

Forschungsschwerpunkt

Ökologie tropischer Küstenregionen

Verbundprojekt MADAM

Abschlußbericht

Förderzeitraum 1. Oktober 1995 - 30. Juni 1999

Förderkennzeichen: 03F0154A

Zuwendungsempfänger:

Zentrum für Marine Tropenökologie c/o Verein zur Förderung der wissenschaftlichen
Forschung in der Freien Hansestadt Bremen e.V.

Mangrove Dynamics and Management

&

Kontaktstelle für Marine Tropenökologie

Projektleiter: Prof. Dr. Ulrich Saint-Paul

INHALTSVERZEICHNIS

| | |
|---|----|
| 1. EINLEITUNG | 4 |
| 1.1 Aufgabenstellung..... | 4 |
| 1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde | 4 |
| 1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens | 4 |
| 1.4 Wissenschaftlich und technischer Stand, an den angeknüpft wurde | 5 |
| 1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen | 5 |
| 2. EINGEHENDE DARSTELLUNG DER ERZIELTEN ERGEBNISSE | 6 |
| 2.1 Geographische Charakterisierung des Untersuchungsgebietes | 6 |
| 2.2 Ökonomische und ökologische Modellkonzeption: Integrationswerkzeug im MADAM-Vorhaben | 9 |
| 2.2.1 Simulationsmodelle zur Raum- und Zeitdynamik des Mangrovenbestandes | 10 |
| 2.2.2 Modellbildung zu Nutzungsalternativen von Mangrovenressourcen | 11 |
| 2.2.3 Anforderungen und Anwendungen des Geographischen Informationssystems (GIS) | 13 |
| 2.2.4 Aufbau und Anwendungsmöglichkeiten der MADAM-Projekt Datenbank | 16 |
| 2.3 Mangrovennutzung und direkte Wertschöpfung im Caeté-Ästuar | 19 |
| 2.3.1 Der Mangrovenkrebs <i>Ucides cordatus</i> | 22 |
| 2.3.2 Fische der Mangrove | 23 |
| 2.4 Biogeochemie und Hydrographie | 25 |
| 2.5 Biomasse und Produktionsleistungen von photoautotrophen Organismen | 28 |
| 2.5.1 Makroalgen | 29 |
| 2.5.2 Mikrophytobenthos..... | 30 |
| 2.5.3 Phytoplankton..... | 30 |
| 2.5.4 Mangrovenwald und Brachfläche..... | 31 |
| 2.6 Biologische Grundlagen und wirtschaftliche Bedeutung der Evertebratenfauna..... | 32 |
| 2.7 Biologische Grundlagen und wirtschaftliche Bedeutung der Fischfauna..... | 36 |
| 2.7.1 Fischereistruktur | 37 |
| 2.7.2 Fischgemeinschaft des Caeté-Ästuars | 37 |
| 2.7.3 Mangrove als Kinderstube..... | 38 |
| 2.7.4 Nahrungsökologie..... | 40 |
| 2.8 Kontaktstelle für Marine Tropenökologie | 40 |
| 2.9 Literaturverzeichnis zum Ergebnisteil..... | 44 |
| 2.10 Die erfolgten und geplanten Veröffentlichungen aus der 1. Projektphase | 46 |
| 2.10.1 Rezensierte Zeitschriftenartiklen (veröffentlicht & im Druck befindlich) | 46 |
| 2.10.2 Eingereichte Veröffentlichungen..... | 47 |

| | |
|---|----|
| 2.10.3 Sonstige Veröffentlichungen (veröffentlicht & im Druck befindlich) | 47 |
| 2.10.4 Kongreß- und Workshop Präsentationen..... | 48 |
| 2.10.5 Doktorarbeiten | 50 |
| 2.10.6 Diplomarbeiten | 51 |
| 2.10.7 BSc Arbeiten..... | 52 |

Abkürzungsverzeichnis

| | | | |
|---------|--|--------|---|
| AAS | Atomabsorptionsspektroskopie | ISATEC | International Studies in Aquatic Tropical Ecology |
| ADCP | Acoustic Doppler Current Profiler | ISME | International Society for Mangrove Ecology |
| AFS | Asian Fisheries Society | ISRS | International Society for Reef Studies |
| AIDA | Allianz der International Ausgerichteten Deutschen Agrarforschung | JAVA | Software |
| ARCINFO | Software | KiWi | Simulationsmodell |
| ARCVIEW | Software | LOICZ | Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone |
| ASEAMS | Association of Southeast Asian Marine Scientists | MADAM | Mangrove Dynamics and Management |
| ATSAF | Arbeitsgemeinschaft Tropische und Subtropische Agrarforschung | MAIS | Mangroven Informationssystem |
| AWI | Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung | MARUM | Marine Umweltwissenschaft, Bremen |
| BMBF | Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie | MOU | Memorandum of Understanding |
| BPPT | Agency for the Assessment and Application of Technology, Indonesien | MPB | Mikrophytobenthos |
| CAPES | Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior | MPEG | Museo Paraense Emílio Goeldi |
| CMN | Caribbean Mariculture Network | NIOZ | Niederländischen Instituts für Meeresforschung |
| CDG | Carl Duisberg Gesellschaft | NTAFS | Network of Tropical Aquaculture and Fisheries Scientists |
| CHM-CBD | Clearing House Mechanism der Convention on Biological Diversity | NUMA | Núcleo do Meio Ambiente |
| CNPq | Conselho Nacional para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico | NWO | Nederlands Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek |
| DAAD | Deutscher Akademischer Austauschdienst | ODBC | Schnittstelle |
| DFG | Deutsche Forschungsgemeinschaft | OM | Organis Matter |
| DGM | Deutsche Gesellschaft für Meeresforschung | ORSTOM | neuer Name IDR (Institut de recherche pour le développement) |
| DGM | Deutsche Gesellschaft für Meeresforschung | PAM | Particulate Anorganic Matter |
| DMO | Dissolved Organic Matter | PANGEA | Paleo Network for geological and Environmental Data |
| DOC | Dissolved Organic Carbon | POC | Particulate Organic Carbon |
| ECOPATH | Software | POM | Particulate Organic Matter |
| ECOSIM | Software | SECTAM | Secretaria do Meio Ambiente |
| ETFERN | European Tropical Forest Research Network | SEPLAC | Secretaria de Planejamento |
| EU | Europäische Union | TDN | Total Dissolved Nitrogen |
| FISAT | Software | TEMA | Training, Education and Mutual Assistance |
| FON | Field of Neighbourhood | TOC | Total Organic Carbon |
| FUNDAJ | Fundaçã Nacional | UFF | Universidade Federal Fluminense |
| GH | Gesamthochschule | UFMA | Universidade Federal do Maranhã |
| GIS | Geographisches Informationssystem | UFPA | Universidade Federal do Pará |
| GKSS | Forschungszentrum Geesthacht | UFPr | Universidade Federal do Paraiba |
| GTZ | Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit | UFZ | Umweltforschungszentrum |
| IBAMA | Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais | UNESCO | United Nations |
| ICLARM | International Center for Living Aquatic Resources Management | USP | Universidade de São Paulo |
| IfM | Institut für Meereskunde | WOTRO | Netherlands Foundation for the Advancement of Tropical Research |
| IHE | Institute for Infrastructure, Hydraulics, Environment, Delft | ZMT | Zentrum für Marine Tropenökologie |
| IOC | Intergovernmental Oceanographic Commission | ZOI | Zone of Influence |

1. EINLEITUNG

1.1 Aufgabenstellung

Das Ziel des MADAM-Projektes ist die Erarbeitung der wissenschaftlichen Grundlagen für den nachhaltigen Umgang mit den Ressourcen des Caeté-Mangrovenästuars im Nordosten Brasiliens im Sinne des integrierten Küstenzonenmanagements. Zur Abschätzung der Zusammenhänge dem zwischen sozioökonomischen System und dem Mangrovenökosystem sollten fundierte Kenntnisse der natürlichen Prozesse sowie der institutionellen, kulturellen, ökonomischen, sozialen und politischen Rahmenbedingungen erarbeitet werden. Mit Hilfe geeigneter Modelle mußten in einem ersten Ansatz ökosystemare Kausalzusammenhänge analysiert, Auswirkungen von akuten oder chronischen Eingriffen auf genutzte Bestände prognostiziert sowie weitergehende Fragen des Managements beantwortet werden.

1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

MADAM ist in das deutsch/brasilianische Rahmenabkommen von 1969 über wissenschaftliche Forschung und technologische Entwicklung eingebettet. Zwischen dem ZMT und dem NUMA besteht ein ergänzendes Kooperationsabkommen. Die UFPa/NUMA stellt in Belém Räumlichkeiten und Kommunikation für die Projektkoordination zur Verfügung. In Bragança werden auf dem Campusgelände geeignete Laborräumlichkeiten genutzt bzw. errichtet.

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Die erste Kontaktaufnahme in Belém erfolgte am 14./15. April 1994 in Belém mit der UFPa und MPEG. Inhaltliche Details der Zusammenarbeit wurden bei einem zweiten Treffen Anfang August 1994 mit allen beteiligten brasilianischen Wissenschaftlern in Belém diskutiert. Aufbauend auf den brasilianischen Projektvorschlag wurde ein erster gemeinsamer Antrag formuliert. Im März 1995 wurde dieser der brasilianischen Umweltbehörde IBAMA und dem brasilianischen Forschungsrat CNPq vorgestellt, die diesem letztendlich formal zustimmten. Dadurch erhielt das Projekt über den CNPq zusätzliche Fördermittel. Die Laufzeit der BMBF Förderung ging vom 1. Oktober 1995 bis zum 30. Juni 1999.

Seit Mai 1996 halten sich ständig deutsche Wissenschaftler an den Projektstandorten Belém und Bragança auf. In Belém wurde eine Projektbüro aufgebaut, in dem sich auch die biogeochemische Arbeitsgruppe etablierte. In Bragança wurden Arbeitsmöglichkeiten an der Außenstelle der Bundesuniversität für die Feldarbeiten geschaffen. Die sozioökonomische Arbeitsgruppe kam im MPEG unter.

Jährlich wurden gemeinsame Workshops durchgeführt. Die deutschen Projektaktivitäten wurden im Januar 1997, die brasilianischen wurde im August 1999 extern begutachtet. Im August 1998 fand die konstituierende Sitzung des Steering Committees statt.

1.4 Wissenschaftlich und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Das MADAM Projekt baut wissenschaftlich auf der in Schwamborn & Saint-Paul (1996) zusammengestellten Übersicht zum Stand der Mangrovenökologie auf.

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

In Belém entwickelte sich eine gute Kooperation mit den Umweltbehörden IBAMA und SECTAM. Mit den marin-orientierten Forschungseinrichtungen in São Luiz (UFMA), Recife (FUNDAJ), Rio de Janeiro (UFF), São Paulo (USP) und Curitiba (UFPr) wurden in ausführlichen Gesprächen mit den dort tätigen Wissenschaftlern Möglichkeiten der Zusammenarbeit diskutiert. Auf europäischer Ebene ist für die zweite Projektphase eine enge Zusammenarbeit mit ORSTOM (Fischwanderungen) abgesprochen worden. Internationale Vereinbarungen wurden auf dem Gebiet der Allometrie & Sukzession mit Medina (Venezuela) und auf dem Gebiet der Modellierung, Populationsdynamik und Sukzession mit Twilley (USA) getroffen.

Innerhalb Deutschlands wurde eine entsprechende Kontakt- und Informationspolitik betrieben, z.B. zu Fragen der Keimlingsetablierung und Rekrutierung mit Schnetter, Universität Gießen. Ferner intensiviert sich die Zusammenarbeit mit der Universität Hamburg (Fischereibiologie), dem IfM in Kiel (Fischmigrationen), in der Universität Göttingen (Altersbestimmung an Bäumen), der GH Kassel (Huth, Modellierung) sowie dem UFZ Leipzig (Grimm, Modellierung).

Der DAAD und das Programm CAPES unterstützten mit Stipendien. Die UNESCO hat ein Teilprojekt mitfinanziert. MADAM ist ferner ein anerkanntes LOICS Projekt.

2 EINGEHENDE DARSTELLUNG DER ERZIELTEN ERGEBNISSE

2.1 Geographische Charakterisierung des Untersuchungsgebietes (Gesche Krause)

Das Untersuchungsgebiet liegt in den immerfeuchten, inneren Tropen rund 150 km südlich der Amazonasmündung im brasilianischen Bundesstaat Pará. Es liegt auf der geographischen Breite von S 0°43'18" bis S 1°4'17" und auf der geographischen Länge von W 46°32'16" bis W 46°55'11" und befindet sich somit in der Nähe der Stadt Bragança des gleichnamigen Munizips. Das Gebiet ist Teil der Amazonas Region, wobei die genauere Abgrenzung des Raumes durch die ortsübliche Einteilung als Amazonas Oriental erfolgt.

Das Munizip Bragança umfaßt ein Gebiet von 2344 km². Die Bevölkerungsstruktur wird von einer hohen Anzahl von Jugendlichen geprägt. Nach einer Zählung von 1993 sind über 63 % der rund 84750 in der Region lebenden Personen unter 20 Jahre.

Das Untersuchungsgebiet wird hier als „Mangrovenökosystem der Region von Bragança“ definiert, es umfaßt das Ästuar des Caeté-Flusses einschließlich der sich zur Nordwestseite anschließenden mit Mangroven bestandenen 180 km² großen Halbinsel. Diese wird von den Ästuaren des Rio Caeté und des Rio Tapera-açú eingefafßt. Das sozioökonomische Einzugsgebiet dieses Mangrovenökosystems beträgt rund 130 km² mit 13000 landlebenden Einwohnern (siehe Abb.1). Sie sind unmittelbare wirtschaftliche Nutzer der Mangrovenressourcen des Caeté-Ästuars. Ländliche Gemeinden, welche sich nicht in unmittelbarer wirtschaftlicher Abhängigkeit von diesem Mangrovenökosystem befinden, sind in den Untersuchungen nicht berücksichtigt worden.

Der ökologischen Dynamik des Mangrovenökosystems stehen überwiegend monostrukturierte anthropogene Nutzungsmuster gegenüber. Im primären Sektor bilden Landwirtschaft und Fischerei mit ihren Kleinbauern und Fischern die Haupterwerbszweige des erweiterten Untersuchungsraumes. Der sekundäre Sektor ist in der gesamten Bragantiner Region stark unterrepräsentiert, im tertiären Sektor gewinnt der Küstentourismus zunehmend an Bedeutung.

Die in dem Zeitraum 1996-1998 gemessene mittlere Jahrestemperatur war 27,7° C. Der Maximalwert der Temperatur auf der Halbinsel erreichte zwischen 1996-1998 einen Wert von 34,5° C, der niedrigste Jahreswert lag bei 22° C. Die jährlichen Niederschlagsmengen lagen bei 2545 mm (Souza Filho, 1995). Die relative Luftfeuchte lag im Mittel zwischen 80–91 %.

Das Hinterland des Untersuchungsraumes erhebt sich rund 50 bis 60 m über NN und wird als Bragantiner Küstenhochebene bezeichnet. Sie wird aus silikatischen Sedimenten der Barreiras-Gruppe aufgebaut (Souza Filho & El-Robrini, 1997) und ist ausschließlich von Sekundärvegetation bestanden, die auf eine lang andauernde Bewirtschaftung durch die ansässige Bevölkerung schließen läßt. Der Übergang zur Küstentiefebene wird geomorphologisch durch ein totes Kliff von ca. 1 m Höhe markiert. Nördlich der Stadt Bragança befindet sich in der Küstentiefebene eine Halbinsel, welche von Mangroven dominiert wird. Dieser Raum stellt das Hauptuntersuchungsgebiet des MADAM-Projektes dar. Die rund 40 km lange Straße PA-253 verbindet die Stadt Bragança mit dem Küstenort Ajuruteua im Norden der Halbinsel. Diese Straße erleichtert vor allem den Krabbensammlern den Zugang zur Mangrove.

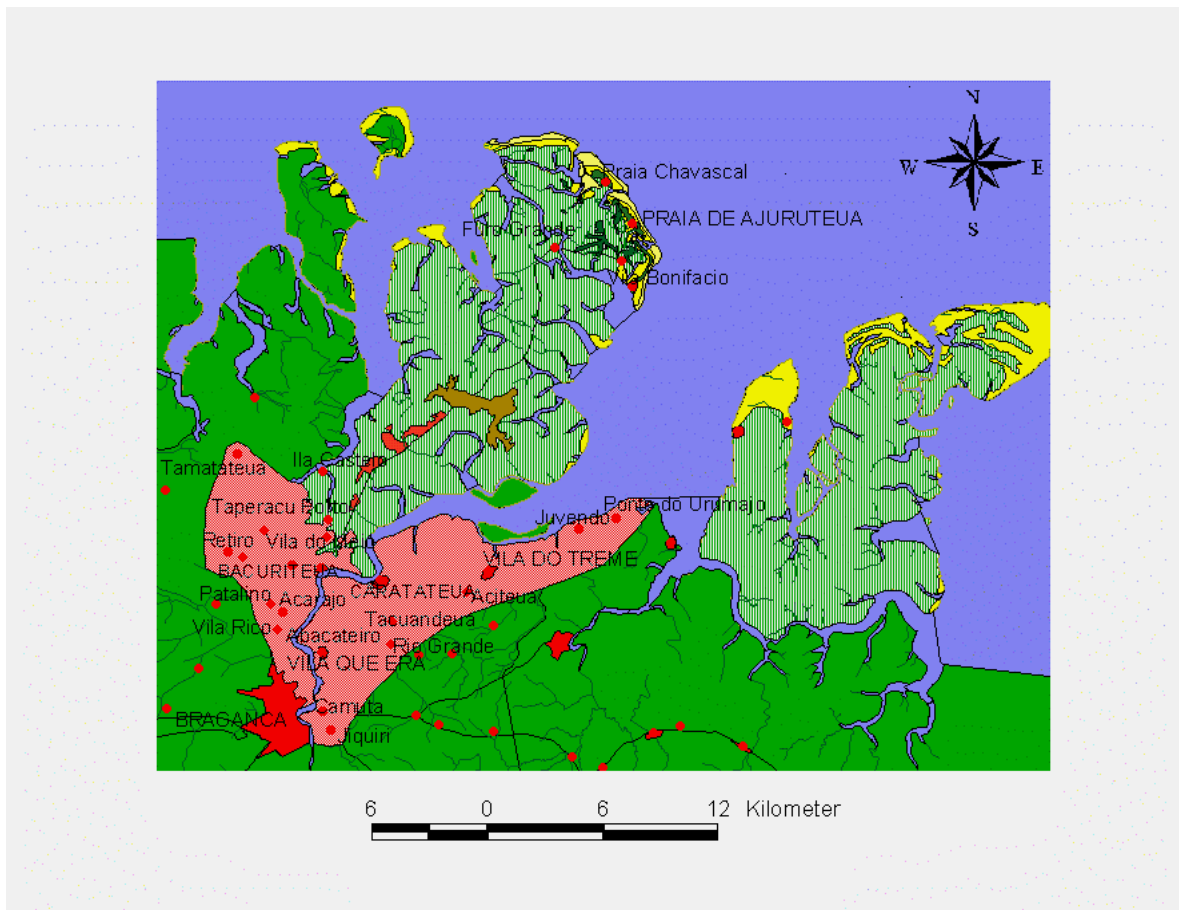


Abb. 1: Das Untersuchungsgebiet des MADAM-Projektes (Rosa Flächen: sozioökonomisches Einzugsgebiet).

