends heraus – die Regionalentwicklung. Der Ausdruck „denke global, handle lokal“ verleiht der Region eine stärkere Gewichtung. Die Region ist als eine Aktivitäts- und Bezugsebene in den Vordergrund gerückt. Sie wird durch ihre natürlichen Besonderheiten, deren Nutzung und den sich daraus ergebenden ökonomischen, ökologischen, sozialen und kulturellen Verhältnissen geprägt (KALKKUHL et al. 1998: 10). Viele ökologische und ökonomische Zusammenhänge lassen sich auf der regionalen Ebene überschaubarer gestalten. Sie ermöglichen die Suche nach eigenständigen Lösungen, welche die regionalen Stärken unterstreichen. Die lokalen Akteure zusammen mit den breiten Schichten der Bevölkerung bekommen mehr Mitbestimmungsrechte und partizipieren somit an der regionalen Entwicklung. Diese reziproke Wirkung aller bereits genannten Komponenten schafft wiederum eine gewisse soziopolitische und ökonomische Unabhängigkeit innerhalb von übergeordneten regionalen Strukturen bzw. Systemen.

Die klassische Regionalentwicklung bedeutet die Entwicklung strukturschwacher, insbesondere ländlicher Regionen. Durch Regionalentwicklung und -planung soll das Engagement von Menschen zur Verbesserung ihrer Arbeits- und Lebensbedingungen unterstützt werden (KALKKUHL et al. 1998: 9). Infolge regionalpolitischer Maßnahmen soll eine Abschwächung der disparitären Strukturen erreicht werden. Das vordringliche Ziel dabei ist, möglichst weitgehend umweltschonende Wirtschaftsbereiche in den ländlichen Regionen anzusiedeln und neue Arbeitsplätze zu schaffen. Insbesondere der Tourismus wird als wichtiges regionalpolitisches Instrument zur Erschließung ländlicher Gebiete angesehen. Gerade innerhalb dieser strukturschwachen Räume, wo andere Nutzungen wegen der weniger günstigen Verkehrslage, spezifischer Naturbedingungen vor Ort oder fehlender Ressourcen keine oder nur geringe Existenzmöglichkeiten haben, finden die touristischen Einrichtungen günstige Standortgrundlagen (vgl. VORLAUFER 1988: 626).

## **3 Gesetzliche und planerische Grundlagen für Naturschutz und Tourismus**

Die planerische Grundlage für Naturschutz und Tourismus basiert auf dem „Gesetz über die Raumbewirtschaftung“ von 1994. Das Gesetz regelt „den Rahmen und die Methoden des Verfahrens zur Bestimmung von Flächen für definierte Ziele sowie zur Bestimmung der Grundsätze für deren Bewirtschaftung“ (NIEWIADOMSKI & TUROWSKI 2001: 42f). Infolge der im Jahr 1999 durchgeführten Verwaltungsreform wird eine bestimmte Anzahl von Zuständigkeitsbereichen und Aufgaben an zwei neue, überörtliche Selbstverwaltungsebenen (Woiwodschaft, Powiat) und eine lokale Ebene (Gemeinde) übertragen. Die Verwaltungen der ersten überörtlichen Ebene, der Woiwodschaft, sind gesetzlich zur Aufstellung von folgenden Dokumenten verpflichtet: der Entwicklungsstrategie der Woiwodschaft, des Raumbewirtschaftungsplans mit periodischer Aktualisierung und der Woiwodschaftsprogramme. Diese Dokumente beziehen sich auf die Vorlagen der

Woiwodschaftsprogramme der Regierung. Neben diesen grundlegenden Instrumenten wurden Gesetze über den Schutz und die Pflege der Umwelt, das Naturschutzgesetz, das Gesetz über den Schutz von Wald- und Landwirtschaftsflächen u. a. geschaffen. Die Selbstverwaltung auf der Powiatebene hat im Bereich der räumlichen Planung nur eingeschränkte Kompetenzen. Sie kann keine Raumbewirtschaftungspläne aufstellen, auch die von ihr durchgeführten Analysen und Studien weisen keinen bindenden Charakter auf. Die letzte Verwaltungsebene ist die Gemeinde. Das grundlegende Instrument der gemeindlichen Planungspolitik sind die örtlichen Raumbewirtschaftungspläne. Für die einzelnen Gemeinden haben sie obligatorischen Charakter. Die Planungspflicht ergibt sich aus Sondervorschriften, Regierungsprogrammen sowie aus geplanten öffentlichen Maßnahmen.

Das Gesetz über die Raumbewirtschaftung betrachtet die Konzeption der nachhaltigen Entwicklung als Grundlage aller raumordnerischen Maßnahmen (vgl. PARYSEK 1995: 10f). Die in diesem Gesetz formulierten Ziele schreiben eine effektive Nutzung der natürlichen Ressourcen unter Berücksichtigung umweltschonender Planungen bzw. damit verbundener Aktivitäten vor. Die Erhaltung des ökologischen Gleichgewichts gehört zu den übergeordneten Zielen in der Raumbewirtschaftung.

Die Regionalplanung und -entwicklung basiert auf dem „Gesetz über die Förderung der Regionalentwicklung“ aus dem Jahr 2000, welches die Grundsätze und Formen der regionalen Förderung definiert hat. Diese erfolgt auf der Grundlage der Nationalen Strategie der Regionalentwicklung sowie auf Initiative der Selbstverwaltung der einzelnen Woiwodschaften (NIEWIADOMSKI & TUROWSKI 2001: 48). Die Ziele der Unterstützung der Entwicklung sind der Abbau von Entwicklungsunterschieden innerhalb einzelner Gebiete, sozialer Chancenausgleich sowie die Verringerung des Rückstandes in den schwach entwickelten Räumen.

Hinsichtlich der Raum- und Regionalplanungsstrategie ergibt sich folgendes Bild im Untersuchungsraum: Die Komplexität des Anpassungsprozesses insbesondere vor dem geplanten EU-Beitritt im Jahr 2004 ist im Bereich der Raumplanung sichtbar. Die Auslegung der rechtlich vorgeschriebenen Dokumente und das Einhalten der Frist ist in jeder der zu untersuchenden Gemeinden unterschiedlich zu bewerten. Laut den Verordnungen des übergeordneten Woiwodschaftsamtes in Gdańsk sind die Gemeinden verpflichtet einen aktuellen örtlichen Raumbewirtschaftungsplan und/oder ein sog. „Studium über die Richtlinien zur Raumbewirtschaftung“ bis 31.12.2002 vorzulegen. In den meisten Erhebungsgemeinden liegt eines dieser Dokumente bereits vor oder läuft ein Genehmigungsverfahren. Im Falle eines bereits genehmigten Studiums wird die Frist zur Erstellung des örtlichen Raumbewirtschaftungsplans um ein Jahr verlängert.