Das Wassereinzugsgebiet des Caeté-Flusses und aller seiner Nebenflüsse umfaßt ein Gebiet von über 452 km². In der Küstentiefebene bildet dieser Fluß ein trichterförmiges Ästuar. Mit einem Tidenhub von 3-5 m gehört dieses Ästuar zu den makro-tidalen Küstensystemen. Aufgrund der geomorphologischen Ausprägung kann eine Zuordnung dieses Mangrovenküstensystems als „tide-dominated allochthonous“ im Sinne der Klassifikation von Thom (1984) erfolgen.

Die Mangrovenflora wird auf der Halbinsel von drei Gattungen dominiert: *Rhizophora*, *Avicennia* und *Laguncularia*. Die Halbinsel wird zu 87 % der Gesamtfläche von diesen drei Gattungen bestanden (siehe Abb. 2). Verglichen mit den indopazifischen Systemen ist die Diversität der Mangrovenarten in der Region von Bragança vergleichsweise gering. Sie gehört mit zu der atlantischen Mangrovenprovinz (Pernetta, 1993) und hat sich vermutlich erst im mittleren Holozän im Untersuchungsraum etabliert. Arbeiten zur genaueren Datierung des Mangrovenökosystems werden z.Zt. durch H. Behling, einem dem Projekt assoziierten DFG Habilitanten durchgeführt.

Fossil aufgeschlossene Cheniers markieren an manchen Stellen den Übergang zum Dünen-Strandwall-Komplex im Norden der Halbinsel. Der unmittelbare Küstenbereich befindet sich gegenwärtig in starker Umlagerung. Zum Teil weisen die rezenten Küstendünen - wie bei Praia Ajuruteua - eine lokale landwärtige Wanderungsgeschwindigkeit von max. 15 cm/d auf. Parallel

konnte mit Hilfe des Strandprofilmonitoring-Programmes an mehreren Punkten eine Tendenz zur Versteilung des Strandes festgestellt werden, was auf eine Zunahme des Erosionsabtrages an diesen Stellen hindeutet. An mehreren Orten stehen die Mangroven infolge erhöhter Sedimenteinträge und der landwärtigen Verlagerung der Küstenlinie unter hohem Streß. Fossile Mangroven liegen z.T. auf den Stränden exponiert vor.

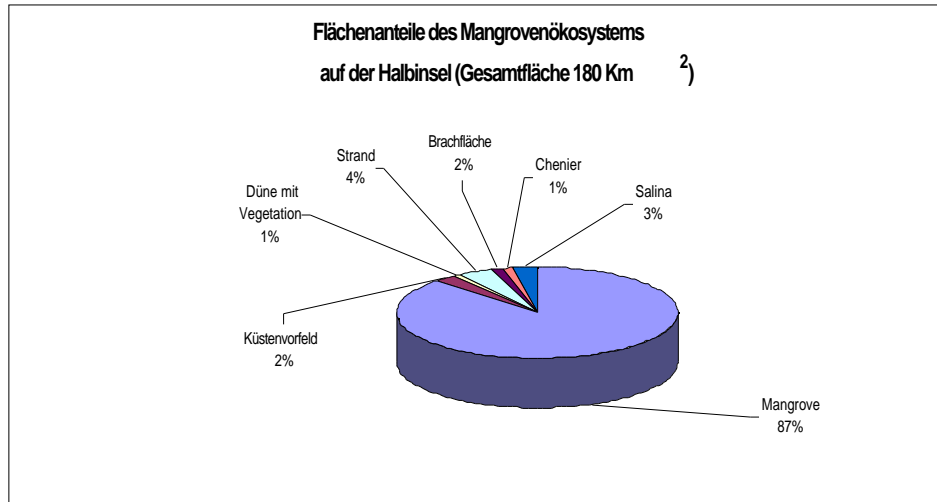


Abb. 2: Flächenanteile der verschiedenen Landschaftselemente des Mangrovenökosystems der Halbinsel

Das von den Mangrovenressourcen der Halbinsel abhängige ländliche Einzugsgebiet kann räumlich differenziert werden. Auf dem Westufer des Caeté-Flusses, nördlich der Stadt Bragança können rund 50 km², auf dem Ostufer rund 80 km² als sozioökonomische Einzugsgebiete für das Mangrovenökosystem definiert werden. Die Ursache dafür liegt in der Verbreitung der Mangrove und der Topographie. Auf der Ostseite des Ästuars sind Mangroven weniger verbreitet und der Hauptabsatzort Bragança ist schlechter zu erreichen als von der Westseite. Die Erwerbspersonen des Ostufers erreichen die Mangrovenhalbinsel ausschließlich per Kanu. Auf dem Westufer fördert die Straße den Zugang zu den Mangrovenressourcen, was überwiegend per Fahrrad oder Bus erfolgt. Im Gegensatz zum topographisch begünstigten Bevölkerungsteil auf der Westseite mit alternativen Erwerbsmöglichkeiten in der Stadt Bragança, ist die eher abgeschnittene Bevölkerung auf der Ostseite stärker von der Ausnutzung der Ressourcen ihres Einzugsgebietes abhängig, weshalb dieses entsprechend größer zur Nutzung ausgelegt ist.

Diese räumliche Ausprägung findet ihre Entsprechungen in den Ergebnissen des ländlichen Zensus der sozioökonomischen Arbeitsgruppe von 1995. Nach Glaser (1997) ist die Diversität des Einkommens im ländlichen Einzugsgebiet des Mangrovenökosystems relativ gering. Rund 31 % der Haushalte besitzen nur eine Einkommensquelle. Dörfer, die näher an der Stadt Bragança gelegen sind, weisen eine höhere Diversität in ihren Einkommensquellen auf. Die Fischerei als Wirtschafts- sowie Subsistenz-einkommensquelle ist sowohl für die ländlichen Dörfer des Untersuchungsgebietes als auch für die Stadt Bragança bedeutungsvoll. Dabei gehört die Landkrabbe *Ucides cordatus*, die für rund 42 % der Haushalte des sozioökonomischen Untersuchungsgebietes Haupteinkommensquelle darstellt, zur wichtigsten fischereilich genutzten Ressource.

Die Stadt Bragança selbst nimmt eine zentralörtliche Versorgungsfunktion für die gesamte Küstenregion und das anschließende Hinterland ein. Die kompakte Innenstadt hat einen schachbrettartigem Grundriß. Entlang der Ausfahrtstraßen sind fingerförmig ausgreifende Außenbezirke angelegt. Die befestigte Straße BR-316 nach Belém spielt eine wesentliche Rolle bei der Verteilung der Produktionsgüter von und nach Bragança. Insbesondere profitieren die kommerziellen Fischer von dieser Infrastruktur, die eine weitere Verteilung ihrer Fänge möglich macht. Es besteht eine enge funktionale Verflechtung zwischen Land und Stadt. Für die ländliche Bevölkerung nimmt die Stadt Bragança als Exportschleuse ihrer Produkte, als lokaler Markttort und als administratives Zentrum einen herausragenden Stellenwert ein.

Im tertiären Sektor ist der wachsende Küstentourismus an der Nordküste der Halbinsel bei Ajuruteua als wichtige alternative Einkommensquelle anzusehen. Begünstigt wird durch die ausgebaute Straße PA-253 von Bragança nach Ajuruteua sowie durch saubere und befahrbare Strände. Gleichzeitig ist durch die relative Nähe zur Hauptstadt Belém ein hohes Besucherpotential vorhanden. Dagegen sind die Versorgung mit Elektrizität und Trinkwasser sowie die Abfall- und Abwasserversorgung als äußerst mangelhaft zu bezeichnen. Die derzeit hohen Erosionsraten in Teilbereichen des Strandes von Ajuruteua wirken sich ungünstig auf die wirtschaftlichen Gewinne aus diesem Sektor aus, da Infrastruktureinrichtungen unmittelbar betroffen sind (vgl. Krause *et al.*, 1999).

2.2 Ökonomische und ökologische Modellkonzeption: Integrationswerkzeug im MADAM-Vorhaben

Im Projektantrag wurden folgende Aufgaben für die Modellierung formuliert: begleitende Analyse und Prüfung der empirischen Untersuchungsergebnisse, Validierung und Gesamtanalyse der Projektergebnisse mit denen anderer Projekte und Literaturdaten sowie Unterstützung des Planungsprozesses für laufende und zukünftigen Arbeiten der einzelnen Wissenschaftsdisziplinen. Aufgrund der Vielfalt der sich daraus ableitenden Teilaufgaben erwies es sich als sinnvoll, die zunächst als Gesamtkomplex formulierte "Modellierung" in einzelne Sektionen zu unterteilen. Innerhalb der ersten Projektphase wurden folgende Teilbereiche bearbeitet:

1. Es wurde ein neuer Modellansatz ("Field of Neighbourhood" = FON) entwickelt, der für die Untersuchung dynamischer Prozesse von sessilen Organismen geeignet ist. Auf seiner Grundlage wurde ein erstes Simulationsmodell (KiWi) erstellt, das die Populationsdynamik der Mangrovenbäume fokussiert.
2. Mit Hilfe eines trophischen Modells wurde der Frage nachgegangen, wie das untersuchte System biotisch strukturiert ist und welche Hauptkompartimente es hinsichtlich des Energietransfers, der Biomasse, der Produktivität und der Nutzung gibt.
3. Ebenfalls wurde damit begonnen, die Projektdatenbank und ein Geoinformationssystem aufzubauen. Das Informationssystem MAIS, in dem beide integriert werden sollen, ist als Werkzeug vorgesehen, Nutzungsrisiken zu analysieren und gegebenenfalls notwendige, alternative Managementempfehlungen zu erarbeiten.

Die folgenden Abschnitte stellen die Ergebnisse und weiteren Vorhaben der genannten Teilbereiche ausführlich vor.

2.2.1 SIMULATIONSMODELLE ZUR RAUM- UND ZEITDYNAMIK DES MANGROVENBESTANDES (UTA BERGER)

Die in diesem Unterpunkt dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf einen Teilaspekt des im Förderantrages beschriebenen Moduls 7a (Modellierung). Als Ziel wurde die Erstellung eines dynamischen Modelles formuliert, das das Ökosystem Mangrovenwald beschreibt. Die mit ihm gewonnenen Erkenntnisse über das System sollen in eine Gesamtanalyse einfließen, die die Ableitung von Managementempfehlungen für eine nachhaltige Nutzung des Mangrovegebietes ermöglichen.

Obwohl bereits verschiedene Modellansätze zur Beschreibung von terrestrischen Pflanzengemeinschaften und Wäldern (Gap-Modelle, Gittermodelle, Zone of Influence, Tessellation) existierten, gab es zu Beginn des Projektvorhabens kein räumlich explizites Mangrovenmodell. Zu den wenigen vorhandenen, ökologischen Mangrovenmodellen können das Konzept eines prozeßorientierten Energie- und Stoffflußmodells (Lugo *et al.*, 1976), ein Leslie Matrix Modell zur Vorhersage des Verhaltens von Monokulturen von *Avicennia marina* (Burns & Ogden, 1985) und ein nichtlineares Modell, das auf Lebensstafelstatistiken zurückgreift (Clarke, 1995), gezählt werden.

Zur erfolgreichen Durchführung des Vorhabens war es notwendig, neben den theoretischen auch empirisch orientierte Arbeiten durchzuführen. Im ersten Schritt wurde deshalb eine umfassende Literaturrecherche durchgeführt, die das Ziel hatte, das vorhandene Wissen über die Ökologie von Mangroven zu katalogisieren. Besonderer Augenmerk wurde dabei auf die Populationsdynamik der Mangrovenbäume einschließlich aller demographischen Prozesse und deren Abhängigkeit von den Umgebungsfaktoren gelegt. Im Anschluß daran wurde ein erstes konzeptionelles Modell erarbeitet (siehe Zwischenberichte, 1996 und 1997), auf dessen Grundlage die vorhandenen Systemkenntnisse und das nutzbare Datenmaterial gefiltert werden konnte. Gleichzeitig war es möglich, eigene empirische Arbeiten zu planen. Die darauf basierende Datenerhebung hatte zum einen das Ziel, die besonderen Bedingungen im Untersuchungsgebiet mit denen anderer Projekte zu vergleichen, zum anderen allgemeine Kenntnislücken zu schließen, die für die Beschreibung und Analyse der ökologischen Prozesse von Mangrovenwäldern notwendig sind. Die Arbeiten betten sich heute in das sogenannte Flächenvergleichsprojekt ein (siehe auch Menezes, 1998), in dessen Rahmen Strukturanalysen, Rekrutierungsprozesse sowie Arbeiten zur Dendrochronologie und Altersbestimmung von Mangrovenbäumen an fünf unterschiedlichen Waldstandorten der Bragantiner Halbinsel durchgeführt werden.

Im Rahmen der theoretischen Arbeiten zur Entwicklung eines dynamischen Mangrovenmodells wurde zunächst eine Evaluierung vorhandener Modellansätze (Gapmodelle, gitterbasierte Modelle, „Zone of Influence (ZOI)“ – Modelle, Tessellations) vorgenommen, die aufgrund ihrer aus der Literatur und aus eigenen Arbeiten bekannten Anwendungen für das Vorhaben geeignet zu sein schienen. Da sich aber herausstellte, daß keiner der vorhandenen Ansätze ad hoc für die Beschreibung der Dynamik von Mangrovenwäldern geeignet ist, wurde von der Autorin ein neuer Ansatz entwickelt. Wir verweisen auf ihn als „Field of Neighbourhood (FON)“. Dieser Ansatz wurde bereits in einem ersten Mangrovenmodell (KiWi) implementiert.

Gap- und gitterbasierte Simulationsmodelle sind gegenwärtig die beiden Modelltypen, die für die räumlich explizite Beschreibung der Dynamik von Wäldern verwendet werden. Der „Zone of Influence (ZOI)“ Ansatz ist ein neuerer Modellansatz, der Nachbarschaftsverhältnisse zwischen Pflanzen explizit berücksichtigt. Er wird jedoch bisher fast nur für die Beschreibung einzelner

Arten verwendet. Alle drei Modelltypen gelten derzeit als „state of the art“ im Bereich räumlich expliziter, ökologischer Simulationsmodelle. Der von uns entwickelte FON-Ansatz kombiniert die Nachbarschaftsphilosophie der Gittermodelle mit der expliziten Individuenbeschreibung, die der ZOI-Ansatz bietet. Das Mangrovenmodell KiWi basiert auf diesem Ansatz und verwendet darüber hinaus zur Beschreibung des Baumwachstums Wachstumskurven, deren Form aus den Gapmodellen abgeleitet wurde.

Es wurde ein neuer Modellansatz (FON) entwickelt, der die Konkurrenzstärke der Individuen gegenüber ihrem Nachbarn explizit beschreibt. Er fokussiert nicht primär die Dynamik von Mangrovenwäldern, sondern eignet sich allgemein für die Beschreibung inter- und intraspezifischer Konkurrenzprozesse sessiler Organismen (Pflanzen, Bäume, verschiedene benthische Organismen) (Berger & Hildenbrandt, 1999).

FON wurde in einem ersten Mangrovenmodell (KiWi) implementiert. Trotz des derzeitigen Demonstrationscharakters dieses Modells wurden mit ihm bereits gute Ergebnisse erzielt, die der Untersuchung des Sukzessionsverhaltens von Mangrovenwäldern dienen (Berger & Hildenbrandt, 1999).

FON ist ein neuer Modellansatz, der aus unserer Sicht auch für die Modellentwicklung anderer ökologischer Systeme (sessiler Organismen) interessant ist.

Das KiWi Modell kann in seiner jetzigen Form bereits für die Untersuchung allgemeiner Sukzessionsvorgänge von Mangrovenwäldern verwendet werden. Seine Struktur ermöglicht eine schrittweise Weiterentwicklung und ist dadurch ein gutes Analysewerkzeug für die funktionellen Systemprozesse.

Über die konkrete Verwendung innerhalb des MADAM-Vorhabens hinaus, bietet das Modell eine Plattform für die Zusammenarbeit mit anderen Mangrovenprojekten.