In den grundlegenden Dokumenten der Pommerischen Woiwodschaft zur nachhaltigen regionalen Entwicklung nimmt der Naturschutz eine besondere Stellung ein. Dem Tourismus wird eine eher kompensierende Wirkung zu den anderen Wirtschaftszweigen zugeschrieben. Auf eine sichtbar andere Weise wird die touristische Entwicklung in den Selbstverwaltungen der Gemeinden vorangetrieben. In den von ihnen angefertigten strategischen Entwicklungsplänen wird das touristische Produkt als Verbindung von Natur-, Landschafts- und regionstypischen Kulturerlebnis dargestellt und propagiert (vgl. BENTHIEN 1995: 108).

## 4 Zielsetzung und Fragestellungen

Das Forschungsprojekt setzt sich mit Fragen zur Integration von Naturschutz und Tourismus im Sinne eines Nachhaltigkeitskonzepts im nordöstlichen Gebiet Polens – der Großregion Gdańsk-Gdynia – auseinander. Das primäre Ziel ist es, eine räumliche Analyse regionaler Entwicklungspotentiale im Bereich des Naturschutzes und Tourismus im Untersuchungsraum durchzuführen. Die gewonnenen Aussagen aus einer „Ist“-Analyse erlauben, das natürliche und touristische Potential zu bestimmen. Dies wiederum ermöglicht eine Profilierung des regionalen touristischen Produkts. Dieses basiert auf den Stärken einer Region hinsichtlich der naturräumlichen, infrastrukturellen und personellen Ausstattung (vgl. BENTHIEN 1995: 110). Im Rahmen der Untersuchung bezieht sich die Potentialanalyse auf die einzelnen Erhebungsgebiete. Im Anschluss an die Bestimmung des natürlichen und touristischen Produkts wird geprüft, inwieweit sich ein übertragbares Modell bzw. Lösungsansätze für eine regional angepasste, nachhaltige Erholungsnutzung und Naturschutz in den untersuchten Gemeinden entwickeln lassen.

Unter Berücksichtigung des Entwicklungs- und gleichzeitig Konfliktpotentials zwischen dem Naturschutz und Tourismus und vor dem Hintergrund eines nachhaltigen Regionalkonzepts sind folgende Fragestellungen für die Untersuchung von besonderer Bedeutung:

Inwieweit sind die polnischen gesetzlichen Regulationsmechanismen im Bereich des Naturschutzes und Tourismus mit denen der Europäischen Union konform?

Über welches Naturpotential verfügt die Großregion Gdańsk-Gdynia?

Welche Stellung nimmt der Tourismus ein? Welche Potentiale und Konflikte resultieren aus seiner Entwicklung?

Welche Auswirkungen ergeben sich aus der reziproken Wirkung von Naturschutz und Tourismus? Wie lassen sich Umweltauswirkungen und die touristische Tragfähigkeitsgrenze bestimmen?

Können Naturschutz und Tourismus zum Konzept der nachhaltigen Regionalentwicklung beitragen bzw. zu Indikatoren dieser Entwicklung werden?

## 5 Abgrenzung der Untersuchungsregion

Die für das Forschungsprojekt ausgewählte Untersuchungsregion liegt im nordöstlichen Bereich der Pommerischen Woiwodschaft. Betrachtet man die räumliche Gliederung Polens nimmt sie den am weitesten nach Norden ausgestreckten Teil ein. Ihre Fläche beträgt 18.293 km<sup>2</sup>. Ihre Lage kennzeichnet eine unmittelbare Nähe zum Baltischen Meer. Sie verfügt über eine 316 km lange Küstenlinie mit der Danziger Bucht eingeschlossen. Ihre territoriale Struktur bestimmen 16 Kreise mit 123 Gemeinden und vier kreisfreien Städten<sup>3</sup>. Auf diesem

---

<sup>3</sup> Seit dem Jahr 2002 kommt in der Pommerischen Woiwodschaft ein neuer Kreis hinzu (Powiat sztumski). Die grafische Darstellungsweise bezieht sich auf die territoriale Gliederung von 1999 ohne Berücksichtigung des neuen Kreises

Gebiet lebten im Jahr 1999 2,1 Mio. Menschen (TARKOWSKI & DUTKOWSKI 2000: 11). Die Pommerische Woiwodschaft ist zur Vereinheitlichung der planerischen Strukturen in vier Großgebiete unterteilt. Der Untersuchungsraum ist administrativ mit dem nordöstlichen Gebiet "Północno-wschodni obszar działań strategicznych" (NE-Gebiet strategischer Maßnahmen) gleichzusetzen (TARKOWSKI & DUTKOWSKI 2000: 12).

Die Rahmenbedingungen für die Bestimmung des Untersuchungsraumes bilden sowohl die administrativen, als auch sozio-ökonomischen Kriterien. Innerhalb der administrativen Gliederung wurde die Gemeinde als grundlegende Einheit gewählt. Die Begründung hierfür ist wie folgt: Zum einen bezieht sich die gesamte Empirie auf die Gemeindeebene. Dadurch lassen sich die räumlichen Strukturen genauer analysieren. Zum anderen können bestimmte Aspekte sozio-ökonomischer Entwicklung auf der kommunalen Ebene näher untersucht werden. Drittens ist der Zugriff auf statistische Daten auf der Gemeindeebene von besonderer Bedeutung, da sie der Datenvervollständigung zu eigenen empirischen Untersuchungen dienen sollen.

Neben der administrativen Gliederung wurden ausgesuchte sozio-ökonomische Kriterien zur Abgrenzung des Untersuchungsraumes einbezogen. Sie betreffen Daten zur touristischen Entwicklung und zum Naturschutz. Im folgenden wird auf beide Gliederungsarten des Untersuchungsgebietes näher eingegangen.

## **5.1 Administrative Gliederung**

Im Hinblick auf die administrative Gliederung bilden fünf Powiaten die Abgrenzung des Untersuchungsraumes: pucki, wejherowski, kartuski, gdański und nowodworski (vgl. Karte 2). Der größte Powiat wejherowski hat eine Fläche von 1.283 km<sup>2</sup> und der kleinste Powiat pucki eine Fläche von 575 km<sup>2</sup>. Innerhalb der Powiatengrenzen gibt es 44 Gemeinden: 15 Städte und 29 ländliche Gemeinden. Am dichtesten besiedelt sind die Gemeinden des Powiats wejherowski (135 Einwohner/km<sup>2</sup>) und am schwächsten die Gemeinden im Powiat nowodworski (57 Einwohner/km<sup>2</sup>). Die 15 Städte des Untersuchungsraumes nehmen eine Gesamtfläche von über 711 km<sup>2</sup> mit über 950 Tausend Einwohnern ein. Dies entspricht in etwa 80 % der gesamten Einwohnerzahl des Untersuchungsgebietes (1,2 Mio.). Die meisten der zu untersuchenden Gemeinden sind aufgrund wirtschaftlicher Umstrukturierung von einer ansteigenden Arbeitslosigkeit betroffen. Im Jahr 2000 betrug der höchste Arbeitslosenanteil an allen Beschäftigten 33,6 Prozent im Powiat nowodworski, 15,8 im Powiat wejherowski und 13,8 im Powiat kartuski. Die geringste Arbeitslosenrate wurde in den kreisfreien Städten – Gdynia (7 %), Gdańsk (6,7 %) und Sopot (5,8 %) registriert (ROCZNIK STATYSTYCZNY WOJEWÓDZTWA POMORSKIEGO 2001: 54f, 176f).

## 5.2 Sozio-ökonomische Gliederung

Für die Abgrenzung des Untersuchungsraumes wurden neben den administrativen, die sozio-ökonomischen Aspekte touristischer Entwicklung berücksichtigt. Diese bilden den Ausgangspunkt für die Bestimmung von Zonen unterschiedlicher touristischer Entwicklungsintensität. Im einzelnen handelt es sich um ausgewählte Größen, wie z. B. Anzahl der Übernachtungsplätze je Gemeinde und je 1.000 Einwohner, Konzentrationsdichte der Übernachtungsplätze, Anzahl und Auslastung der

Beherbergungsbetriebe und Länge der Besucheraufenthalte. Anhand dieser Kriterien wurden Gebiete mit einer unterschiedlich stark ausgeprägten touristischen Nutzungsintensität festgelegt. Diese Vorgehensweise erlaubt, nach Einbeziehen naturräumlicher Kriterien die potentiellen Konfliktgebiete aufzuzeigen, was wiederum eines der übergeordneten Untersuchungsziele darstellt.

Die Pommerische Woiwodschaft wurde in insgesamt fünf Zonen touristischer Entwicklungsintensität unterteilt. Im Bereich des Untersuchungsraumes werden drei Zonen unterschieden: Zone der höchsten, hohen und potentiellen touristischen Entwicklung (vgl. Karte 1, Tabelle 1). Betrachtet man das Angebot an Übernachtungen im untersuchten Raum konzentrieren sich die meisten Übernachtungsplätze in Zone 1, dem Küstenstreifen. Hierzu zählen die Gemeinden der Halbinsel Hel im Nordosten, Städte des Gdańsk-Gdynia-Ballungsraumes entlang der Danziger Bucht und Gemeinden der Weichsel Nehrung im Osten. Das höchste Angebot an Übernachtungsplätzen (13.000-17.000) verzeichneten im Jahr 1999 die Städte Władysławowo und Gdańsk. Ihnen folgten mit 7.000-10.000 Übernachtungsplätzen die Gemeinde Stegna und die Stadt Krynica Morska (TARKOWSKI & DUTKOWSKI 2000: 55). Die Gemeinden im Bereich der Zone 2 erreichten das Niveau von 1.000-2.200 Übernachtungsplätzen. Weniger bedeutend dagegen waren Gemeinden der Zone 3. Die räumliche Verteilung der Übernachtungsplätze zeigt, dass ihre Konzentration grundsätzlich nach Südwesten, in Richtung des Danziger Küstenlandes und der Kaschubischen Seenplatte abnimmt. Mit der Entfernung von der Küste ändert sich die Art, die Struktur und die Ausprägung des Tourismus.

Innerhalb der sozio-ökonomischen Abgrenzung wurden neben den Gebieten touristischer Entwicklungsintensität Gebiete mit Disponibilität des natürlichen Potentials und besonderer Naturschutzfunktion dargestellt. Aufgrund der methodischen Vorgehensweise werden die potentiellen Konflikträume innerhalb des Naturschutzes und Tourismus mittels einer Beobachtungsmethode bestimmt. Diese Abgrenzung schafft die Grundlage hierfür und zeigt Überschneidungsbereiche beider Nutzungen auf (vgl. Karte 3). Die dunkel gefärbten Flächen stellen die touristisch attraktivsten Gebiete im Untersuchungsraum dar. Die schraffierten Flächen zeichnen Abgrenzungen der Landschaftsschutzgebiete ab. Diese umfassen großräumige Naturgebiete mit unterschiedlichen Zielen des Natur- und Landschaftsschutzes. Im Bereich dieser Naturflächen überwiegen Landschafts- und Naturparke.

**Tabelle 1** Zonen touristischer Entwicklung (ZTE) in der Pommerischen Woiwodschaft

<b>ZTE 1: Der Küstenstreifen - Zone höchster touristischer Entwicklung</b>	
Gemeindezahl:	3 kreisfreie Städte, 7 städtische, 9 ländliche
Abgrenzung <sup>1</sup> :	Ustka (powiat słupski), Halbinsel Hel (powiat pucki) und Gdańsk-Sopot-Gdynia-Ballungsraum, Weichsel Nehrung (powiat nowodworski)
Kurzcharakteristik:	bevorzugtes Meeresklima, reich an Naturpotential, hoher Anteil an Naturschutzgebieten (Słowiński Nationalpark), höchster Anteil an Naturreservatflächen (ca. 80 %), gut ausgebaute touristische Infrastruktur, höchste Zahl an Übernachtungsplätzen in der gesamten Woiwodschaft (über 74 %).
<b>ZTE 2: Kaschubisches Küstenland/ Kaschubische Seenlandschaften - Zone hoher touristischer Entwicklung</b>	
Gemeindezahl:	2 städtische, 3 städtisch-ländliche, 15 ländliche
Abgrenzung:	Studzienice (powiat bytowski/chojnicki), Sierakowice (powiat kartuski), Nowa Karczma (powiat kościerski), Chojnice (powiat chojnicki)
Kurzcharakteristik:	Binnenland mit hohem Gewässeranteil, eiszeitlich überprägt (Grund-, Endmoränen, Sander, postglaziale Seen), hoher Anteil an Forstökosystemen, hoher Anteil an Wäldern/Seen, gute Umweltqualität, mittlere Konzentration touristischer Einrichtungen, hoher Anteil an Sehenswürdigkeiten, starke regionale Identität der Kaschuben.
<b>ZTE 3: Pufferzone Küstenstreifen/Kaschubische Seenlandschaften - Zone potentieller touristischer Entwicklung (1)</b>	
Gemeindezahl:	6 städtische, 2 städtisch-ländliche, 25 ländliche
Abgrenzung:	Słupsk (powiat słupski), Gniewino (powiat wejherowski), Nowy Dwór Gdański (powiat nowodworski), Dębica Kaszubska (powiat słupski) und Trąbki Wielkie (powiat gdański)
Kurzcharakteristik:	agrarwirtschaftlich geprägte Gemeinden (hoher Anteil an landwirtschaftlichen Betrieben und Forstökosystemen), überwiegend Landschaftsparke, zahlreiche Seen, junge touristische Tradition, relativ geringer Anteil an Übernachtungsplätzen, unzureichende touristische Ausstattung, dünn besiedelte Gebiete, hohe Arbeitslosenrate.