2.2.2 MODELLBILDUNG ZU NUTZUNGALTERNATIVEN VON MANGROVENRESSOURCEN (MATTHIAS WOLFF)

Ziele der trophischen Modellierung sind:

- a) Eine zusammenfassende Darstellung der Biomasseverteilung der wichtigsten funktionellen Gruppen des Systems sowie der Hauptenergieflüsse zwischen diesen.
- b) Die Ermittlung und Darstellung des vom Menschen genutzten Teils der Systemproduktion, wodurch die Berechnung der Nutzungsrate der Ressourcen möglich wird.
- c) Die Berechnung der Systemindizes zur Charakterisierung der Struktur und des Organisationsgrades des Systems (*sensu* Ulanowicz, 1986; Baird & Ulanowicz, 1993; Christensen & Pauly, 1993).
- d) Die Schaffung einer quantitativen Grundlage zum Vergleich des untersuchten Systems mit ähnlichen Systemen im Hinblick auf Reifegrad und Resistenzvermögen gegenüber Störungen (*sensu* Rutledge *et al.*, 1976).

Dabei wird von einer Gleichgewichtssituation der systembestimmenden Flüsse ausgegangen. Dies bedeutet, daß die Produktion der Kompartimente des Systems (P) durch den systeminternen Konsum (M_2), andere Ursachen der Sterblichkeit (M_0) und den Export (E_X) (z.B. Fischerei oder Mangrovenrodung) ausgeglichen wird, d.h:

$$P - M_2 - M_0 - E_X = 0$$

Folgende Schritte zur Erstellung des trophischen Modells müssen dabei gemacht werden:

- a) Gruppierung der Populationen der wichtigsten Arten nach den Kriterien „Größe“, „Generationszeit“, „Nahrungsspektrum“, und Gruppierung der Freißfeinde in funktionelle Systemkompartimente;
- b) Bestimmung von Biomasse (B), Turn-over-Rate (P/B) und Konsumptionsrate (Q/B) von jedem Systemkompartiment;
- c) Erstellung einer Räuber-Beute-Matrix, in welcher der Anteil eines jeden Kompartimentes in der Nahrung der anderen Kompartimente angegeben ist. Diese Matrix gibt dem Modell die Grundstruktur (das Skelett);
- d) Bilanzierung der Stoffflüsse mit Hilfe eines Computerprogrammes (z.B. ECOPATH 3.0)

Es wurden die unter Punkt c dargestellten Schritte vollzogen, ein Modell erstellt und zur Veröffentlichung in der Zeitschrift *Estuarine Coastal and Shelf Science* eingereicht. Das eingereichte Manuskript liegt diesem Bericht bei. Aus diesem Grund sollen hier lediglich die wichtigsten Ergebnisse und Schlußfolgerungen Erwähnung finden.

Circa 99 % der Gesamtbiomasse des Ästuars wird durch die Mangroven gestellt, welche nach unseren Annahmen etwa 45 % des Untersuchungsgebietes bedecken und ca. 60 % der gesamten Primärproduktion leisten. Der übrige Teil der Systembiomasse (131 g/m^2) verteilt sich zwischen dem benthischen und pelagischen Teil des Ästuars in einem Verhältnis von 90 :10, d.h der benthische Teil ist eindeutig dominant. Über den Blattfall der Mangroven gelangt die wichtigste Nahrungsquelle in das System, welche zunächst von den Mangrovenkrabben (*U. cordatus*) aufgenommen wird und dann, wenn bereits durch bakterielle Aktivität metabolisiert, von Detritivoren (insbesondere Winkerkrabben der Gattung *Uca* spp) weiterverwertet wird. Diese beiden Gruppen sind dominant im Hinblick auf Biomasse (80 g/m^2 und $14,5 \text{ g/m}^2$) und Nahrungsaufnahme (1120 g und $1378 \text{ g/m}^2 \text{ a}$). Der Energiefluß durch die pelagischen Systemkompartimente der Fische und Garnelen erscheint im Vergleich zu anderen Mangrovenästuar als relativ gering. Dies wird damit erklärt, daß im Caeté-Ästuar aufgrund der nur geringen Überschwemmungshäufigkeit des Mangrovenwaldes (ca. alle 14 Tage) ein Großteil der Primärenergie der Mangrovenbäume im Wald verbleibt. Dies erscheint auch als der Grund für die recht geringen Biomassen an Suspensionsfressern (Muscheln, Balaniden etc.), die sich auf die schmalen Streifen am Rande des Flusses und der Mangrovenkanäle beschränken. Phytoplankton, zeitweilig resuspendierte benthische Diatomeen und kleine pelagische Fische dominieren die (geringe) pelagische Biomasse. Der Systemdurchsatz an Energie („throughput“) ($10559 \text{ m}^2/\text{a}$) und die mittlere Transfereffizienz zwischen trophischen Stufen (9,8 %) liegen im mittleren Bereich tropischer Küstensysteme. Die sehr hohe Effizienz der Nutzung des Systems (d.h. das Verhältnis von der dem System durch die Nutzung entnommenen Biomasse zu der Primärproduktion) liegt mit 10,2 % sehr hoch und ist in der Tatsache begründet, daß die wichtigste genutzte Ressource neben den Mangrovenbäumen selbst, die Mangrovenkrabbe *U. cordatus* ist, welche als Pflanzenfresser auf der untersten Stufe der Nahrungspyramide steht. Das Modell ließ sich nur unter der Annahme bilanzieren, daß die Turn-over-Rate der Mangrovenkrabben einem Wert von $P/B = 0,25$ (oder größer) entspricht, was be-

deutet, dass die Gesamtpopulation sich etwa alle vier Jahre ersetzen sollte. Da erste Wachstumsergebnisse von Diele (in Vorbereitung) allerdings auf einen geringeren Wert für P/B hindeuten, ist zu vermuten, daß die jetzige Nutzungsrate der Mangrovenkrabben nicht nachhaltig sein kann. Bei einer Reihung der Systemkompartimente im Hinblick auf ihren Beitrag zur Systemfunktion (Ascendancy *sensu* Ulanowicz, 1997) ergibt sich folgendes Bild:

- Detritus und assoziierte Bakterien (34 %),
- Mangroven (19 %),
- Winkerkrabben (13 %), Phytoplankton & benthische Diatomeen (10 %), Mangrovenkrabben (10 %).
- Die verbleibenden 14 % verteilen sich auf die restlichen 14 Kompartimente.

Durch die Erstellung des globalen trophischen Modells sind grundsätzliche Charakteristika des Untersuchungsgebietes deutlich geworden und es ist eine quantitative Basis geschaffen worden, mit Hilfe derer der Vergleich des Caeté-Ästuars mit anderen Mangrovenästuaran möglich wird. Dieser Vergleich soll in der zweiten Projektphase ein wesentlicher Bestandteil der Forschung im Rahmen der Modellierungsgruppe sein. Weiterhin soll die Integration von Daten aus der ersten Phase in ein noch zu verbesserndes Modell weitergeführt werden und es sollen die Kenntnislücken über die trophischen Beziehungen innerhalb des Systems geschlossen werden. Insbesondere sollen die Gruppen „Vögel“, „Säuger“, „Bivalven“ und das „Endobenthos“ Berücksichtigung finden. Weitergehende Studien zur Ernährungökologie und Populationsdynamik der Mangrovenkrabbe sollen ergänzende Daten für das Modell liefern.

Ferner soll ein erweitertes dynamisches Simulationsmodul (ECOSIM) aus dem ECOPATH-Programmpaket verwendet werden, um Ökosystemveränderungen aufgrund von Änderungen menschlicher Nutzungsmuster simulieren zu können. Dieser Ansatz erlaubt es darüber hinaus, über die Eingabe von monetären Schätzwerten, die bioökonomischen Folgen bestimmter Nutzungsstrategien zu evaluieren.

Es ist vorgesehen, jeweils ein Modell für den aquatischen Teil des Mangrovenästuars und den Mangrovenwald zu erstellen und die Transportprozesse zwischen den Systemen als Exporte/Importe explizit zu berücksichtigen. Auf diese Weise kann eine feinere Aufgliederung in funktionelle Gruppen im jeweiligen System erfolgen, wodurch eine realistische Beschreibung jedes Teilsystems möglich wird. Wenn die Datenlage es im Verlauf der zweiten Projektphase ermöglicht, sollten trophische Modelle für die Regen- und Trockenzeit erstellt werden, um die saisonalen Unterschiede herauszuarbeiten.

2.2.3 ANFORDERUNGEN UND ANWENDUNGEN DES GEOGRAPHISCHEN INFORMATIONSSYSTEMS (GIS) (GESCHE KRAUSE)

Die vielfältigen, räumlichen Beziehungsverflechtungen von Mangrovenökosystemen machen deutlich, daß diese sehr hohen zeitlichen und räumlichen Variabilitäten unterlegen sind. Für die Geographie ist der Aspekt des räumlichen Skalenbereiches am relevantesten. Hierbei stellt sich z.B. die Frage: Wie definiert man ein Mangrovenökosystem, welche Variablen kennzeichnen es und bis zu welcher räumlichen Ebene ist eine Stabilitätsaussage feststellbar? Neben den verschiedenen Betrachtungsebenen und der Schwierigkeit der räumlichen Gewichtung der unterschiedlichen Einflußfaktoren, sind unterschiedliche Wissenschaftsdisziplinen und Ansätze zu

berücksichtigen. Die Darstellung der verschiedenen heterogenen Datensätze soll über den Raumbezug durch das GIS erfolgen. GIS wird als wesentliches Werkzeug im Bereich der Geographie angesehen. Der Aufbau des GIS erfolgt mit ArcView. Ein Bezug zu den jeweiligen Informationen im GIS und in der Datenbank wird über die jeweiligen Raumkoordinaten geschaffen, welche sich dann im GIS darstellen lassen können. Die Entwicklung der hierfür benötigten Schnittstelle wurde über ODBC (Open Data Base Connectivity) realisiert.

GIS ist ein integratives Medium. Alle Wissenschaftsdisziplinen sind, sofern sie räumliche Daten erheben, in die laufende Weiterentwicklung des GIS eingebunden. Durch die Kopplung des GIS mit der Projektdatenbank zum MAIS über eine als ODBC-Schnittstelle sollen die Funktionsanforderungen bei gleichzeitiger Gewährleistung aller Datenbankfunktionalitäten erfüllt werden.

Das GIS soll so die Bearbeitung der übergeordneten Projektziele erlauben. Die Darstellung von Räumustern innerhalb des Mangrovensystems ist für das tiefgreifende Verständnis des Gesamtgebiets und für die Entwicklung von Managementstrategien von entscheidender Bedeutung.

Zu Projektbeginn lag für den Untersuchungsraum kaum offizielles Kartenmaterial vor. Die Aufgabe der Geographie war es, zunächst eine allgemeingültige Kartengrundlage zu erarbeiten. Hierfür erforderliche Satellitenbilder sind schwierig auszuwerten, da meist hohe Bewölkungsgrad in den Aufnahmen die Brauchbarkeit einschränkt. Dem Projekt liegt je eine Satellitenaufnahme von 1988 und 1992 vor. Die Auswertung erfolgt durch die brasilianischen Partner und muß durch Feldarbeiten verifiziert werden.

In der Datenbank liegen bislang ausschließlich punktuelle Daten vor. Die Schnittstelle zwischen GIS und Datenbank befindet sich noch in der frühen Entwicklungsphase. Parallel zu der Weiterentwicklung der Datenbank wurden die verfügbaren räumlichen Informationen in das GIS-System eingearbeitet und durch Feldarbeiten im Frühjahr 1999 verifiziert und erweitert. Gleichzeitig wurde die Schnittstelle zwischen diesen beiden Medien über ODBC, womit erste Abfragen zur räumlichen Darstellung im GIS möglich sind.

Eine erste großräumige Kartengrundlage für das Untersuchungsgebiet ist durch das GIS entwickelt worden, die einen genauen Raumbezug der laufenden Arbeiten des Projektes ermöglicht.

Auf kleinräumiger Ebene sind drei Mangrovegebiete kartiert und in das GIS aufgenommen worden: das Hauptuntersuchungsgebiet am Furo do Chato an Brücke 3 (Maßstab 1:1000), ein Prielsystem flußabwärts des Furo do Chato (Maßstab 1:200) und sämtliche Krabbenfanggebiete entlang des Furo Grande (Maßstab 1:50000).

Durch die Entwicklung der Schnittstelle zwischen den verschiedenen GIS Ebenen mit der Datenbank können einzelne Punktmessungen zu einer relativen Flächendarstellung in erster Annäherung zusammengefaßt werden. Hierbei werden im GIS die Abfrageergebnisse aus der Datenbank großräumig dargestellt. Gleichzeitig können Flächenberechnungen erfolgen. Dank der wachsenden Datensammlung im standardisierten Datenbanksystem (siehe Kap. 2.2.4.) und der verbesserten Benutzeroberfläche sind erste Flächenbezüge herstellbar und die räumliche Variabilität von bestimmten abiotischen Faktoren wie Salzgehalt, pH und Nährstoffkonzentrationen (siehe Abb. 2) darstellbar. Über graphische Darstellung charakteristischer biologischer Verbreitungsmuster oder merkmaltypischer sozioökonomischer Parameter lassen sich Probleme/Problemräume schnell identifizieren (Abb. 4). MAIS hilft somit bei der Integration der verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen.

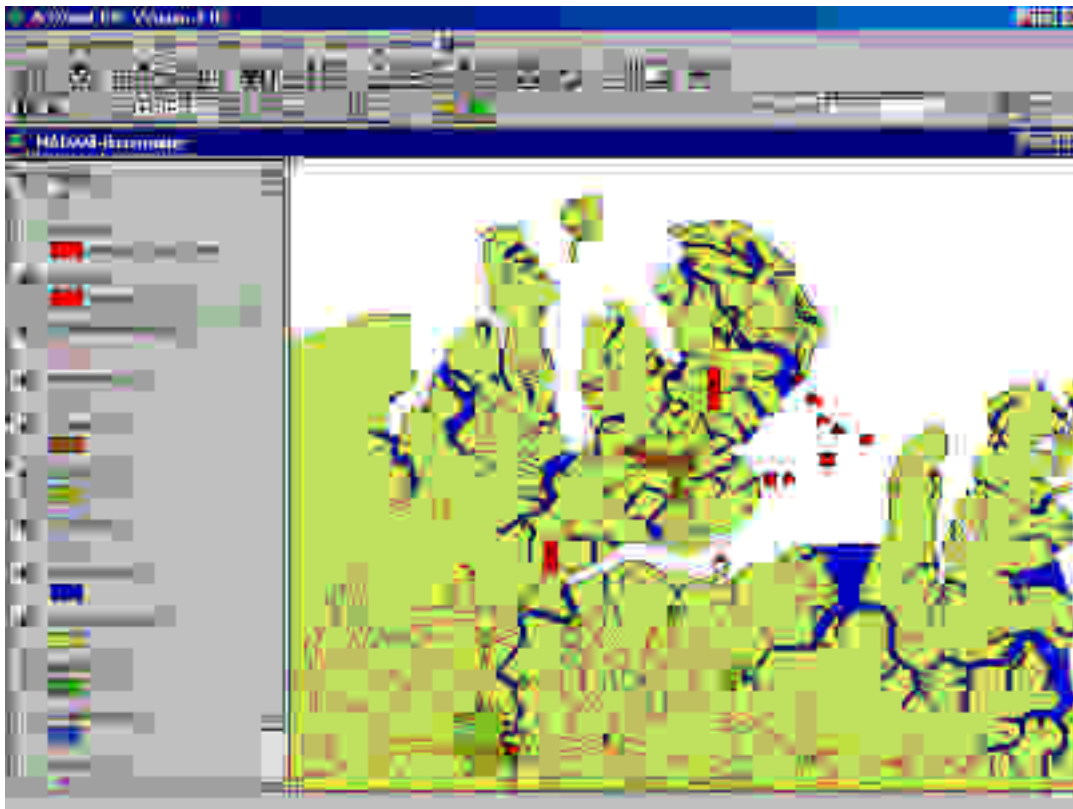


Abb. 3: GIS-Darstellung des Abfrageergebnisses aus der Projektdatenbank. Räumliche Verteilung der mittleren Ammoniumkonzentration im Untersuchungsraum.

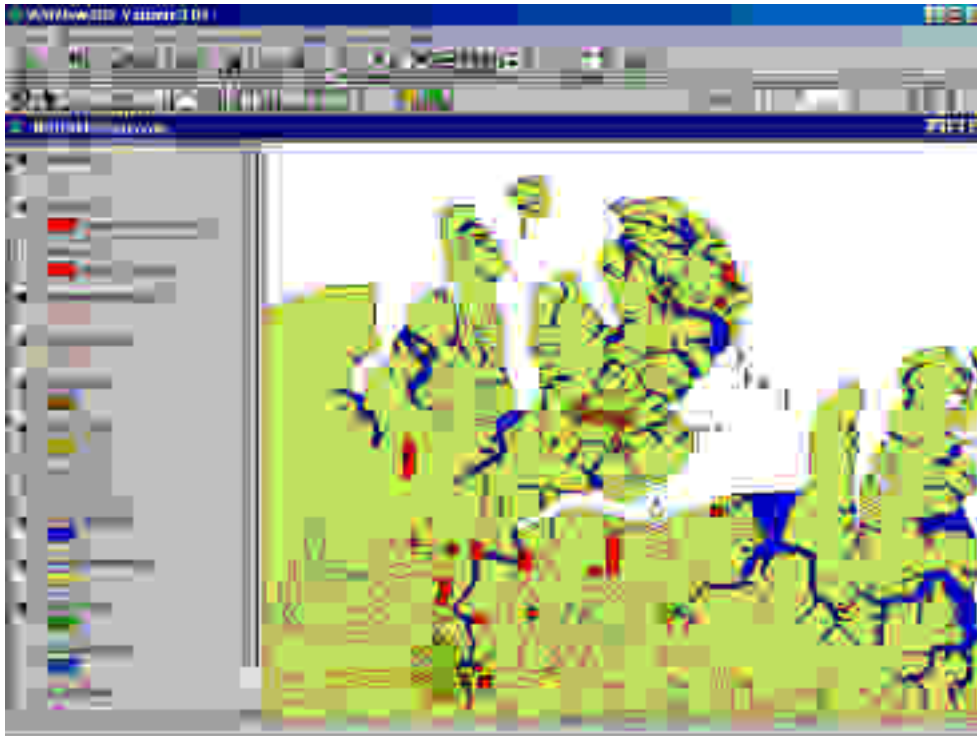


Abb. 4: GIS-Darstellung einer Abfrage aus der Projektdatenbank: Einwohneranzahl der im Untersuchungsraum gelegenen Dörfer, die in unmittelbarer wirtschaftlicher Abhängigkeit von den Mangrovenressourcen stehen.