<sup>1</sup> Es handelt sich um eine administrative Abgrenzung, bei der nur Gebietsabgrenzungsgemeinden genannt wurden. Die Reihenfolge der Abgrenzung wurde vom Westen, über Norden und Osten bis nach Süden festgelegt. [Eigene Bearbeitung nach: Tarkowski, M., Dutkowski, M. (2000); Strategia Rozwoju Województwa Pomorskiego (2000)].

<b>ZTE 4: Wald- und Seenzone/Biospärenreservate - Zone mittlerer touristischer Entwicklung</b>	
Gemeindezahl:	1 städtische, 4 städtisch-ländliche, 11 ländliche
Abgrenzung:	Miastko (powiat bytowski), Kołczygłowy (powiat bytowski), Lipnica (powiat bytowski), Debrzno (pow. chłuchowski)
Kurzcharakteristik:	hoher Anteil an landwirtschaftlichen Flächen und Waldflächen, dünn besiedelt, geringe touristische Tradition, unzureichende Ausstattung an touristischen Einrichtungen, dünne Besiedlung, geringe Umweltbelastung - Fehlen von Industriearealen bzw. großflächig versiegelten Flächen, hohe Umweltqualität, relativ hohe Arbeitslosenrate.
<b>ZTE 5: Hochwertige Agrarlandschaften/Landschaftsschutzgebiete - Zone potentieller touristischer Entwicklung (2)</b>	
Gemeindezahl:	6 städtische, 6 städtisch-ländliche, 23 ländliche
Abgrenzung:	Zblewo (powiat starogardzki), Tczew (powiat tczewski), Dzierzgoń (powiat malborski), Gardeja (powiat kwidzyński)
Kurzcharakteristik:	rückläufige Zahl landwirtschaftlicher Betriebe, abnehmende Beschäftigtenzahl in der Landwirtschaft, Abwanderung der jungen Bevölkerung, Verlust infrastruktureller Einrichtungen, zahlreiche historische Sehenswürdigkeiten, große landwirtschaftliche Agrarflächen/ Kulturlandschaften, geringe Vielfalt an Naturlandschaften, gute Umweltqualität.

Im einzelnen handelt es sich um die Flächengrundrisse der vier transparent dargestellten Landschaftsparke: Nadmorski (1), Trójmiejski (2), Weichsel Nehrung (3) und Kaschubischer Landschaftspark (4). Mit ihrer Gesamtfläche von 64.994 ha nehmen sie ca. 14 % der gesamten Fläche im Untersuchungsraum ein. Die Kernbereiche dieser großräumigen Flächen sind gleichzeitig Bereiche potentieller Konflikte.

### 5.3 Bestimmung der Erhebungsgemeinden

Aufgrund der Größe des Untersuchungsraumes wurden für die Durchführung empirischer Fallstudien vier Erhebungsgebiete definiert (vgl. Karte 2, Tab. 2). In jedem der einzelnen Erhebungsgebiete wurden drei bis vier zusammenhängende Gemeinden als Erhebungsstandorte ausgewählt. Diese Entscheidung wird dadurch begründet, dass zum einen die Betrachtung bestimmter sozio-ökonomischer Entwicklungen (Tourismus) und zum anderen das Vorkommen von Naturlandschaften (Naturschutz) über mehrere administrative Gemeindegrenzen hinausgeht. Die Überlegung, einzelne Gemeinden in einem Gemeinde-

zusammenschluss zu betrachten, verschafft vor allem eine interkommunale Sichtweise. Dies wiederum hilft, bestimmte Konfliktfelder auf der lokalen Ebene besser zuzuordnen. Zum anderen setzt das geplante Evaluationsmodell eine kooperative Stellung der beteiligten Akteure voraus und könnte unter dem Gesichtspunkt eines Gemeindeverbundes erfolgreicher umgesetzt werden.

Die Auswahlkriterien für die Bestimmung der Erhebungsgemeinden basieren auf den Erkenntnissen zur Abgrenzung des Untersuchungsraumes. Zwei Indikatoren waren hierbei von besonderer Bedeutung: die Konzentration touristischer Standorte hinsichtlich des Übernachtungsplatzangebotes und der Anteil registrierter Übernachtungen zur Gemeindeeinwohnerzahl. Ergänzend wurden Kriterien, wie z. B. touristische Attraktivität (das natürliche Potential, Landschaftsform, kulturelles Angebot), Auslastung der Beherbergungsbetriebe, d. h. Anzahl der Übernachtungsplätze zur Anzahl der Ankünfte herangezogen (vgl. GOŁEMBSKI 1999: 34-38, 48ff).

Im Hinblick auf die administrative Gliederung bilden die drei Powiaten pucki, kartuski und nowodworski mit insgesamt 14 Gemeinden und 3 kreisfreien Städten die Befragungsstandorte (vgl. Tab. 2). Betrachtet man die Einteilung der Erhebungsgebiete in Zonen touristischer Entwicklungsintensität gehören die beiden Powiaten pucki, nowodworski und die drei Städte des Ballungsraumes der nordöstlichen Abgrenzung der ZTE 1 an (vgl. Karte 1). Powiat kartuski liegt im nördlichen Bereich der ZTE 2. Gdańsk ist mit 262,03 km<sup>2</sup> die größte und Puck mit 5 km<sup>2</sup> die kleinste Gemeinde. Im Jahr 2000 lebten auf diesem Gebiet über 880 Tausend Einwohner (ROCZNIK STATYSTYCZNY WOJEWÓDZTWA POMORSKIEGO 2001: 54f).

**Tabelle 2** Erhebungsgebiete im Untersuchungsraum Großregion Gdańsk-Gdynia

<b>GEBIET 1</b>
<b>Powiat pucki:</b> Krokowa (l), Puck (l) und (st), Władysławowo (st), Jastarnia (st), Hel (st)
<b>GEBIET 2</b>
<b>Ballungsraum:</b> Gdynia, Sopot, Gdańsk (kfs)
<b>GEBIET 3</b>
<b>Powiat nowodworski:</b> Stegna (l), Sztutowo (l), Krynica Morska (st)
<b>GEBIET 4</b>
<b>Powiat kartuski:</b> Kartuzy (l) und (stl), Chmielno (l), Stężycza (l), Sulęczyno (l)

(l) - ländliche Gemeinde, (st) - Stadt, (kfs) kreisfreie Stadt, (stl) - städtisch-ländliche Gemeinde

## 6 Methodischer Untersuchungsrahmen

In der vorliegenden Untersuchung werden hauptsächlich drei Methoden empirischer Sozialforschung angewandt: qualitative Stichprobenbefragung, direkte Beobachtung und vertiefte Leitfaden-Interviews. Sie wurden entsprechend der Zielsetzung der Untersuchung und ihrer Fragestellungen gewählt. Aufgrund von

Umfangs- und Aufwandskriterien bei der Datenerhebung wird der Qualität des erhobenen Materials ein hoher Stellenwert beigemessen.

Das methodische Vorgehen beginnt mit einer Potentialanalyse von Naturschutz und Tourismus. Die Naturpotentialanalyse bezieht sich auf die genaue Bestimmung der natürlichen Grundlagen, d. h. naturräumliche Ausstattung, Landschaftsform, Qualität der natürlichen Umwelt. In der Tourismuspotentialanalyse wird als erstes in einer Bestandsaufnahme das primäre touristische Angebot, die naturgegebene Grundlage erfasst. Die abgeleiteten Ergebnisse aus der Naturpotentialanalyse werden an dieser Stelle von besonderer Bedeutung sein. Im Anschluss daran wird das sekundäre touristische Angebot, das Hotel- und Gaststättengewerbe und die ergänzende touristische Infrastruktur, näher untersucht. Danach folgt im Bereich der Tourismusangebotsbestimmung eine räumliche Differenzierung touristischer Nutzungen. Anschließend wird mittels einer qualitativen Besucherbefragung versucht, die Profile der touristischen Nachfrage in den für die Untersuchung festgelegten Erhebungsgemeinden zu bestimmen. Im Falle einer unzureichenden Datenmenge aus eigenen Erhebungen werden Daten sekundärer Statistik einbezogen.

Der explorative Charakter dieser Untersuchung erlaubt, weitere qualitativen Forschungsmethoden anzuwenden. Diese bestehen zum einen aus einer intensiven Beobachtung vor Ort und zum anderen aus vertieften Leitfaden-Interviews mit Vertretern der Gemeindeverwaltungen und Einwohnern der Erhebungsgemeinden.

Alle in diesem Forschungsprojekt angewandten empirischen Methoden dienen dem Ziel, grundlegende Auswirkungen von Naturschutz und Tourismus aufzuzeigen und daraus resultierende Lösungsansätze zu formulieren, welche zu einer gemeindeübergreifenden nachhaltigen Entwicklung beitragen.

Für das Forschungsprojekt werden drei Auslandsaufenthalte vorgesehen. Der erste Aufenthalt fand Ende des Jahres 2001 statt und diente der Orientierung vor Ort. Während dieser drei Monate wurde mit Hilfe von statistischen Quellen und Daten vor Ort (nach Überprüfung des lokalen und regionalen Veröffentlichungsstandes) der Untersuchungsraum, einschließlich der Erhebungsgemeinden festgelegt. Der zweite Aufenthalt von Juni bis November 2002 dient der empirischen Arbeit vor Ort. Die Ergebnisse aus den zum Teil bereits durchgeführten Erhebungen werden durch abschließende Befragungen im Jahr 2003 vervollständigt und in das Modell zur Evaluation umweltschonender Tourismusmaßnahmen eingefügt. Dies wird in enger Zusammenarbeit mit den betroffenen Gemeinden geschehen.

Im folgenden wird auf die Methode der Befragung und Beobachtung näher eingegangen.

## **6.1 Die Methode der Befragung**

Das primäre Ziel der empirischen Untersuchung vor Ort liegt zunächst in der Ermittlung der touristischen Nachfrage. Für diesen Zweck werden Befragungen von einheimischen und ausländischen Reisenden durchgeführt, mit dem Ziel einer Profilierung von bestimmten Besuchertypologien. Bei der Touristenbefragung wurde das Face-to-face-Prinzip gewählt. Die Zielgruppen bilden Tages- und

Übernachtungsgäste. Der Fragebogen wurde in drei Sprachen – Polnisch, Deutsch und Englisch – übersetzt. Die Struktur des Fragebogens bestimmen teils geschlossene, teils offene Fragen. Bei den geschlossenen Fragen haben die Probanden die Möglichkeit, eine vorgegebene Antwort zu wählen und bei den offenen Fragestellungen, rein subjektiv zu antworten.

Der Befragungsbogen beinhaltet drei wesentliche Fragenkomplexe. Der erste Fragenkatalog bezieht sich auf das Reiseverhalten der Gäste (u. a. Reisehäufigkeit und -intensität, Reisemotive, Aufenthaltsdauer). Fragen zur Bewertung von verschiedenen touristischen Angebotselementen am Erholungsort und bestimmten Verhaltensmustern der Befragten zum Naturschutz bilden den zweiten Befragungsteil. Im abschließenden Teil werden Fragen zu demographischem (z. B. Geschlecht, Alter, Familienstand) und sozioökonomischem Profil der Befragten (z. B. Ausbildungsabschluss, Beruf, Haushaltsnettoeinkommen) gestellt.

Bevor die tatsächlichen Befragungen begannen, wurde ein Prä-Test-Verfahren (Probebefragung) durchgeführt. Dieses sollte auf eventuelle Strukturschwächen des Fragebogens aufmerksam machen. Insgesamt konnte im Zeitraum von Anfang Juni bis Mitte September 2002 eine Stichprobe von 800 Befragungen nach dem Zufallsverfahren erfasst werden. Ergänzend dazu werden leitfadensorientierte Tiefeninterviews mit Gemeindeeinwohnern und Vertretern der Gemeindeverwaltungen eingeleitet. Die Einwohnerbefragungen wurden zum größten Teil in Form von Straßeninterviews durchgeführt. Im Vergleich dazu bietet eine Haushaltsbefragung wegen höherer Repräsentativität die vorteilhaftere Lösung (vgl. QUACK 2001: 59). Die Einwohnerbefragung in Form einer Haushaltsbefragung durchzuführen, wurde in der Einführungsphase der Interviews in Erwägung gezogen, konnte sich aber aufgrund von logistischen, personellen und finanziellen Gründen nicht durchsetzen.

Parallel zu den Befragungen findet vor Ort eine Stärken-/Schwächen-Analyse für den Bereich des Tourismus statt. Sie bezieht sich auf den Ist-Zustand der Entwicklung und besteht in der Bewertung und Erfassung vorhandener touristischer Einrichtungen und Planungen. Diese Analyse ist erforderlich, um das touristische Produkt einer Gemeinde bzw. eines Gemeindeverbundes näher zu bestimmen und zu profilieren, d. h. adäquate umweltschonende Entwicklungsmaßnahmen vorzuschlagen und einzuleiten (BENTHIEN 1995: 109f).

## **6.2 Die Methode der Beobachtung**

Die Anwendung der Beobachtungsmethode vor Ort diene in erster Linie der Bestimmung von Konfliktfeldern. Überall dort, wo touristische Nutzung und Naturschutz vorkommen, wurden Konfliktpotentiale sichtbar. Betrachtet man die zwei hauptsächlichen Erhebungsgebiete mit den Gemeinden der Halbinsel Hel (nordöstlicher Untersuchungsraum) und des im Osten gelegenen Weichsel Werders ergibt sich ein klares Bild. Dort ist die natürliche Umwelt infolge der Übernutzung an vielen touristischen Standorten teilweise degradiert. Besonders in den küstennahen Orten, deren meist wichtigste touristische Anziehungspunkte die Strände und die angrenzenden Dünenwälder sind, werden die negativen Auswirkungen sichtbar. Die

Strände sind durch Plastik- und nicht wiederverwertbaren Müll verschmutzt. Das größte Problem aber ist die Verschmutzung der Dünen und ihrer Wälder, vor allem aufgrund fehlender sanitärer Anlagen. Die Aufstellung von sanitären Anlagen und Müllbehältern am Strand und im Strandbereich ist keine Aufgabe der Kommune, sondern des Küstenschutzamtes. Die Gemeinde ist lediglich verpflichtet, den kommunalen Strandabschnitt mit derartigen Anlagen auszustatten.