2.2.4 AUFBAU UND ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN DER MADAM-PROJEKTDATENBANK (BORIS KOCH)

Der Weg von der Probennahme bis zu den validierten Untersuchungsdaten ist zeitaufwendig, komplex und kostenintensiv. Die Aufgabe des Datenmanagements ist es, eine effizient durchführbare Datenhaltung und gute Möglichkeiten zur Datenbankrecherche zu erarbeiten und für die Verwirklichung der Projektziele zur Verfügung zu stellen. Durch eine konsistente, redundanzfreie und umfangreich dokumentierte Datenhaltung wird die Datenbank zu einer wertvollen Informationsquelle für die teilnehmenden Wissenschaftler. Sie dient dem Austausch von Daten zwischen den einzelnen Teilprojekten sowie neuen Mitarbeitern und Außenstehenden als Informationsquelle. Dies hilft dabei, unnötige Arbeit zu vermeiden und die Synthese von Meßdaten zu erleichtern.

Konkrete Aufgabenstellungen für das Datenmanagement waren folgende:

- Verwaltung der erhobenen Untersuchungsdaten im Sinne einer redundanzarmen und konsistenten Datenhaltung
- Gewährleistung der Datensicherheit
- Verfügbarkeit der Daten über das Internet

Erste Vorbereitungen für das Datenmanagement begannen Ende 1996. Seit Juni 1997 wurde die Kontaktstelle für tropische Küstenforschung mit den Aufgaben der Datenhaltung betraut. Folgende Aufgabenbereiche waren Bestandteil der Tätigkeiten:

- Aufbau und Management der Projektdatenhaltung
- Beantwortung der Anfragen an die Kontaktstelle (bis Aug. 98)
- Aktualisierungen und Erneuerungen der Projekt-Homepage

Im Rahmen einer Diplomarbeit (Nov. 1996 – Mai 1997) wurden die Ziele und Anforderungen an die Projektdatenbank analysiert, existierende Konzepte auf mögliche Überschneidungen überprüft und letztlich ein Entwurfskonzept für das Projekt erstellt.

Die Entwicklung und der Betrieb der Projektdatenbank begann im Juni 1997. Die Schnittstelle zum Geographischen Informationssystem (GIS) wurde in Zusammenarbeit mit der Firma "Land+System, Bremen" geplant und entwickelt und ist seit Anfang 1998 im geplanten Umfang fertiggestellt. In einem kontinuierlichen Prozeß wurde die Benutzeroberfläche für die Datenbank in der ersten Projektphase erstellt und neuen Anforderungen angepaßt.

Es ist geplant, bis Mitte 2000 alle Daten der ersten Projektphase in die Datenbank zu integrieren. Alle Daten mit Raumbezug sollen bis dahin auch im Internet verfügbar sein. Im Laufe der 2. Projektphase soll die Schnittstelle erweitert werden, die eine Anbindung der Datenbank an die Flächen im GIS erlauben soll.

Zur Analyse bestehender Konzepte wurden unter anderem die Datenbanken des Limnologischen Instituts in Konstanz, die Datenbank des ELAWAT-Projektes (Elastizität des Wattenmeeres), das WattenmeerInformationssystem (WatIs), die Datenbank des JGOFS-Projektes (Join Global Ocean Flux Studies) und die PANGAEA-Datenbank (Paleo Network for Geological and Environmental Data) des Alfred-Wegener-Instituts für Polar- und Meeresforschung (AWI) in Bremerhaven herangezogen (Diepenbroek *et al.*, 1998).

Die Datenbank PANGAEA ermöglicht es, Projektdaten im Internet zu publizieren und mit Zugriffsrechten und regelmäßigen Backups gleichzeitig eine ausreichende Sicherheit zu gewährleisten. Durch die Kooperation mit dem AWI konnte unnötiger Mehraufwand für die Einrichtung von Zugriffsrechten und Webanbindungen von MAIS vermieden werden.

Für den Betrieb des MAIS ist die Zusammenarbeit der Datenbankadministration mit dem Bereich Geographie von großer Bedeutung. Der wichtigste Verknüpfungspunkt ist die Einbettung der Meßdaten und Untersuchungsergebnisse in die thematischen Karten des GIS.

Das grundlegende Konzept der Datenhaltung im MADAM-Projekt ist in Abbildung 5 zusammenfassend dargestellt. In der ersten Ebene (Basisdaten) erfolgt die wissenschaftliche Bearbeitung und Auswertung mit unterschiedlichen Werkzeugen. Die daraus resultierenden Endergebnisse fließen in die MAIS-Projektdatenbank ein, welche in erster Linie der Realisierung projektbezogener Ziele dienen soll. Für die generelle Verfügbarkeit der erhobenen Daten steht das Datenzentrum zur Verfügung, in das die Projektdaten überführt werden.

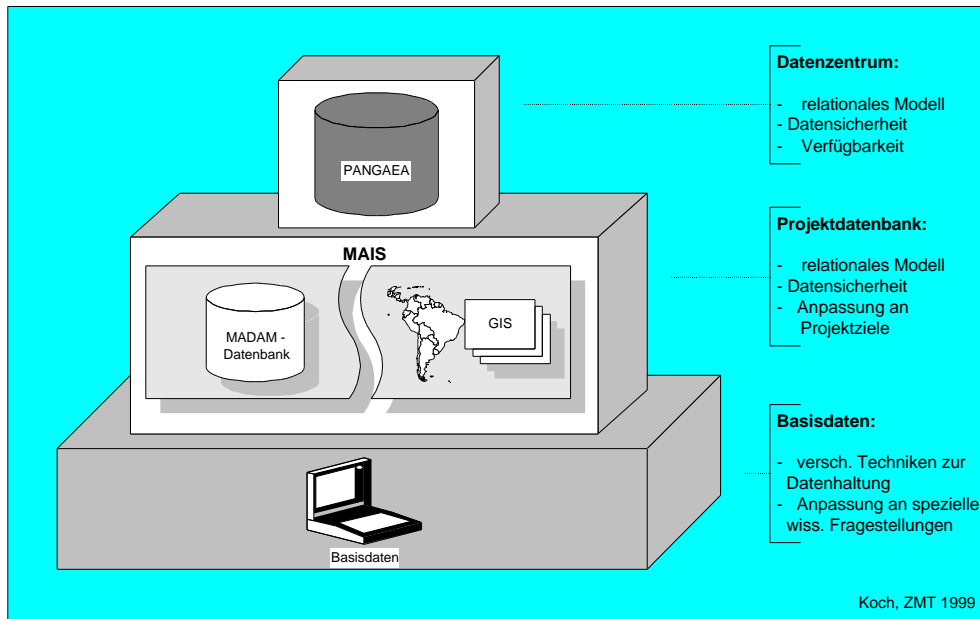


Abb. 5: Drei Formen der Datenhaltung im MADAM-Projekt

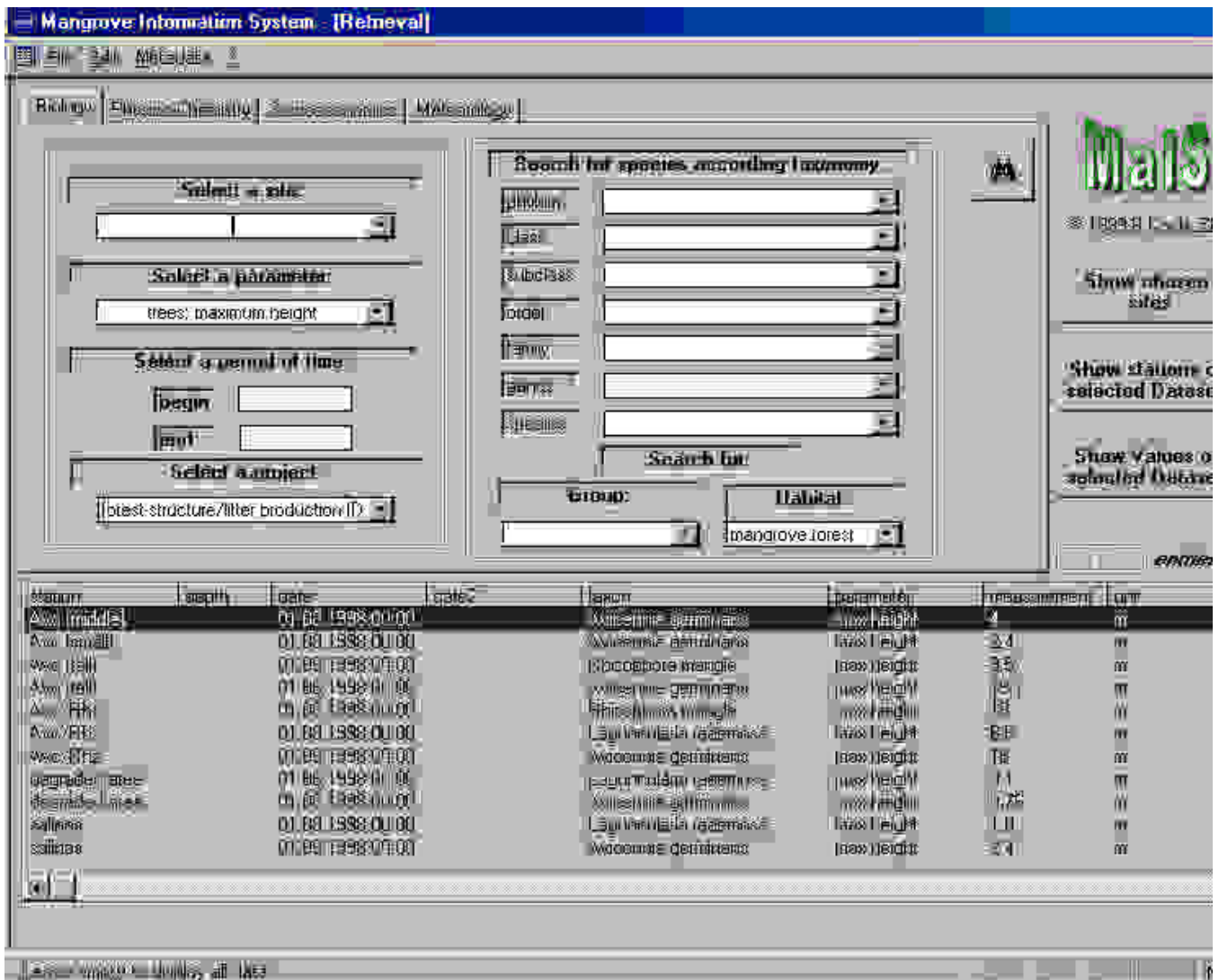


Abb. 6: Die Benutzeroberfläche der MAIS-Datenbank

Das Mangroveninformationssystem (MAIS) beinhaltet die Access-Projekt-datenbank, deren raumbezogene Daten über eine ODBC-Schnittstelle im Geographischen Informationssystem ArcView (3.0a) dargestellt werden können. Es wurde eine Benutzeroberfläche erstellt, die Abfragen nach Orten, Zeiten, Parametern und Projekten ermöglicht. Für biologische Daten wurde ein Artenschlüssel entwickelt, der Datenabfragen auf sieben taxonomischen Niveaus zulässt. Alle Daten sind unmittelbar mit beschreibenden Daten (Metadaten) verknüpft und können per Mausklick abgefragt werden (s. Abb. 6).

Zusätzlich besteht die Möglichkeit, Daten nach Zeitperioden (Stunden, Tage, Wochen, Monate, Jahre) zu gruppieren und Statistikfunktionen anzuwenden. Die Schnittstelle erlaubt dem Nutzer, die selektierten Orte oder Daten im GIS darzustellen. Im GIS gibt es die Möglichkeit, Datenabfragen durch Mausklick auf einen Probenort zu starten und es läßt sich ermitteln, an welchen Orten welche Daten erhoben wurden.

Die Datenbank gliedert sich in die Bereiche Biotik, Abiotik und Sozioökonomie. Zur Zeit sind ca. 180 Parameter mit etwa 60000 Datensätzen sowie ca. 1100 wichtige Meßdaten aus der Lite-

ratur enthalten. Der Artenschlüssel umfaßt bisher knapp 500 Fisch-, Crustaceen und Pflanzenarten.

Für das Einlesen der Daten in PANGAEA wurde eine Exportroutine entwickelt, mit der die Daten in das erforderliche Format konvertiert werden können. Ein Großteil der Daten wurde in die PANGAEA-Datenbank importiert, von wo sie über das Internet über ein JAVA-Frontend abgefragt werden können.

MAIS bietet jedem Mitarbeiter die Möglichkeit, sich einen Überblick über den aktuellen Forschungsstand des Projektes zu verschaffen und zu recherchieren, an welchen Orten, welche Daten, mit welchen Methoden erhoben wurden. Es steht ein einfaches Werkzeug zur Verfügung, mit dem Daten aggregiert und standardisiert werden können. Die Schnittstelle zwischen Datenbank und GIS ermöglicht raumbezogene Abfragen. Durch die Kooperation mit dem AWI kann gewährleistet werden, daß die vorhandenen Daten einem weiten Nutzerkreis zugänglich sind und gleichzeitig die Datensicherheit gewährleistet wird.

Ähnliche Konzepte, bei denen Untersuchungsdaten in Access verwaltet und in ArcView dargestellt werden, gibt es auch für einige andere Projekte (Power & Walker, in Vorbereitung; Anderson, 1998).

2.3 Mangrovennutzung und direkte Wertschöpfung im Caeté-Ästuar (Marion Glaser)

Nach sozioökonomischem Gesichtspunkt entspricht das Einzugsgebiet des MADAM Projektes dem Siedlungsgebiet, dessen Bewohner das Caeté-Mangrovenästuar für die Fischerei oder für Sammelaktivitäten nutzen. Danach konnten 21 ländliche Gemeinden (ca 13.000 Einwohner, Erhebung MADAM, Glaser 1977.) in den Munizipien Bragança und Agosto Correa sowie die Stadt Bragança (ca. 47.000 Einwohner, IBGE, 1991; 43.308 SEPLAN Hochrechnung, 1996) als MADAM Projektgebiet im sozioökonomischen Sinne identifiziert werden. Sowohl im ländlichen als auch im städtischen Einzugsgebiet wurde je eine Großerhebung mit insgesamt knapp 3000 Befragungen zur Mangrovennutzung und anderen relevanten Faktoren (Demographie, Einkommens- und Beschäftigungsstruktur) durchgeführt.

Tabelle 1 zeigt in den ersten beiden Spalten die Verknüpfung des ländlichen Wirtschaftssystems mit den Hauptprodukten des Mangrovenökosystems im Projektgebiet. Haushalte, die durch den Verkauf von Mangrovenprodukten Geldeinkommen erzielen, nutzen die gleichen Mangrovenprodukte in der Regel auch als Subsistenzgüter. Im Gegensatz zu nur einem Viertel der Stadtbewohner¹, sind mehr als 80 % der Haushalte im ländlichen Einzugsgebiet mangrovenabhängig, d.h. diese Haushalte beziehen durch die Nutzung von Mangrovenressourcen Subsistenz- und/oder geldliches Einkommen. Während sich die städtischen Mangrovennutzer auf wenige Hauptprodukte begrenzen, werden von den ländlichen Projektgebietsanwohnern mindestens 15 Produkttypen kommerziell und für die Subsistenzwirtschaft genutzt (siehe Tabelle 2). Aufgrund der im Vergleich zu den Stadteinwohnern höheren Diversität und Intensität der Mangrovennutzung durch ländliche Anwohner beziehen sich die MADAM-Untersuchungen zum Komplex "Gesellschaft-Wirtschaft-Mangrovenökosystem" zunächst auf das ländliche Einzugsgebiet des Caeté-

¹ Daten Glaser & Bünning MADAM, 1997/8.

Mangrovenästuars. Interviews und Einkommensdaten zeigen, daß die Diversität der Mangrovennutzung und Armut positiv korrelieren und daß die Diversität der Mangrovennutzung eine wichtige Kompensationsfunktion für Einkommensausfälle der ärmsten Schichten der Küstenbewohner im ländlichen Raum hat.