Ein großes Problem ist das Betreten der Dünen. Sie sind bereits durch starke Erosion gekennzeichnet. Überall findet man Warn- und Verbotsschilder, die jedoch von Besuchern selten beachtet werden. Die Wälder dienen nicht selten als Abkürzungswege und ihre Wiesen als Feuer- bzw. Biwakplätze.

Anhand eines Fallbeispiels aus der Gemeinde Sztutowo/Kąty Rybackie (Weichsel Werder) wird das Problem der Raumfunktionalität genauer dargestellt. Ein Wald- und Strandabschnitt in der Gemeinde wird von Menschen und Vögeln genutzt. Das Kormoran-Reservat mit ca. 8.000 Vogelpaaren, einzigartig im europäischen Raum und laut Naturschutzbestimmungen besonders geschützt (vgl. GERSTMANNOWA 2001: 114). In der letzten Zeit wurde die Pufferzone des Reservats zugunsten des Lebensraumes der Vögel erweitert. Die Zone des Fischfanges dagegen wurde radikal verkleinert. Aus den Potentialen dieses Naturraumes im Waldbereich wollen Eigentümer der Campingplätze und Erholungsanlagen ebenfalls einen Nutzen ziehen. Der Konflikt zwischen Tourismusbetreibern und Vögeln entsteht vor allem in der Saison. Die Vögel überqueren scharenweise mehrmals am Tage die touristischen Erholungsgebiete in den Wäldern und verschmutzen sie mit Kot. Nicht nur die Verschmutzung, sondern das Absterben der Bäume und anderer Pflanzen ist die Folge. Jährlich dürfen nur wenige der Kormorane abgeschossen werden.

Auch in der weit vom Weichsel Werder im Westen des Untersuchungsraumes gelegenen Kaschubischen Schweiz werden bestimmte Konfliktpotentiale sichtbar. Dort, wo die Gemeinden im Vergleich zu den bereits dargestellten Regionen noch über naturintakte Gebiete bzw. Flächen verfügen, z. B. im Bereich der Kaschubischen Schweiz (Südwesten des Untersuchungsraumes), werden sie durch andere Strukturen gefährdet. Zahlreiche Ferien- und Erholungsanlagen aus der sozialistischen Zeit liegen bevorzugt an Seen, was eine naturnahe Erholung verspricht und gleichzeitig eine Degradierung ihrer Grundlagen verursacht. Dazu tragen ebenfalls die an den Seeufern gelegenen Wochenendanlagen bei. Ob saisonale Besucher oder Wochenendgäste aus dem nahen Umland (Ballungsraum), diese Naturräume leiden unter besonderer Verschmutzung. Das größte Problem dabei ist der produzierte Müll. Das Abstellen von Müllsäcken in den Wäldern oder an den walddahen Parkplätzen bietet leider für viele eine Alternative zur privaten Müllabfuhr.

## **7 Zusammenfassung**

Im vorliegenden Aufsatz wurden die ersten Ergebnisse zweier Studien im Untersuchungsgebiet dargestellt. Da die Phase der empirischen Feldarbeit noch nicht abgeschlossen ist, konnten keine festen Aussagen zu Strukturen der touristischen Nachfrage (Besucherbefragungen) bzw. zu den Auswirkungen von

Naturschutz und Tourismus (vertiefte Beobachtungsmethode, Leitfaden-Interviews) aufgezeigt werden. Mit Hilfe der Beobachtungsmethode konnten lediglich die Grundprobleme des Aufeinanderwirkens beider Untersuchungsgrößen herausgearbeitet werden. Einige dieser Probleme bzw. Konflikte könnten mit Hilfe von bestimmten Instrumenten der Raumplanung, darunter Naturschutzpolitik, gemildert werden. Als Schlussfolgerung aus diesen ausgewählten negativen Wirkungen beider Komponenten kann deutlich gemacht werden, dass es nicht reicht, die Integration von Naturschutz und Tourismus im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung schriftlich zu postulieren. Auf diese Weise verstandene Nachhaltigkeit wird keine dauerhaften und umweltfreundlichen Lösungen schaffen. Wie im Falle des Vogelreservats dürfen nicht nur die Belange des Vogelschutzes im Vordergrund stehen, sondern es müssen gleichberechtigt die Interessen anderer Gruppen, wie der Fischer und Tourismusbetreiber mit berücksichtigt werden. Es muss grundsätzlich vom konservierenden Grundkonzept des Naturschutzes, in dem dynamische Aspekte außer acht gelassen werden, abgesehen werden. Ein Systemerhalt von bestimmten Populationen, Ökosystemen und Landschaften ist ohne Berücksichtigung spezifischer Dynamik nicht möglich (vgl. STOLL 1999: 61). Diese und ähnliche Fragestellungen werden innerhalb des Forschungsprojekts zu prüfen sein.

Mit Hilfe von den drei empirischen Methoden (Befragung, Beobachtung, Experteninterviews) und den daraus resultierenden Ergebnissen wird schließlich ermöglicht, auf die Interdependenzen in der Wechselwirkung zwischen Naturschutz und Tourismus genauer einzugehen. Es wird geprüft, ob beide Komponenten zum nachhaltigen Regionalkonzept beitragen bzw. als Indikatoren nachhaltiger Entwicklung geeignet sind. Auf dieser Grundlage wird versucht, ein gemeindeübergreifendes Evaluationsmodell aufzustellen, das sich an Ansätzen zur umweltschonenden Entwicklung beim Einbeziehen regionaler Potentiale orientiert. Dabei werden die grundlegenden Ziele des Nachhaltigkeitskonzepts berücksichtigt. Ein hoher Stellenwert wird nicht nur dem ökonomischen Nutzen zugeschrieben, sondern es werden vor allem die sozialen und ökologischen Komponenten eingegliedert. Dieses Modell soll hauptsächlich auf dem Erfahrungsaustausch regionaler Akteure mit der einheimischen Bevölkerung aufbauen. Je breiter das erfasste Wirkungsspektrum, desto gezielter kann die wechselseitige Beziehung zwischen Naturschutz und Tourismus bestimmt werden. Neben der ökonomischen Funktion des Tourismus als zukunftssträchtiger Wirtschaftszweig soll er zum ökologischen und sozialen Hoffnungsträger werden. Dabei dürfen die positiven Effekte des Tourismus die reelle Betrachtung der Probleme und den tatsächlichen Nutzen nicht verdecken. Im Sinne eines nachhaltigen Regionalkonzepts sollen die strukturschwachen Gebiete und nicht, wie oftmals in der kommunalen Raumplanung gefördert, Standorte intensiver bzw. deutlich überhöhter Nutzung positive Entwicklungsimpulse erfahren. In diesem Zusammenhang wird zu prüfen sein, inwieweit eine touristische Inwertsetzung mit der Tragfähigkeitsgrenze der Naturräume an den Erhebungsstandorten zu vereinbaren ist.

# KARTE 1 ZONEN TOURISTISCHER ENTWICKLUNG (ZTE) IN DER POMMERISCHEN WOJWODSCHAFT

**ZTE 1** Küstenstreifen

**ZTE 2** Kaschubisches Küstenland/ Seenlandschaften

**ZTE 3** Pufferzone Küstenstreifen/ Kaschubische Seenlandschaften

**ZTE 4** Wald- und Seenzone/ Biosphärenreservate

**ZTE 5** Hochwertige Agrarlandschaften/ Landschaftsschutzgebiete

**Übernachtungsplätze (Stand: 1999)**

13000-17000

7000-10000

2200-4500

1000-2200

300-1000

100-300

5-100

Grenze des Untersuchungsraumes

Gemeindegrenzen

Powiatengrenzen

Hel

Puck

Sitz der Gemeindeverwaltung

Sitz der Powiatverwaltung

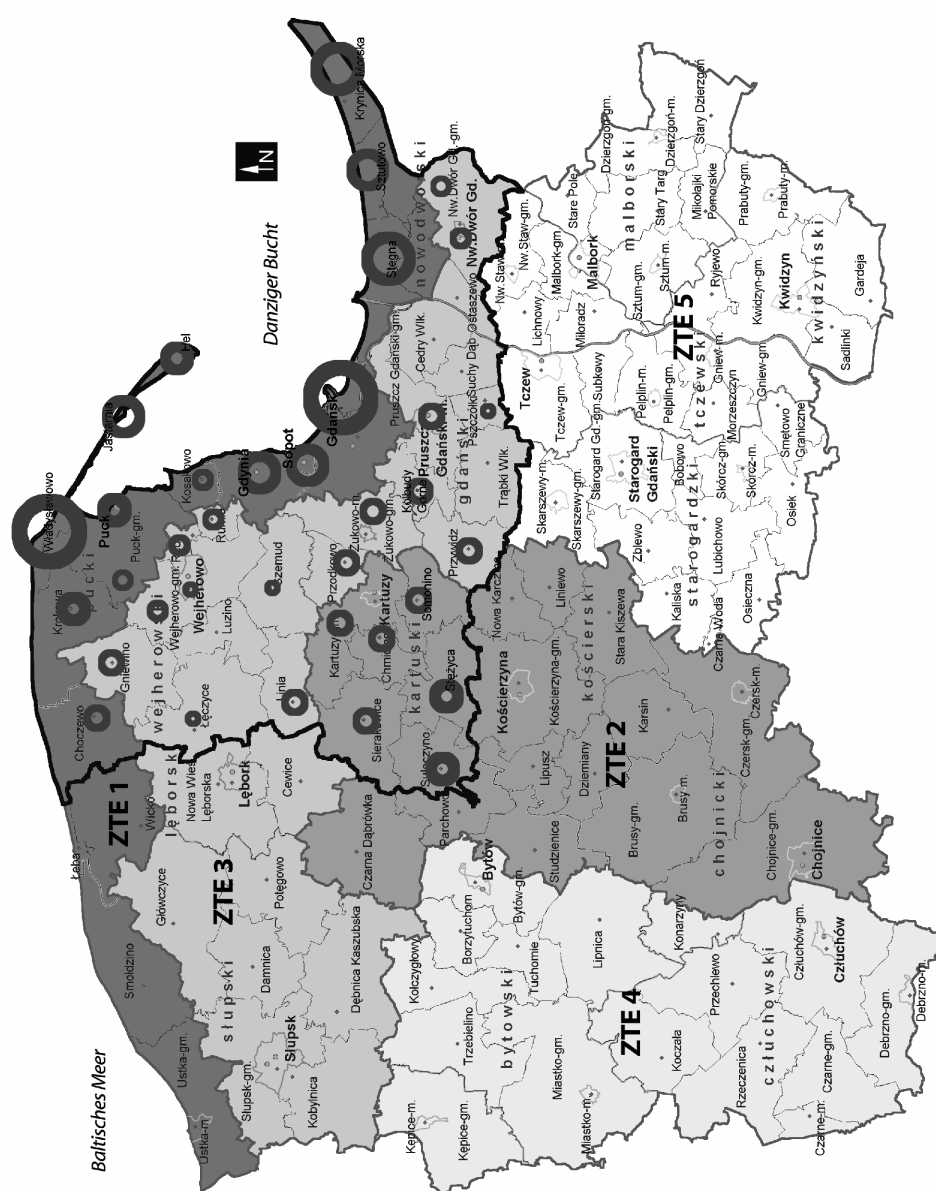
Sitz der Wojwodschafsverwaltung

Ustka-m.

Ustka-gm.