Spalten 6 & 7 der Tabelle 1 zeigen die jährliche direkte Wertschöpfung aus Mangrovenprodukten, errechnet aus der Anzahl der Nutzerhaushalte und ihrer Durchschnittseinkommen aus verschiedenen Mangrovenprodukten. Der Marktwert der Produktion für Subsistenz und Verkauf beträgt für das ca. 180 km² große Mangrovegebiet (Krause & Schories, in Vorbereitung) mindestens 7 Millionen US\$, bzw. 14 Millionen Reais. Der hohe Stellenwert des Verkaufseinkommens durch Fische (als einer Produktkategorie mit vielen Unterprodukten; siehe Tabelle 4) und durch den Mangrovenkrebs *U. cordatus* sind hier besonders hervorzuheben. Überraschend ist der hohe Subsistenzwert von *Calinectes* sp. ("siri", Schwimmkrabbe) und besonders von *Teredinae* ("turú", Schiffsbohrwurm). Die Subsistenzwerte dieser Produkte übersteigen ihre Verkaufswerte z.T. um ein Mehrfaches, was in traditionellen marktbasierten Bewertungssystemen unberücksichtigt bleiben würde. Darüber hinaus sind andere ökonomische Werte wie Options- und Existenzwert mit der Mangrove verbunden. Diese werden von Grasso derzeit in einer Doktorarbeit mit der "travel cost" Methode und der "contingent valuation" Methode bewertet. Unberücksichtigt blieben die von der Stadtbevölkerung praktizierte Wertschöpfung, die als quantitativ sekundär sowie datenerhebungstechnisch als zu aufwendig eingestuft wurde.

Ein weiterer werterhöhender Faktor resultiert aus der unzulänglichen Datenlage in bezug auf Produktion und Konsum von Mangrovenholz. In Brasilien ist das Abholzen von Mangroven gesetzmäßig verboten. Daher sind von der Bevölkerung, die illegal Mangrovenholz nutzen, aus Angst der Informanten vor Strafverfolgung keine verwertbaren Daten zu erwarten (MADAM Zwischenbericht 1997, S. 27-28). Obwohl davon ausgegangen werden kann, daß über 40 % der ländlichen Haushalte Mangrovenholz zu Subsistenzzwecken nutzen und außerdem bekannt ist, daß Mangrovenholz für Reusen- und Gerüstbau, als Brennmaterial sowie zur Holzkohleproduktion verkauft wird, scheitern Quantifizierungsversuche und gehen nicht über das Niveau einer Fallstudie hinaus.

Der direkte ländliche Produktionswert der Caeté-Mangrove von US\$ 39000 pro km², der sich aus den bisherigen Berechnungen ergibt, ist also nicht nur durch andere Werttypen zu ergänzen, sondern auch in sich als Minimalwert zu verstehen.

Tabelle 1: Mangrovennutzung und Einkommensschaffung für Mangrovenanrainer²

| Produkt | Prozent der Haushalte | Haushalte mit Einkommen aus Verkauf/Subsistenz | Verkaufseinkommen R\$/Haushalt | Subsistenz-einkommen R\$/Haushalt | Jahreswertschöpfung (Subsistenz) ³ | Jahreswertschöpfung (Verkauf) |
|---------|-----------------------|--|--------------------------------|-----------------------------------|---|-------------------------------|
| | | | | | | |

² Daten der sozioökonomischen Arbeitsgruppe: Spalten 1-3 Glaser MADAM, Spalten 4-5 Grasso MADAM (laufende Doktorarbeit).

| | Subsistenz | Verkauf | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------|----------------|--------------------|---------------|------------|------------------|------------------|
| <i>U. cordatus</i> "caranjuejo" | 64 | 42 | 1.026/1.565 | 159,20 | 19 | 356.820 | 1.960.070 |
| Fische (allgemein) | 54 | 31 | 758/1.320 | 348,00 | 35 | 554.400 | 3.165.408 |
| Calinectes sp. ("sirí") | 50 | 6 | 147/1.223 | 104,00 | 83 | 1.218.108 | 1.833.456 |
| Teredinae ("turú") | 48 | 6 | 147/1.174 | 30,00 | 244 | 3.437.472 | 52.920 |
| Muscheln ("sururu") | 45 | 6 | 147/1.100 | 60,00 | 70 | 924.000 | 105.840 |
| Eleotiedae Guavina sp ("amoré") | 36 | 3 | 73/808 | 3,00 | 12 | 116.352 | 2.628 |
| Mangrovenholz ⁴ | 43 | (3) | 73/1.051 | - | 13 | 163.956 | - |
| Alle Mangrovenprodukte ⁵ | 83 | 68 | 1.663/1.863 | 332,00 | 30 | 7.305.840 | 6.622.764 |

⁴ Holzpfeiler und -balken sowie Brennholz.

⁵ In Tabelle 1 nicht genannte Mangrovennebenprodukte sind: Brennholz, Heilkräuter, Holzpfeiler, Honig, *Myrophis Punctatus* ("cutuca"), Borke der Rhizophora (Färbemittel), Köderfische ("Tamarú"), Vögel ("saracura").

Tabelle 2: Diversität des Einkommensportfolios von Mangrovennutzerhaushalten im Caeté-Ästuar⁶

| Haupteinkommensquelle | Zahl der Einkommensquellen (ohne Mangrovennebenprodukte) | Zahl der Einkommensquellen (mit Mangrovennebenprodukten) |
|--|---|---|
| Krebsfang | 2,39 | 2,83 |
| Fischfang | 2,32 | 2,66 |
| Landwirtschaft | 2,19 | 2,59 |
| Ländliche Haushalte ohne Mangroven- hauptprodukte | 1,23 | 1,40 |
| Alle ländlichen Haushalte | 1,67 | 1,98 |

Tabelle 2 illustriert die multiplen Einkommensfunktionen des Mangrovenökosystems auf der Ebene des ländlichen Haushaltes. Es wird ersichtlich, daß die Vielfalt der Mangrovennutzungsmuster Managementansätze auf Systemebene (statt nur auf Produktebene) erforderlich macht. Dies setzt ein Grundverständnis der sozialen und wirtschaftlichen Funktionen und der daraus resultierenden Nutzungsdynamik der Mangrovenhauptprodukte Krebs (*U. cordatus*), Fisch und Holz voraus.

2.3.1 DER MANGROVENKREBS *UCIDES CORDATUS*

Die Mangrovenkrabbe *Ucides cordatus* ist eindeutig die wirtschaftlich wichtigste Ressource des Mangrovenökosystems in Nordbrasilien. 64 % der ländlichen Bevölkerung nutzen den Krebs, für 42 % ist er eine Geldeinkommensquelle (Tabelle 1). Darüber hinaus sind 10 % der Landbevölkerung im Krebshandel und 5 % in den Krebsverarbeitungszentren beschäftigt. Insgesamt hängt das Haushaltseinkommen von gut 50 % der ländlichen Küstenbevölkerung von Fang, Weiterverarbeitung und Handel mit *U. cordatus* ab.

Erhöhte nationale und internationale urbane Nachfrage nach Krebsfleisch hat die Produktions- und Vermarktungsstrukturen für *U. cordatus* in den letzten Jahrzehnten grundlegend verändert. Es besteht gegenwärtig ein deutlicher Konflikt zwischen "traditionellem" Sektor für den Lebendverkauf des Krebses und "modernem" Krebsfangsektor für die Produktion und Vermarktung von Krebsfleisch (MADAM Zwischenbericht, 1997, S. 37-39), indem in den vom "modernen" und expandierenden Krebsfangsektor befischten Gebieten die für den Lebendverkauf notwendigen Krebsmindestgrößen rar werden und sich der "traditionelle" Krebsfang in seiner Existenzgrundlage bedroht sieht.

Die Analyse der Anlandungszahlen über einen Zeitraum von drei Jahren die saisonalen Schwankungen des Gesamtfangvolumens an einem der Hauptanlandeorte für *U. cordatus* am Furo Grande deutlich wider. Maximale Mengen wurden jeweils im Januar und minimale Mengen im Juli registriert. Es zeigt sich dabei, daß sowohl Produktionshöhepunkte (Januar 1998) als auch Produktionstiefpunkte mit deutlichen Einkommenshöhepunkten auf der Ebene der Produzenten

⁶ Quelle Glaser & Grasso (1999).

(Krebsfänger) zusammenfallen können. Für die Managementplanung bedeutet dies, daß zwischen den Zielen Ressourcenschutz und Einkommensschaffung für Ressourcennutzer nicht zwangsläufig ein Konflikt bestehen muß. Die Abbildung zeigt außerdem eine gegenläufige Entwicklung von Preis und täglicher Fangmenge pro Fänger. Dies unterstreicht, daß *U. cordatus* das tägliche Basiseinkommen für ärmste ländliche Bevölkerungsschichten liefert, die bei fallenden Preisen mit erhöhter Produktion reagieren, um die Haushaltsgrundbedürfnisse zu sichern.

2.3.2 FISCHE DER MANGROVE

Den Stellenwert, den Fischproteine aus der artesischen Fischerei für die Ernährung ländlicher Niedrigeinkommensgruppen in den Fluß- und Küstengebieten Nordbrasilens einnimmt, wird durch andere Arbeiten im Bundesstaat Pará unterstrichen (Maneschy, 1990; Leitão, 1995). Die Fangflotte des Caeté-Ästuars ist überwiegend artesisch (Barletta *et al.*, 1999; Glaser & Grasso, 1999). In Tabelle 3 sind die von den Einzugsgebietsanwohnern gefangenen 36 Fischarten in der Reihenfolge ihrer "lokalen Wichtigkeit" von oben nach unten aufgelistet. Die Priorisierung dieser Fischarten wurde in 21 Dorfversammlungen unternommen. Sieben der zehn vor Ort wichtigsten Fischarten werden direkt in der Mangrove gefangen.

Die hohe Anzahl der lokal als wichtig erachteten Fischarten (Tabelle 3)⁷ unterstreicht die multiplen Verknüpfungen von Mangrovenökosystem und lokalem Wirtschaftssystem, deren Komplexität holistische Managementansätze verlangt. Das größte Spektrum in der Mangrovennutzung findet sich in den ärmsten ländlichen Haushalten, da für diese auch die saisonale Nutzung geringfügiger Einkommensquellen (z.B. die Vogeljagd in der Mangrove, das Sammeln von Kleinmollusken und der Fang nicht genutzter Fischarten durch weniger arme Bevölkerungsgruppen) als "Mittel zur Armutsminderung" noch attraktiv ist (Glaser & Grasso, 1999).

Tabelle 1 und 3 zeigen den hohen Stellenwert, den die Fischerei für das wirtschaftliche Auskommen ländlicher Haushalte im Caeté-Ästuargebiet einnimmt. Gleichzeitig wird deutlich, daß ländliche Haushalte nicht ohne weiteres nach diskreten (d.h. sich nicht überschneidenden) Beschäftigungsarten zu kategorisieren sind, da "reine" fisch-, landwirtschaftlich- oder krebsfangbasierte Einkommensstrukturen gegenüber einer saisonal und funktionell diversen Einkommenskombination die Ausnahme bilden.

Um den Stellenwert der "Momentaufnahme" von Mangrovennutzung und den sich daraus resultierenden Haushaltseinkommensstrukturen in Tabelle 4 beurteilen zu können, müssen längerfristige Trends erkannt werden. Wie in vielen anderen ländlichen Gebieten, haben verbesserte Straßennetze und Kommunikationsmöglichkeiten auch im Caeté-Ästuar dazu geführt, daß einzelne Haushalte ihre Naturressourcennutzung auf weniger Produkte beschränken, die infolgedessen einer intensiveren Ausbeutung für sich ständig erweiternde Märkte unterliegen. Während *U. cordatus* in die Kategorie der durch Marktanbindung intensiv genutzten Mangrovenprodukte fällt, hat die artesisch Mangrovenfischerei nicht in gleichem Maße an wirtschaftlicher Bedeutung gewonnen, sondern ist durch Ressourcenkonkurrenz seitens der industriellen Fischerei zurückgegangen. Da sich in den letzten Jahrzehnten Bevölkerungswachstum und Bevölkerungsbewegungen Küstenzonenbereich überdurchschnittlich erhöht haben, hier andererseits in voraussehba-

⁷ Demgegenüber konzentriert sich die industrielle Befischung in Bragança auf nur ca. 5 Arten (pers. Mitt. Bünning)

rer Zukunft keine Änderungen im Nutzungsverhalten erwartet werden können, ist der soziale Stellenwert der artesischen Fischerei in der Entwicklung von Fischereimanagementstrategien unbedingt zu berücksichtigen, selbst wenn Fangmengen und wirtschaftliche Bedeutung dieser Fischerei hinter denen der industriellen Fischerei zurückfällt.

Tabelle 3: Wichtige Fischarten für die Anwohner des Einzugsgebietes der Caeté-Bucht.

| Ortsüblicher Bezeichnung | Wissenschaftliche Name |
|--------------------------|--|
| Acará | <i>n.a.</i> |
| Amoré* | <i>Guavina</i> sp, <i>Eleotris</i> sp., <i>Dormitator</i> , sp & <i>Gobionelus oceanicus</i> |
| Arraia | <i>Dasyatis</i> spp; <i>Gmnura microua</i> ; <i>Aetobatus narinari</i> |
| Bagre* ⁸ | <i>Arius herzbergii</i> |
| Bandeirado | <i>Bagre bagre</i> |
| Bragalhão | <i>Arius passany</i> |
| Caçã | <i>Sphyrna</i> spp; <i>Carcharhinus</i> spp |
| Caica * | <i>Mugil</i> sp2 |
| Camará | <i>n.a.</i> |
| Camurim | <i>Centropomus</i> spp |
| Cangatá | <i>A. quadricutis</i> |
| Corvina | <i>Cynoscion microlepdotus</i> |
| Cururuça | <i>Stelifer rastifer</i> |
| Dourada | <i>B. flavicans</i> |
| Gó* | <i>Macrodon ancylodon</i> |
| Gurijuba | <i>Arius parkeri</i> |
| Jacundá | <i>n.a.</i> |
| Jurupiranga | <i>A. phrygiatus</i> |
| Mandi | <i>Pimelodus blochii</i> |
| Mero | <i>Epinephelus itajara</i> |
| Pacamú* | <i>Batracooides surinamenses</i> |
| Pargo | <i>Lutjanus</i> spp |
| Peixe pedra | <i>Genyatremus luteus</i> |
| Pescada amarela | <i>Cynoscion acoupa</i> |
| Pescadinha | <i>C. leiarcus</i> |
| Piramutaba | <i>Brachyplatystoma vaillanti</i> |
| Piranga | <i>n.a.</i> |
| Pirapema | <i>Tarpon atlanticus</i> |
| Pratiquera* | <i>Mugil</i> sp3 |
| Sardinha | <i>Clupeidae/Engraulidae</i> |
| Serra | <i>Scomberomorus</i> spp |
| Tainha | <i>Mugil</i> sp1 |

⁸ * zeigt direkten Fang im Mangrovegebiet an.

| | |
|-------------------|-------------------------|
| Timbirú | <i>n.a.</i> |
| Toera | <i>Plagioscion spp</i> |
| Traíra | <i>Hoplias sp.</i> |
| Uiricica branca* | <i>Cathorops sp1</i> |
| Uiricica amarela* | <i>Cathorops spixii</i> |
| Uritinga | <i>A. proops</i> |

Tabelle 4: Einkommenshöhe und Anteil der Fischerei am Gesamthaushaltseinkommen für verschiedene Haushaltstypen der Caeté-Bucht⁹

| Haushaltstyp | Einkommen (R\$ /Monat) | Prozent des Einkommens durch Fischerei | Prozent des Haushaltstyps mit Fischereieinkommen |
|--------------------------|------------------------|--|--|
| Landwirtschaftlich | 60-350 | 40 | 66 |
| Handel/Gewerbe | 220-5600 | 5 | 43 |
| Abhängige Arbeit | 140-450 | 58 | 31 |
| Krebsfang | 50-1360 | 15 | 84 |
| Andere Einkommensquellen | 150-470 | 40 | 51 |

2.4 Biogeochemie und Hydrographie (Rubén Lara)

Die Hauptaufgabe der abiotischen Arbeiten lag darin, eine Antwort auf die in der Forschung immer heftiger umstrittene Frage zu finden, ob Mangroven als Exporteure von Nährstoffen und organischem Material fungieren. Der aktuelle Diskussionsstand zeigt, daß bestimmte Probenahme-strategien, Meßmethoden oder auch die wissenschaftlich-philosophische Konzeption der Arbeiten häufig nur Teilaspekte eines Gleichgewichtszustands erfaßt. Die abiotischen Arbeiten in dem MADAM-Untersuchungsgebiet sollten dazu beitragen, diese Frage eindeutig zu klären. Die Forschungsarbeiten hierzu erfolgten sowohl unter Anwendung klassischer Methodik, z.B. bei der Bestimmung von Nährstoffen, als auch durch die Übernahme, Weiterentwicklung bzw. Anpassung von hochmodernen Meßmethoden aus der Traceranalytik (¹³C, Lignin) und der Hydrographie (ADCP).

Die Frage nach der inneren Dynamik, den Transportmechanismen und dem Verbleib anorganischer Nährstoffe und organischen Materials eines Ökosystems ist von zentraler Bedeutung. Bei einem Mangrovensystem treten zusätzlich Fragen nach seiner Rolle als Eutrophikant für die Küstengewässer, sein Einfluß auf die Bodenbeschaffenheit und seine hydrographischen Merkmale im Hinblick auf die Ressourcenstruktur auf. Die Beantwortung dieser Fragen sollten die Untersuchungsergebnisse aus der ersten Projektphase erbringen. Die dazu erforderlichen Studien verteilen sich auf vier Unterprojekte mit ihren übergeordneten Fragestellungen:

- Zur Frage nach der Dynamik anorganischer und organischer Nährstoffe in einem Tidenkanal im Mangroveninneren: Hierzu wurden punktuelle, zeitlich hochaufgelöste Untersuchungen

⁹ Quelle Glaser & Grasso (1999).

über Nährstoffdynamik in Abhängigkeit von Tidenregime, Grund- und Porenwassereintrag und biologischer Aktivität durchgeführt (Zusammenarbeit mit Planktologie, Botanik, Geochemie, Meteorologie).