Pucki

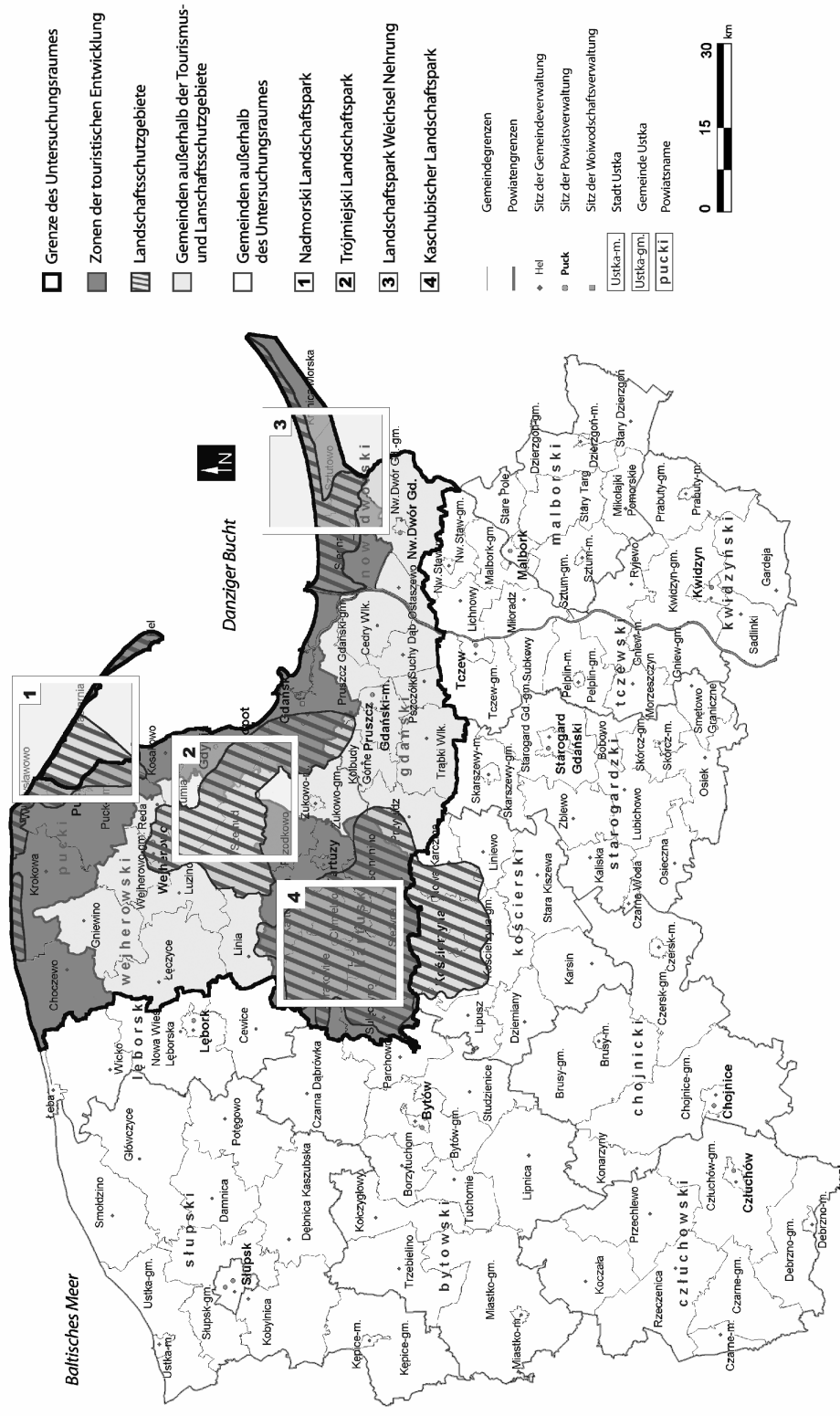
0 15 30 km



Quelle: Department für Raum- und Regionalentwicklung (Marschallamt in Danzig) Stand 1999  
 Pomorski Przegląd Gospodarczy, D(2000) Kartographie: Sylwia Torchalski (2002)



### KARTE 3 ZONEN DES TOURISTISCHEN UND NATÜRLICHEN POTENTIALS IN DER GROSREGION DANZIG



Quelle: Department für Raum- und Regionalentwicklung (Marschallamt in Danzig) Stand 1999  
 Kartographie: Sylwia Torchalisk (2002)

## Danksagung

Für die freundliche Unterstützung der Arbeit bedanke ich mich bei Prof. Dr. K. VORLAUFER und Dr. habil. M. DUTKOWSKI, die mir hilfreiche Ansatzpunkte vermittelt haben.

## Literatur

- BECKER, C. (1997): Nachhaltige Regionalentwicklung mit Tourismus: Ergebnisse aus dem Forschungsschwerpunkt des deutschsprachigen „Arbeitskreises Freizeit- und Fremdenverkehrsgeographie“ – Zeitschrift für Fremdenverkehr: 19-24; Trier.
- BENTHIEU, B. (1995): Touristische Entwicklungsmöglichkeiten der neuen Bundesländer. – [In:] Material zur Angewandten Geographie; Band 24; Umweltschonender Tourismus – eine Entwicklungsperspektive für den ländlichen Raum; Bonn.
- GERSTMANNOWA, E. (2001): Materiały do monografii przyrodniczej regionu gdańskiego (Materialien zur Monographie der Natur der Region Gdańsk), 7; Gdańsk.
- GOLEMBSKI, G. (ed.; 1999): Regionale aspekty rozwoju turystyki [Die regionalen Aspekte der touristischen Entwicklung]; Warszawa.
- HOMeyer, I. [von] & CARIUS, A. (2000): Die Osterweiterung der Europäischen Union als Herausforderung für die Umweltpolitik. – Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht, 3: 337-368; Düsseldorf.
- NIEWIADOMSKI, Z. & TUROWSKI, G. (2001): Polsko-Niemiecki Leksykon Pojęć Planistycznych [Deutsch-Polnisches Handbuch der Planungsbegriffe]; Hannover.
- QUACK, H. D. (2001): Freizeit und Konsum im inszenierten Raum. Eine Untersuchung räumlicher Implikationen neuer Orte des Konsums, dargestellt am Beispiel des CentrO Oberhausen. – [In:] Paderborner Geographische Studien; Paderborn.
- PARYSEK, J. J. (1995): Rozwój lokalny Zagospodarowanie przestrzenne i nisze atrakcyjności gospodarczej [Lokale Entwicklung: Raumplanung und Nischen ökonomischer Attraktivität]. – [In:] Studien der Polnischen Akademie der Wissenschaften. Landeskomitee der Raumplanung; Warszawa.
- SANFTENBERG, R. (2001): Sanfter Tourismus auf sandigem Boden. Tourismus und Naturschutz im Naturpark Uckermärkische Seen – 281 S.; Berlin.
- STOLL, S. (1999): Akzeptanzprobleme bei der Ausweisung von Großschutzgebieten: Ursachenanalyse und Ansätze zu Handlungsstrategien – [In:] Europäische Hochschulschriften, Reihe 42 (Ökologie, Umwelt und Landschaftspflege), Band 24; Berlin.
- STRATEGIA ROZWOJU WOJEWÓDZTWA POMORSKIEGO (2000) [Strategie der Pommerischen Woiwodschaft]. - [In:] Parteka, T. (ed.): Pomorskie Studia Regionalne; (Marschallsamt der Pommerischen Woiwodschaft) Gdańsk.
- TARKOWSKI, M. & DUTKOWSKI, M. (2000): Województwo pomorskie w mapach [Pommerische Woiwodschaft in Karten]. – [In:] Instytut Badań nad Gospodarką Rynkową (ed.): Pomorski Przegląd Gospodarczy, D (Spezialausgabe): 56 S.; Gdańsk.
- VORLAUFER, K. (1988): Tourismus und Entwicklung in der Dritten Welt: – [In:] Moderner Tourismus – Tendenzen und Aussichten. – Materialien zur Fremdenverkehrsgeographie, 17: 603-631; Trier.

## Autorin:

Sylvia Torchalski  
Geographisches Institut der Heinrich-Heine-Universität  
Düsseldorf  
Lehrstuhl für Kulturgeographie und Entwicklungsforschung  
Universitätsstrasse 1  
D-40225 Düsseldorf.

E-mail: [sylvia.torchalski@uni-duesseldorf.de](mailto:sylvia.torchalski@uni-duesseldorf.de)