- Zur Frage nach dem Im- und Export von anorganischen und organischen Nährstoffen im Mangrovensystem Caeté-Ästuar: Zur Differenzierung der Quellen- bzw. Senkenfunktion der verschiedenen Systemkompartimente wie Hinterland, Mangrove, Ästuar und Küstengewässer wurden die hydrographischen Parameter und Nährstofffrachten transektartig quantifiziert und die organischen Tracermoleküle bestimmt (Zusammenarbeit mit Planktologie, Hydrologie, Geochemie).
- Zur Frage nach der sedimentologischen und biogeochemischen Charakterisierung von Mangrovenböden: Hierzu gehörten flächendeckende Untersuchungen zum Einfluß der Bodenqualität auf Waldstruktur und Keimlingsdynamik (s.u. „Waldtypenvergleich“) sowie punktuelle Arbeiten über Stratigraphie, Grund- und Porenwasserdynamik und -chemie (Zusammenarbeit mit Botanik, Modellierung, Geologie, Geochemie, Meteorologie).
- Zur Frage nach der Charakterisierung des Grundwassers in Mangrovedörfern: Hierzu wurden die ökologisch relevanten physiko-chemischen Parameter ermittelt und die Qualität des Trinkwassers aus den Brunnen der die Mangrovenressourcen nutzenden Bevölkerung mikrobiologisch bestimmt (Zusammenarbeit mit Mikrobiologie, Sozioökonomie).

Die örtlichen Gegebenheiten für die Untersuchungen zur Nährstoffdynamik im Mangroveninneren waren ausgesprochen günstig. Die Brücken über den Tidenkanälen boten gute Möglichkeiten zur Beprobung des Wasserkörpers sowie zur Durchführung hydrographischer Messungen (Pegel, Strömungsgeschwindigkeit). Botanische und zoologische Gruppen arbeiteten im benachbarten Wald. Im Gelände waren auch Probennahmeorte für Untersuchungen zur Grundwasserdynamik und Sedimentstratigraphie relativ leicht zugänglich. Dagegen konnten die Arbeiten im Ästuar nur von einfachen Fischerbooten aus erfolgen, was die Anwendung von wissenschaftlichen Meßgeräten erschwerte und u.a. das Aufstellen von Gerüsten erforderte, die bei jeder Expedition wieder auf- und abgebaut werden mußten. Die präzise Navigation, die für einige hydrographische Messungen notwendig ist, konnte nur mit sehr viel Mühe erreicht werden, da die Strömungs- und Schiffsbedingungen äußerst ungünstig sind. Auf der anderen Seite erleichterte das gute Verhältnis zur lokalen Bevölkerung die Zufahrt mit Kanus zu relevanten aber schwer zugänglichen Stellen. Die Labormöglichkeiten in Bragança und Belém waren für eine erste Probenbearbeitung und einfache Analytik ausreichend. Ein Teil des Probenmaterials wurde an der UFPa im Rahmen der Partnerschaft mit Prof. Ramos untersucht (AAS-Bestimmungen), die restlichen Proben wurden in Deutschland (ZMT) auf Nährstoffe und organische Substanzen analysiert.

Als Hauptuntersuchungsgebiet wurde ein Kanalsystem mit bekanntem Einzugsgebiet im zentralen Mangrovengebiet ausgewählt, in dem Ein- und Austräge genau erfaßt werden konnten. Um die Wechselwirkungen des Kanals mit dem marinen Bereich nachzuvollziehen, wurden im großräumigeren Maßstab Untersuchungen im Ästuar des Rio Caeté durchgeführt, wobei das Ästuar in zwei Sektoren unterteilt, und die Stoffflüsse zwischen den Sektoren bestimmt wurden. An drei Sektorengrenzen werden Proben entnommen. Somit konnte durch Bilanzierung der Stoffaustausch zwischen der Mangrove und dem Ästuarsystem ermittelt werden.

Das Gebiet für die Grundwasseruntersuchungen wurde in ein „fluviales“ und ein „marines“ Teilgebiet unterteilt. Das fluviale Teilgebiet ist landwirtschaftlich geprägt, während im marinen Teil artisanale Fischerei und Tourismus die Haupteinnahmequellen darstellen. In beiden Teilgebieten wird das Wasser für den täglichen Gebrauch ausschließlich aus Brunnen gewonnen.

Im Programm „Waldtypenvergleich“ wurden biogeochemische und biologische Arbeiten für die Implementierung eines dynamischen Mangrovenwaldmodells (U. Berger) gezielt integriert. Bei der Planung der Feldarbeiten wurden vier unterschiedliche Waldtypen entlang des ästuarinen Salinitätsgradienten in Nord/Süd-Richtung der Halbinsel berücksichtigt.

Die Veränderungen der physiko-chemischen Parameter zwischen Trocken- und Regenzeit sind so prägnant, daß ein Jahresgang erfaßt werden mußte. Zusätzlich mußte die Abhängigkeit der verschiedenen abiotischen Variablen von den Tidenzyklen und vom Tag/Nacht-Rhythmus erfaßt werden. Unter Berücksichtigung dieser Einflüsse wurden über ein Jahr hinweg am Furo do Meio in dreiwöchigen Abständen (Voll-, Neu-, Halbmond) über 24 Stunden (stündlich) und im Ästuar alle neun Wochen über 12 Stunden (zweistündlich) Proben genommen. Die Beprobung der Brunnen und der verschiedenen Waldtypen wurde alle zwei Monaten durchgeführt.

Im Folgenden werden die relevantesten Ergebnisse der ersten drei Unterprojekte zusammengestellt. Als primärer Transportweg von organischem Material (OM) und Nährstoffen aus der Mangrove ist der Fluß von Porenwasser aus dem obersten Sedimenthorizont in das Prielsystem und anschließend in das Ästuar anzusehen. Dieser Porenwasserfluß wird in erster Linie durch die Gezeiten im Priel gesteuert. Nach Eintrag in den Tidenkanal wurde das nährstoff- und OM-reiche Porenwasser mit der Flut zunächst wieder in den Wald und schließlich mit der nächsten Ebbe in das Ästuar transportiert. Während dieser Transportprozesse beeinflussen phototrophe Organismen die Zusammensetzung des Wasserkörpers. Dies führt zu reduzierten Nährstoff- und leicht erhöhten DOC-Konzentrationen während des Tages, was sich wiederum auf die Flußrate dieser Stoffe aus der Mangrove zum Ästuar auswirkt.

Gelöstes (DOM) und suspendiertes organisches Material (POM) im Priel setzt sich im wesentlichen aus Produkten anaeroben und aeroben Abbaus von Blattstreu im Sediment zusammen. Etwa 20 % des Blattfalls wurde in Form dieser vermutlich schwer abbaubaren Degradationsprodukte exportiert. Frische Blattstreu, die sich in der Wassersäule schnell zersetzt, wird in ähnlichem Umfang aus der Mangrove transportiert. Die geringe Austragsrate frischer Streu ist auf die Aktivität einer abundanten benthischen Makrofauna zurückzuführen, die auch eine anfänglich rasche Zersetzung der Blattstreu bewirkte. Der anschließende anaerobe Abbau im Sediment verläuft sehr langsam und Halbwertszeiten von mehreren hundert Jahren wurden hierfür ermittelt. Stickstoff wird während dieser Prozesse in schwer abbaubares OM im Sediment fixiert.

Daß ein erheblicher Austrag von OM und von anorganischen Nährstoffen stattfindet, wurde mit Hilfe von organischen Tracern und Flußbestimmungen deutlich. Im Jahresdurchschnitt wurden etwa 10 mmol DOC, 0,9 mmol TDN, 6 mmol Silikat und 0,02 mmol Phosphat pro m² Mangrove und Tag ausgetragen. Dieser Netto-Export aus der Mangrove überstieg den fluvialen Zufluss im Ästuar mehrfach. Die Tatsache, daß nur etwa 6 % des Flußeinzugsgebietes von Mangroven bestanden sind, macht das relative Ausmaß dieses Austrags deutlich. Organische Tracer deuten darauf hin, daß Mangroven in angrenzenden Buchten und Ästuaren vergleichbare Exporteigenschaften besitzen.

DOM und POM werden in ähnlich hohem Maße aus der Mangrove ausgetragen. Ein großer Anteil des POM wird jedoch schnell aus der Wassersäule - vermutlich aufgrund von Sedimentation innerhalb des Ästuars und der Küstenzone - entfernt. Dagegen verhält sich DOM aus der Mangrove im wesentlichen stabil und konservativ und kann somit über weite Strecken transportiert

werden. Terrestrisches DOM, das über den Fluß in das Ästuar gelangt, wird dort schnell aus der Wassersäule entfernt, was auf eine geochemische Barriere für dieses DOM im Ästuar hindeutet.

Zur sedimentologischen und biogeochemischen Charakterisierung von Mangrovenböden gehörte auch der „Waldtypenvergleich“. Dabei konnten qualitative und quantitative Zusammenhänge zwischen meso- bis kleinskaligen Mustern von Überschwemmungsfrequenz, Bodenqualität und Vegetationstypen erstellt werden. Die genaue Beschreibung der Auswaschungsdynamik des Bodensalzes im Wurzelbereich von Keimlingen und Bäumen als Funktion von meteorologischen und hydrographischen Parametern erfolgte mit Hilfe eines empirischen Modells. Danach sind in Mangrovenbereichen mit niedriger Inundationsfrequenz Keimlinge in der Regenzeit niedrigeren Salinitäten ausgesetzt, ausgewachsene Bäume haben hingegen in ihrem Wurzelbereich höhere Salzgehalte als in der gleichen Tiefe zur Trockenzeit.

Die Untersuchungen des Grundwassers in dem im Mangrovengebiet gelegenen Dörfern ergaben, daß in etwa 90 % der Fälle das Wasser in den untersuchten Brunnen (ca. 20) die Qualitätskriterien der brasilianischen Behörde für Trinkwasser nicht erfüllte. Der häufigste Grund war eine erhöhte Zahl an *Escherichia coli*.

Aus den Ergebnissen wird deutlich, daß Mangroven eine Schlüsselrolle im Nährstoffkreislauf an der nordbrasilianischen Küste einnehmen. Sie sind wahrscheinlich eine der treibenden Kräfte für Primär- und Sekundärproduktion dieser Lebensräume, indem sie anorganische und organische Nährstoffe bereitstellen. Das Schicksal von OM aus der Mangrove im Atlantik und dessen Anteil am marinen OM-Pool wird voraussichtlich mit den hier eingeführten organischen Tracern bestimmt werden können.

Die Interpretation des Effekts vom saisonal abwechselnd Salzstreß auf den Wald und der Zusammenhang zwischen Bodenqualität und Vegetationsstruktur, wie er durch das dynamische Waldmodell (U. Berger) analysiert wird, kann zur Entwicklung von Empfehlungen zum Management des Mangrovenwaldbestands signifikant beitragen.

Der Datennachweis über die mangelnde Qualität des Brunnenwassers könnte die Basis für Entwicklungsprojekte zur Verbesserung der Wasserversorgung in Mangrovedörfern darstellen.

2.5 Biomasse und Produktionsleistungen von photoautotrophen Organismen (Dirk Schories)

Untersuchungen zur Biomasse und Produktionsleistung von den photoautotrophen Organismen im Mangrovenürtel bei Bragança waren die Schwerpunkte der ersten Projektphase. Insbesondere sollte festgestellt werden, welchen Anteil die jeweiligen Vertreter (aufgeteilt nach Makroalgen, Mikrophytobenthos, Makrophytobenthos und Mangrovenbäume) im System einnehmen bzw. welcher Dynamik sie unterworfen sind. In bezug auf die Mangrovenbäume betrifft dies beispielsweise die langfristigen Bestandsentwicklungen aber auch Wiederbesiedlungsmaßnahmen degradiertter Flächen. Beim Phytoplankton hingegen standen kurzfristige, aber auch jahreszeitliche Veränderungen innerhalb der Mangroven- und der angrenzenden Küstengewässer im Vordergrund der Untersuchungen.

Über Primärproduktionsmessungen im Wasser, auf dem Sediment oder an Bäumen wurden bislang in Nordbrasilien keine Untersuchungen durchgeführt. Die geplanten Mikrophytobenthos-

Messungen mit Hilfe von Inkubationsexperimenten wurde durch sehr weiches Sediment erschwert (Resuspension von Material beim Befüllen der Kammern), so daß eine alternative Methode entwickelt worden ist (Schories & Mehlig, 1999).

Das Forschungsvorhaben wurde zunächst kleinskalig (landwärtige Gebietsgröße 32 ha) angelegt, damit sämtliche phototrophen Gruppen innerhalb eines Gebietes berücksichtigt und gewichtet werden konnten. Zusätzlich zu den kleinskaligen Untersuchungen wurden im Wald Referenzflächen für die Photosynthese- und Streufalluntersuchungen der Mangrovenbäume eingerichtet. Da die Mikrophytobenthos-Untersuchungen nur bedingt wie geplant durchgeführt werden konnten, verzögerten sich diese Arbeiten. Nach der methodischen Entwicklung zur Messung des CO₂-Gasaustausches auf dem Sediment (Schories & Mehlig, 1999), werden diese Arbeiten jedoch in der zweiten Projektphase abgeschlossen werden. Die stationären Phytoplanktonuntersuchungen wurden 1997 durch Transektfahrten innerhalb des Furo do Meio ergänzt. Seit Juni 1998 findet das küstennahe Phytoplankton-Meßprogramm statt, das die Austauschprozesse zwischen der Mangrove und dem offenen Ozean erforscht.

Mikrophytobenthos-Produktionsmessungen mit Mikroelektroden konnten aufgrund der schwierigen Geländebedingungen nicht *in situ* durchgeführt werden. Stattdessen wurde an Modifikationen einer LI-6400-Gaswechselanlage gearbeitet und eine neue Meßkammer entwickelt, die direkte CO₂-Austausch-Messungen über Mikrophytobenthos-Matten erlaubt (Schories & Mehlig, 1999). Das gleiche Gerät wurde auch für Photosynthese-Messungen im Wald eingesetzt. Das für den Feldeinsatz konzipierte Gerät ist auf dem neuesten Stand der vorhandenen Technik.

Neben der engen Zusammenarbeit mit der Firma DMP (Hegenau-Schweiz), war die Wattenmeerstation List des Alfred-Wegener-Instituts ein fester Partner bei der Artenbestimmung des Phytoplanktonmaterials mit elektronenmikroskopischen Methoden. Dr. Bastiaan Knoppers, Federal University Fluminense, Niteroi – RJ, ist an der weiteren Entwicklung des küstennahen Plankton-Meßprogrammes beteiligt. Die Arbeiten auf den degenerierten Mangrovenflächen wurden von der Umweltbehörde des Staates Pará (SECTAM) sowie durch IBAMA unterstützt. Letztere garantierte das Arbeiten in besonderen Schutzgebieten wie dem der Ilha de Canela.

2.5.1 MAKROALGEN

Das Makroalgen-Vorkommen innerhalb des Mangrovengürtels beschränkt sich zwischen den Orten Acarajo und Ajuruteua auf den oberen Gezeitenbereich. Auf den Stelzwurzeln von *Rhizophora mangle* sowie den Pneumatophoen von *Avicennia germinans* kommen die Rotalgengattungen *Bostrychia*, *Catanella* und *Caloglossa* gemeinsam vor. Ihre mittlere Biomasse im Jahresgang betrug lediglich 0,64 g m⁻². Ihr zu erwartender Beitrag an der Jahresprimärproduktion der Mangrove wurde als sehr gering eingeschätzt. Andere Makroalgen wie z. B. die Grünalge *Enteromorpha* sp. kamen an sekundären Hartsubstraten (Brücken, Pfahlbauten etc.) in geringer Menge vor.

2.5.2 MIKROPHYTOBENTHOS

Im Mikrophytobenthos (MPB) wurden mindestens 47 Arten angetroffen, wobei weniger als ein Drittel dieser für 90 % der Hauptzellzahl verantwortlich ist (Dummermuth, 1997). Die Gattungen mit den höchsten Zelldichten sind *Plagiogramma*, *Amphora*, *Nitzschia* und *Navicula*, während *Pleurosigma*, *Gyrosigma* und *Thalassionema* nur lokal von Bedeutung sind. Bis zu 70.300 Ind. cm^{-2} kamen im Gezeitenbereich vor. In ausgeprägten MPB-Matten betrug deren Biomasse zwischen 19,2 und 62,9 g C m^{-2} , der Chl-a-Gehalt erreichte bis 21,41 mg m^{-2} . Vergleichende Untersuchungen zwischen verschiedenen Prielsystemen und MPB-Matten zeigte, daß selbst bei 100 % Algenbedeckung starke Unterschiede in der Primärproduktion existieren können. Im Mittel lag die Primärproduktion des MPB am Furo do Café mit 118,3 $\text{g C m}^{-2}\text{h}^{-1}$ doppelt so hoch wie die am Furo do Meio (50,5 $\text{g C m}^{-2}\text{h}^{-1}$). Die höheren Produktionsraten gehen sowohl mit höheren Chl-a-Konzentrationen als auch mit höheren Abundanzen und Biomassen einher. Für kurzfristige Messungen unter konstanten Lichtverhältnissen wurde die CO_2 -Austauschmethode entwickelt (Schories *et al.*, 1999). – Die Ausprägung der MPB-Matten ist sowohl klein- als auch großskalig starken tageszeitlichen, monatlichen und jährlichen Schwankungen unterlegen. In einigen Monaten lag die Mikroalgenbedeckung der Seitenkanäle des Rio Caeté bei über 40 %, in anderen bei unter 10 %. Bei der abschließenden Bewertung der Rolle des MPB für die Gesamtproduktion im Mangrovensystem wird nur ein Teil dieser in die benthische Primärproduktion miteingehen, da ein großer Anteil als resuspendiertes Material in die planktischen Primärproduktion eingeht (Schories *et al.* in review).

2.5.3 PHYTOPLANKTON

Die Variabilität des Phytoplanktons, des Seston- und Chl-a-Gehaltes wurde von Mai 1996 bis August 1997 am Furo do Meio untersucht (Schories *et al.*, in review). Insgesamt waren 46 Arten aus wenigstens 29 Gattungen im Probenmaterial vorhanden. Der weitaus größte Teil gehörte zu der Gruppe der Diatomeen. Die neun häufigsten Arten in bezug auf Abundanz und Frequenz ihres Vorkommens waren *Asterionella glacialis*, *Chaetoceros* spp., *Navicula* sp., *Nitzschia* spp., *Pleurosigma* sp., *Raphoneis surirella*, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira* spp. und *Thalassionema nitzschoides*. Im Jahresgang schwankte der Chl-a-Gehalt zwischen 0,08 und 25,10 mg m^{-3} , wobei die tägliche Variation teilweise der jährlichen nahe kam. Auf den ganzen Untersuchungszeitraum bezogen war der Chl-a-Gehalt signifikant höher bei Tagesniedrigwasser als bei Nacht (unabhängig von der Tide). Der Seston-Gehalt war hingegen nicht signifikant verschieden zwischen Hoch- und Niedrigwasser, aber zwischen Regen- und Trockenzeit. Dennoch war die Variabilität innerhalb des Seston-Gehaltes wesentlich stärker bei Niedrigwasser ausgeprägt als bei Hochwasser (NW: 0,008 und 26,619 g l^{-1} , HW: 0,010 and 0,381 g l^{-1}). Die mittlere Nettoprimärproduktion (NPP) am Furo do Meio betrug bei einer angenommenen mittleren Sichttiefe von 0,5 m 159 $\text{g C m}^{-2}\text{a}^{-1}$, wobei der Anteil der Primärproduktion bei Niedrigwasser dem bei Hochwasser deutlich übertraf. Produktionsmessungen entlang des Furo do Meio verdeutlichten allerdings auch, daß die NPP bereits kleinräumig starken Schwankungen unterlegen ist, je nachdem ob Mikrophytobenthos-Organismen in die Wassersäule resuspendiert werden oder nicht. Eine Generalisierung der Ergebnisse ist jedoch nicht möglich (Werner, 1999). Ein Vergleich der Planktonabundanzen im Hauptarm des Rio Caeté mit denen der Seitenzweige des Flusses zeigt, daß die Abundanzen im ersten Fall wesentlich geringer sind. Dieser Trend wird mit zunehmender Entfernung von der Küste hin zum offenen Ozean fortgesetzt. Zwischen 1998 und 1999 wurden ver-

schiedene Expeditionen von Bragança hin zum offenen Ozean durchgeführt, wobei Phytoplankton-Verteilung, Nährstoffe (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , SiO_3^-), Seston- und Chl-a-Gehalt studiert wurden. Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die küstennahe Region hochproduktiv und reich an essentiellen Nährstoffen ist. Dies gilt insbesondere für die kleinen Prielen, die den Mangrovenwald durchziehen, obwohl gerade dort die mittlere Sichttiefe gering ist. Der Materialtransport aus der Mangrove in den offenen Ozean reicht bis mehr als 50 km vor die Küste.

2.5.4 MANGROVENWALD UND BRACHFLÄCHEN

Um die verschiedenen Aspekte zur Primärproduktion und des Stofftransportes des Mangrovenwaldes sowie der vorhandenen Brachflächen bei Bragança mit den drei Arten *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* und *Laguncularia racemosa* zu untersuchen, wurden folgende Parameter betrachtet: Der Laubfall, die Photosynthese, der Stoffabbau und -umsatz sowie die Bodensalinitäten und topographischen Verhältnisse. Ein Großteil der Untersuchungen fand am Furo do Meio statt.

- a) *Der Streufall*: Streufalluntersuchungen wurden in verschiedenen Gebieten durchgeführt (Reise, 1999). Exemplarisch werden hier die Ergebnisse für die Gebiete am Furo do Meio und Acarajo aufgeführt (Mehlig, in prep). Die mittlere Streufallrate am Furo do Meio lag bei $3,7 \pm 1,6 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ($13,5 \pm 5,9 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$), in Acarajo, einem weniger salzhaltigen Standort, bei $3,0 \pm 0,7 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ($12,9 \pm 2,7 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$). Die geringsten Tagesstreufallraten lagen am Furo do Meio bei $2,0 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, in Acarajó hingegen bei $2,4 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Die Maximalwerte erreichten $11,4 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (Furo do Meio) bzw. $6,3 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (Acarajó). Die meisten Streufallkomponenten zeigten eine klare Periodizität in ihrem Vorkommen. Früchte waren zwar das ganze Jahr über in den Streufängern vorhanden, jedoch meist nur in geringer Menge. Der hauptsächliche Fruchtfall der drei Arten fand zur Regenzeit statt. Am Furo do Meio stellten Früchte und Propaguli von *Rhizophora* einen großen Teil des Gesamtstreufalls dar, bei Acarajo traten sie hingegen wesentlich weniger in Erscheinung. In beiden Gebieten waren zudem lokal große Mengen an *Laguncularia*-Früchten vorhanden. Von *Avicennia* kamen reife Früchte nicht vor, dagegen machen unreife Früchte und Blüten einen guten Teil des Streufalls am Ende der Trockenzeit aus.
- b) *Die Photosynthese*: Die höchsten Photosyntheseraten unter natürlichen Bedingungen wurden an Blättern von *Laguncularia racemosa* ($>16,0 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ Blattfläche s}^{-1}$) gemessen. Blätter aus der Lichtkrone von *Rhizophora* erreichten maximal $13,6 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, für *Avicennia* wurde ein Maximalwert von $13,3 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ermittelt. Schattenblätter weisen im allgemeinen eine deutlich geringere Photosynthese auf, lediglich in Sonnenflecken erreichten sie $8,0 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (*Rhizophora*), unter künstlichem Licht ließ sich die Photosyntheseleistung noch auf $10,0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ steigern. Während der Regenzeit konnte die Respiration in der Schattenkrone auch bei Tage die Photosynthese übertreffen. Der Lichtkompensationspunkt lag für *Rhizophora* und *Avicennia* zwischen $13,0$ und $18,0 \mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Eine maximale Transpirationsrate von über $4,0 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ wurde für *Avicennia* festgestellt, *Laguncularia* erreichte maximal $3,6 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Für *Rhizophora* lagen die Transpirationswerte für die Schattenkrone maximal bei $3,5 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

- c) *Der Stoffumsatz*: Für die Berechnung der Stoffflußraten des organischen Materials gingen die Streufall-Daten vom Furo do Meio ein. Schories *et al.* (in review) stellten fest, daß mindestens 61 % des Streuaufkommens direkt von der Landkrabbe *U. cordatus* konsumiert oder eingegraben wird, der übrige Teil wird weitestgehend aus dem Wald während der Springtiden exportiert, nur ein geringer Anteil wird direkt im Wald abgebaut. Gegenüber der starken Bedeutung von *Ucides cordatus* für den Stoffumsatz fällt die Rolle herbivorer Insekten und Baumkrabben deutlich ab. Für *Avicennia* wurden Schädigungen durch Blattfraß von weniger als einem Prozent bis maximal 10 % festgestellt. Dabei bleiben allerdings Extremereignisse wie die 1998 aufgetretene weiträumige Entlaubung von *Avicennia germinans* durch *Hyblaea puera* Raupen unberücksichtigt. Erste Ergebnisse für die beiden anderen Baumarten stehen zur Zeit noch aus.
- d) *Die Brachflächen*: Auf den Brachflächen, die nach dem Bau der Landesstraße PA 458 zwischen Bragança und Ajuruteua entstanden sind (Baubeginn 1973), scheint eine Aufforstung nicht möglich. Die Brachflächen sind hochgradig versalzen ($S > 80$) und eine Verbesserung des Überflutungsregimes durch Drainage erscheint nicht erfolgversprechend, da es sich um die am höchsten gelegenen Gebiete der Mangrove handelt. Die noch als intakt einzustufenden Gebiete der Mangrove, die gegenüber den degradierten Flächen östlich der Straße liegen, weisen ebenfalls bereits eine Aufsalzung des Bodens auf ($S > 40$), die auf die geringe Überflutungsfrequenz zurückzuführen ist. Als Ursache der Entstehung der Brachflächen ist einerseits das stark eingeschränkte Überflutungsregime infolge des Straßenbaus anzusehen (Rocha da Silva, 1999; Brito Rodriguez, 1999), andererseits die massive Abholzung weiter Flächen in der nach Entstehung der Straße verkehrstechnisch leicht zugänglichen Mangrove. Die Abholzung intakter Bäume führte letztendlich zu hohen Transpirationsraten stehenden Restwassers und kurbelte so die Versalzung der Gebiete weiter an.

2.6 Biologische Grundlagen und wirtschaftliche Bedeutung der Evertebratenfauna (Matthias Wolff)

Die Epifauna im Gezeitenbereich des Caeté-Flusses stellt einen hohen Anteil an der gesamten Faunenbiomasse des Systems (ca. 90 %) und ist nach den bisherigen Ergebnissen von großer Bedeutung für die im Mangrovenwald ablaufenden Prozesse. Brachyure Krebse sind die dominante Gruppe, gefolgt von Schiffsbohrwürmern (Teredinidae), Gastropoden (hauptsächlich Thaididae) und Muscheln (Mytilidae). Die wahrscheinlich wichtigste Art ist die kommerziell genutzte Mangrovenkrabbe *U. cordatus*, eine herbivore Art, die sich in der Hauptsache von herabgefallenen Mangrovenblättern ernährt. Detritus-fressende Winkerkrabben (Familie: Ocypodidae) stellen die zweitwichtigste Faunengruppe im Mangrovenwald. Diese Arten ernähren sich in der Hauptsache von partikulärem organischen Material, von dem sie die daran anhaftenden Bakterien assimilieren. Als wichtige Räuber sind vor allem Krebse zu nennen (aus den Familien Portunidae und Xanthidae), sowie Gastropoden aus der Familie Thaididae. Während erstere sich hauptsächlich von anderen Krebsen, Muscheln und Infauna ernähren, fressen letztere bevorzugt Schiffsbohrwürmer, die Totholz im Gezeitenbereich besiedeln.

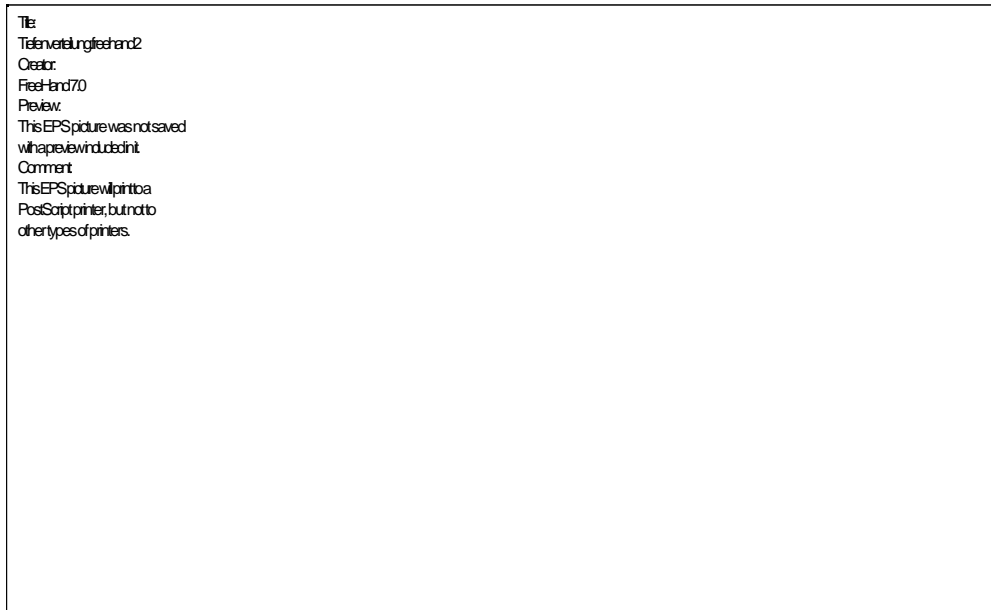


Abb. 7: Vertikale Zonierung der Arten im Gezeitenbereich (exklusive *U. cordatus*). Die Balkenhöhe stellt den prozentualen Anteil an der Gesamtbiomasse dar, der in einer bestimmten Tiefen-kategorie gefangen wurde.

Die vertikale Zonierung der im Gezeitenbereich vorkommenden Arten ist in Abbildung 7 dargestellt (exklusive *U. cordatus*, diese Art findet sich überwiegend im hochgelegenen Wald). Die Zonierung ist deutlich ausgeprägt, während viele Arten sich fast ausschließlich auf den hochgelegenen Wald beschränken, findet man andere Arten nur in den tiefergelegenen, regelmäßig überfluteten Arealen. Im Übergangsbereich zwischen diesen beiden Habitattypen sind nur die beiden Arten *Sesarma curacoense* und *Uca cumulanta* häufig anzutreffen, ansonsten ist die Trennung sehr deutlich zu sehen.

Die Biomasse- und Abundanzverteilung der gefundenen Arten im Gezeitenbereich ist in Abbildung 10 dargestellt. Auffällig ist die geringe Artenzahl und die hohe Dominanz einiger weniger Arten, vor allem der von *U. cordatus* im Wald und der Winkerkrabbe *U. maracoani* im großen Priel. Ein Vergleich mit anderen Mangrovensystemen zeigt, daß die hier ermittelten Biomassen am oberen Ende der bekannten Werte liegen. Nur aus einem Mangrovegebiet in Costa Rica, wo die Fauna stark von Molusken dominiert wird, sind wesentlich höhere Biomassewerte von bis zu 1200 g m⁻² bekannt. Als möglicher Grund für die hohe Dominanz von brachyuren Krebsen im Untersuchungsgebiet wird das Überflutungsregime gesehen. Der hochgelegene Wald, welcher einen Großteil der Halbinsel bedeckt, wird nur zu Springtiden überflutet und ist daher für Filtrierer (z.B. Bivalven und Balaniden) ein ungeeigneter Lebensraum.

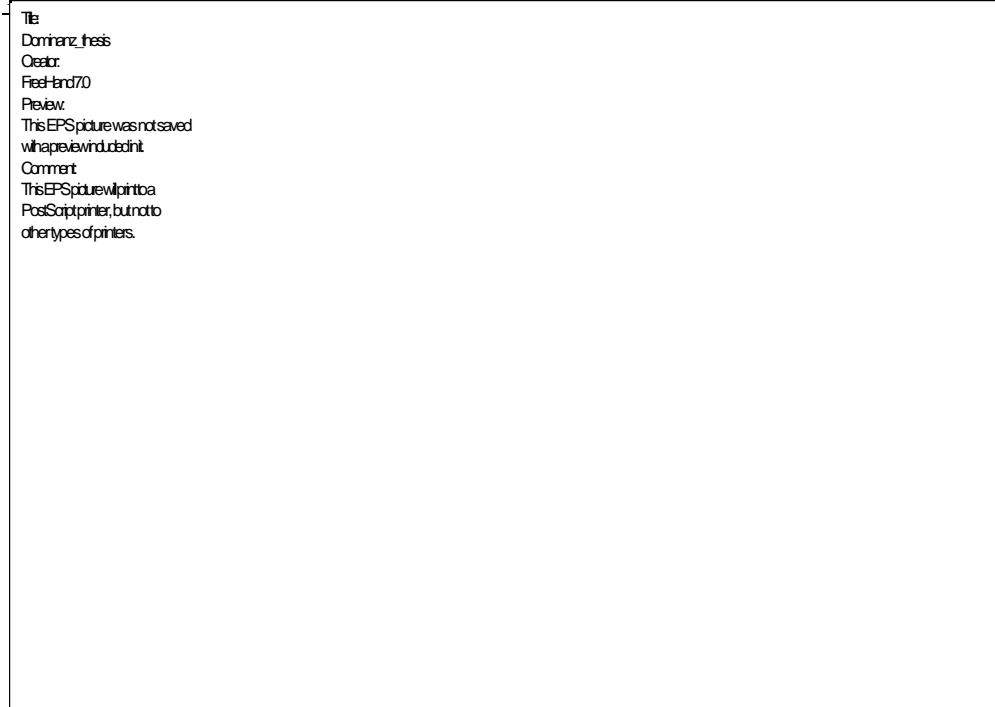


Abb. 8: Mittlere Biomasse und Abundanz im Wald und in kleinen und großen Prielen. Die wichtigsten Arten, welche für die Energieflußberechnungen ausgewählt wurden, sind mit grauen Balken markiert, ihr Anteil (%) an der Gesamtbio­masse bzw. Abundanz ist oben rechts in den Gra­phiken vermerkt. *U. cordatus* ist nicht enthalten, diese Art ist mit ca. 150 g m⁻² dominant.

Ähnliches gilt für andere Gastropoden, welche hier wegen der lang andauernden Trockenheit ungünstige Bedingungen vorfinden. Als Gründe für die beobachtete Zonierung werden vor allem die Überflutungsfrequenz und das Temperaturregime angesehen, da die Arten unterschiedliche Toleranzen gegenüber Austrocknung und Hitzestress aufweisen. Vor allem bei den Detritus fressenden Winkerkrabben ist aber auch die Sedimentzusammensetzung als wichtiger Faktor zu nennen, d.h. die Korngrößenverteilung und der organische Gehalt im Boden.

Untersuchungen zur Sekundärproduktion, Assimilation und Energiefluß der wichtigsten epi­benthischen Arten zeigen, daß dieser Gruppe eine zentrale Rolle im Nahrungsnetz der Mangrove zukommt und daß sie von großer Bedeutung für die Stoffflüsse im Ökosystem ist. Aufgrund der Ergebnisse kann sogar angenommen werden, daß die hier untersuchten Arten positive Auswir­kungen auf die Gesamtproduktivität der Mangrovenbäume haben. Während die herbivore Krabbe *U. cordatus* ca. 70 % der Gesamtbio­masse im Epibenthos stellt, hat diese Art nur einen Anteil von etwa 10 % an der Gesamtproduktion. Die restlichen 90 % der Produktion stellen die detri­tivoren Winkerkrabben, während die untersuchten Räuber mit weniger als 2 % kaum ins Gewicht fallen. Winkerkrabben dienen auch als wichtige Nahrungsgrundlage für viele andere Arten im System und sie „konzentrieren“ Energie, indem sie bakterielle Biomasse direkt in eine für viele Räuber verwertbare Form konvertieren. In vielen Systemen sind die Nahrungsketten, die von Bakterien zu den größeren Räubern führen, wesentlich länger (statt eines Schrittes 2-3 Schritte). Da auf jeder Stufe ca. 90 % der aufgenommenen Energie verloren gehen, steht den höheren tro­phischen Stufen dank der Winkerkrabben mehr Energie zur Verfügung.

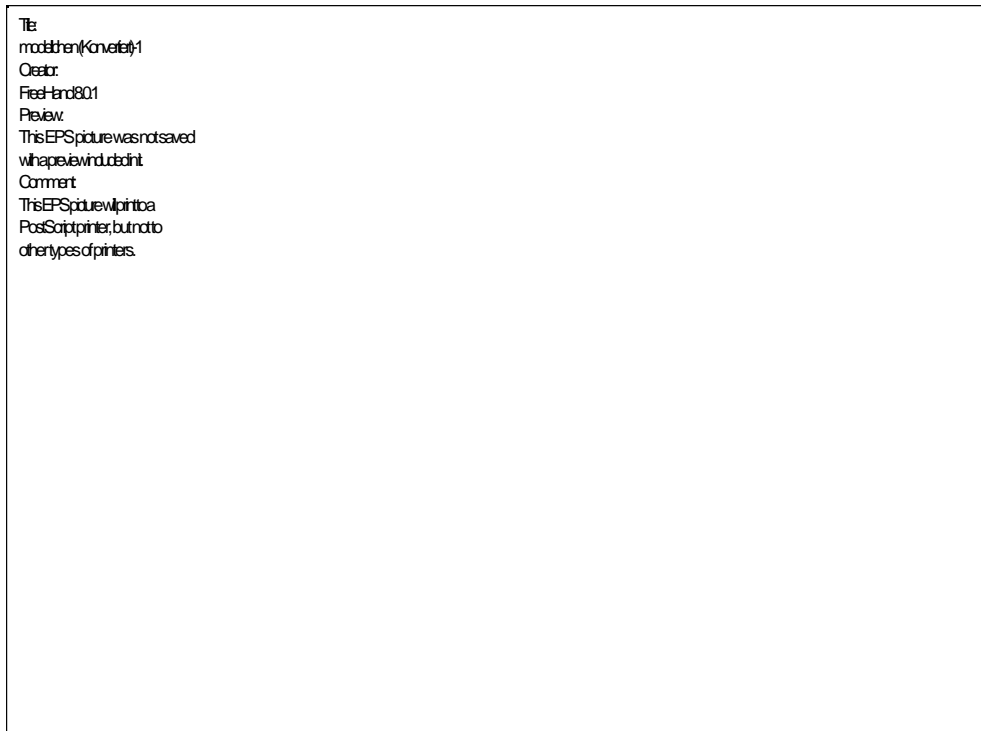


Abb. 9: Quantifiziertes Modell der Hauptenergieflüsse und ihrer Größenordnung im Mangrovensystem des Caeté. Die im Text erläuterten positiven Rückkopplungsmechanismen sind ebenfalls angegeben. Die Daten stammen von Koch, von Schories *et al.* (1999), Dittmar & Lara (1999) und Mehlig (pers. Mitt.). Bitte zu beachten, daß nur *Blattfall* angegeben ist.

In Abbildung 9 ist ein Modell dargestellt, welches die positiven Rückkopplungsmechanismen beschreibt, mit denen die untersuchten Arten Einfluß auf die Primärproduktion des Mangrovenwaldes nehmen. Ein Großteil des Laubfalls, der nicht direkt exportiert wird, dient *U. cordatus* als Nahrung. Diese Krabbe assimiliert aber nur einen geringen Teil des relativ schwer verdaulichen und nährstoffarmen Blattmaterials (ca. 10 %), der Rest gelangt in Form von Kot und zerkleinerten Blattresten in den Detrituspool, wo er weiter von Bakterien abgebaut wird. Durch das Zerkleinern und Vorverdauen der Blätter wird der bakterielle Abbau um das 70-90 fache beschleunigt. Dadurch sorgt die blattfressende Krabbe zum einen für den Rückhalt von Nährstoffen und Energie im Mangrovenwald und zum anderen dafür, daß die in den Blättern enthaltenen Nährstoffe für die Bäume schnell wieder verfügbar sind. Die Grab- und Fressaktivitäten aller Krebsarten im System verbessert die Bodenbelüftung und verhindert (oder vermindert) so die Bildung toxischer Substanzen, wie z.B. Schwefelwasserstoff, welche in hohen Konzentrationen schädlich für die Pflanzen sein können. Man kann aufgrund der hier vorgeschlagenen Mechanismen erwarten, daß der Export an organischem Material im Vergleich zu anderen Mangrovensystemen gering ist und daß ein relativ großer Teil des Exports in Form von gelöstem, also bereits remineralisiertem Material erfolgt. Die Ergebnisse der Doktorarbeit von Thorsten Dittmar bestätigen dies, was aber nur als Indiz für die hier dargestellten Funktionszusammenhänge angenommen werden kann.

Man kann aufgrund der vorliegenden Ergebnisse vermuten, daß eine starke Reduzierung der Biomasse von *U. cordatus* weitreichende Veränderungen der Stoffflüsse in der Mangrove nach sich ziehen würde. Der Austrag von organischem Material in die Küstengewässer würde vermutlich stark erhöht werden, wovon die Fauna im aquatischen Bereich profitieren würde. In der Mangrove hingegen würde weniger Material verbleiben, was zu einer Verschlechterung des Futterangebotes und somit zu einer Verringerung der Winkerkrabbenpopulationen (und auch ihrer Räuber) führen würde. Letztendlich würde durch die Reduzierung der positiven Auswirkungen durch die Krebse auch die Nährstoffsituation der Bäume verschlechtern, was vermutlich zu einer verminderten Primärproduktivität führt. Um dieses nachweisen zu können, sind jedoch weitere Untersuchungen erforderlich, die z.T. in der zweiten Projektphase durchgeführt werden.

Die kommerziell genutzte Mangrovenkrabbe *U. cordatus* ist eindeutig die ökonomisch wichtigste Art im Untersuchungsgebiet mit einem geschätzten Jahresgesamtfang von 2000-4000 Tonnen. Aufgrund der Schlüsselrolle, die dieser Krabbe im Mangrovenökosystem zukommt, muß dem Fischereimangement hier besondere Bedeutung beigemessen werden. Mit der Doktorarbeit von Karen Diele konnten zwar keine direkten Anzeichen für eine starke Gefährdung des Bestandes nachgewiesen werden, eine Wachstumsüberfischung kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, da die Tiere nach Angaben der Fischer früher im Mittel wesentlich größer waren. Da die angewandte Fischereimethode allerdings selektiv ist und lediglich fangreife Männchen entnommen werden und viele Bereiche des Mangrovenwaldes gar nicht oder nur schwer für die Fischer zugänglich sind, wird zur Zeit nicht von einer unmittelbaren Gefährdung des Bestandes ausgegangen. Gleichwohl bedeutet eine signifikante Abnahme der Fanggrößen der Krebse, daß der Ertrag aus der Fischerei sinkt und die Fischerei und die davon abhängige Bevölkerung (>40 % der ländlichen Population) gefährdet ist. Weitere Untersuchungen, sowohl von biologischer als auch von sozioökonomischer Seite, sind demnach dringend erforderlich.

Für die menschliche Nutzung von vergleichsweise geringer Bedeutung sind die sporadisch auftretenden Bestände von Miesmuscheln (*Mytella* spp.), Schwimmkrabben („blue crabs“, *Callinectes* spp.) und Bohrmuscheln (*Teredo* spp.). Diese Arten machen nur einen kleinen Teil der Systemproduktion aus und werden auch nur in vergleichsweise geringen Mengen dem System entnommen. Genaue Mengenangaben sind derzeit allerdings noch nicht möglich.

2.7 Biologische Grundlagen und wirtschaftliche Bedeutung der Fischfauna (Ulrich Saint-Paul)

Zu den Aufgaben dieses Teilprojektes gehörte die Charakterisierung der Fischgemeinschaft im Caeté-Flußästuar und den Mangrovenprielen, um die ökologische Rolle, die Populationsdynamiken und den derzeitigen und potentiellen Nutzungsgrad der einzelnen Bestände im Untersuchungsgebiet zu ermitteln, wobei klassische fischereibiologische Methoden angewendet und lokale Fangmethoden bedarfsgerecht modifiziert wurden. Hinzu kam die Beschreibung der handwerklichen Fischereimethoden.

Zu Projektbeginn lagen keinerlei fischereibiologische Informationen aus dem Untersuchungsgebiet vor, so daß zunächst beschreibende Arbeiten im Vordergrund standen. Diese wurden im Rahmen von jeweils zwei Diplom- (Keuthen, 1998, Schaub, 1999) und Doktorarbeiten (Barletta, 1999; Barletta-Bergan, 1999) durchgeführt. Hieraus entstanden bislang drei Publikationen (Bar-

letta *et al.*, 1998, 1999a, b). Die Untersuchungen wurden in enger Zusammenarbeit mit Studenten der UFPa durchgeführt. Die Arbeit Keuthen (1998) fand in Zusammenarbeit mit Prof. Villwock vom ZIM der Universität Hamburg statt.

2.7.1 FISCHEREISTRUKTUR

Anlandungsmengen von 5.000 bis 10.000 Tonnen pro Jahr in den drei größten Häfen der Caeté-Bucht (Bünning, MADAM, 1997) machen den Fischfang neben der Landwirtschaft zum ökonomisch wichtigsten Wirtschaftssektor der Bragança Küstenregion. Der Anteil der im kommerziellen Fischfang beschäftigten Haushalte von knapp 30 % in den ländlichen und 14 % in den städtischen Gebieten siedelt den Stellenwert des Fischfanges für die Haushaltseinkommensschaffung im Untersuchungsgebiet jedoch deutlich unter dem des *U. cordatus* an. 21 % der professionell tätigen Fischer leben ausschließlich vom Fischfang (weitere Einzelheiten hierzu bei Glaser, s. d. Bericht).

Bragança ist Anlandehafen für die Küsten- und Hochseefischerei, für die lokale Bevölkerung spielt die handwerkliche Fischerei im Flußästuar und den Mangrovenprielen jedoch wichtigere Rolle als Ertragsquelle. Eine ausführliche Beschreibung der Fischereisituation findet sich bei Barletta *et al.* (1998), die Reusenfischerei beschreibt Schaub (1999), interessant ist das Vorkommen lokaler Gifffischerei (Barletta *et al.*, 1999a).

2.7.2 FISCHGEMEINSCHAFTEN DES CAETÉ-ÄSTUARS

Um die ökologischen Strategien der bei Niedrigwasser in den Mangroven verbleibenden Fischgemeinschaften zur Verringerung von Raubdruck und Austrocknungsgefahr beschreiben zu können, wurden in den gezeitenbeeinflussten Mangroven während Hoch- und Niedrigwasser die Gemeinschaften der Fischarten untersucht. Darüber hinaus wurden die saisonalen Veränderungen in der Zusammensetzung der Fischarten in Relation zur Biomasse, Dichte und Artenzahl in den Gezeitenkanälen des Furo do Meio und in drei Abschnitten (oberer, mittlerer und unterer Ästuarbereich) des Hauptkanals des Rio Caeté-Ästuares beschrieben. Fischproben wurden aus den Gezeitenkanälen und dem Hauptkanal des Rio Caeté entnommen.

Die Fischfauna der jeweiligen Habitate wies Unterschiede in Dichte, Biomasse und Artzusammensetzung auf. Die mittlere Dichte und Biomasse wurde während Niedrigwasser für den Mangrovenwald (2,8 ind m⁻²; 17,4 g m⁻²), für die Gezeitenkanäle des Furo do Meio (0,11 ind m⁻²; 2,1 g m⁻²) und für den Kanal des Rio Caeté (0,2 ind m⁻²; 0,9 g m⁻²) ermittelt. Die Auswertungen der Fangdaten zeigten, daß sich Gesamtartenzahl und Gesamtbiomasse im Mangrovenwald während Niedrigwasser räumlich und zeitlich signifikant unterschieden. Bei den wichtigsten, während Niedrigwasser im Mangrovenwald gefangenen Arten (*Myrophis punctatus*, *Poecilia sp.* und *Gobionellus smaragdus*) traten zwischen den Arten signifikante Unterschiede in Dichte und Biomasse auf.

In den Gezeitenkanäle des Furo do Meio unterscheiden sich die Artenzahlen signifikant zwischen den Kanälen unterschieden und die gesamte Biomasse der Fische signifikante Unterschiede zwischen den Jahreszeiten aufwies. Im Furo do Meio traten im Vergleich zwischen den Jahreszeiten

signifikante Unterschiede in Dichte und Biomasse der Arten *Cathorops pleurops* und *Colomesus psittacus* auf. Im Ästuar des Rio Caeté variierten Artenzahl, Dichte und Gesamtbiomasse signifikant zwischen den Gebietsabschnitten und den Jahreszeiten. Bei den wichtigsten Arten, die im Caeté-Ästuar gefangen wurden (*Cathorops spixii*, *Aspredinichthys filamentosus*, *Aspredo* sp2, *Pimelodus blochii*, *Pseudauchnipterus nodosus* und *Macrodon ancylodon*), mit Ausnahme von *Stellifer rastrifer*, *Stellifer microps*, *Aspredo aspredo*, *Aspredo* sp1 und *Cynoscion acoupa*, traten im Vergleich der Jahreszeiten signifikante Unterschiede in der mittleren Dichte auf. Dabei war die mittlere Biomasse dieser Arten mit Ausnahme von *S. microps* und *Aspredo* sp1 im Vergleich der Jahreszeiten signifikant unterschiedlich.

Die Analyse der Fänge aus den verschiedenen Mondphasen zeigte, daß sich alle Variablen (Artenzahl, gesamte Dichte, Gesamtbiomasse, Dichte und Biomasse der wichtigsten Arten), außer bei *A. aspredo* (Dichte und Biomasse) während der verschiedenen Mondphasen signifikant unterschieden. Zusätzlich waren für alle Variablen die Interaktionen Mondphase x Monat signifikant unterschiedlich ($p < 0,01$), außer bei *S. rastrifer* (Dichte) und *A. aspredo* (Biomasse). D.h., der Einfluß des Mondes variiert auf die Verteilung der Fische im oberen Ästuarbereich im Verlauf der Monate (Jahreszeiten).

Im Ästuar des Rio Caeté verteilen sich die Fischarten auf zwei Haupthabitate (Hauptkanal des Rio Caeté und der bei Niedrigwasser freifallende Bereich des Mangrovenwaldes). Die Zusammensetzung der Fischarten unterscheidet sich sehr in beiden Habitaten. Die Fischarten in den jeweiligen Habitaten haben unterschiedliche Strategien, mit denen sie saisonalen und durch die Gezeiten hervorgerufenen Schwankungen begegnen. Jahreszeitliche Schwankungen im Salzgehalt stellen den Hauptfaktor für die Strukturen der Fischgemeinschaften im Ästuar dar. Die ermittelte Artenzahl, Dichte und Biomasse in den verschiedenen Habitaten des Caeté-Ästuares wurden mit publiziertem Datenmaterial aus Untersuchungen in anderen tropischen und subtropischen Ästuaren verglichen. Von den wichtigsten im Caeté-Ästuar gefangenen Fischarten wurden ihre von den Bedingungen des Ästuares verschiedenen Abhängigkeitsgrade diskutiert. Mindestens 85 % der Arten, die in artisenaler und Subsistenz Fischerei in der Bragantiner Region gefischt werden, benötigen für die Verwirklichung ihres Lebenszykluses die Bedingungen des Ästuares (Barletta *et al.*, 1998; 1999a, b).

2.7.3 MANGROVE ALS KINDERSTUBE

Diese Studie beschreibt die larvalen Fischgemeinschaften in potentiellen Kinderstuben und erklärt den Rekrutierungsprozeß im Caeté-Ästuar in Nordbrasilien. Die Artenzusammensetzung, die zeitlichen und räumlichen Abundanzmuster sowie die Entwicklungsstadien der Fischlarven wurden entlang eines Salinitätsgradienten im Fluß Caeté und in drei Prielen im angrenzenden Mangrovenwald untersucht, um die Bedeutung dieser Habitate als Laichgebiete und Kinderstube zu ermitteln. Beziehungen zwischen Larvendichten und Umweltvariablen sowie gezeiten-, stratum-, lunar- und tageszeitlich bedingte Effekte wurden überprüft, um einen Einblick in mögliche kausale Mechanismen für die beobachteten Abundanzmuster zu gewinnen.

Insgesamt wurden 227036 Larven gefangen, die 32 Familien und 78 Arten repräsentierten, wobei Sciaenidae, Engraulidae und Eleotridae 87 % aller Teleosteer im System ausmachten. Die Ergebnisse zeigten, daß die Fischgemeinschaft im Caeté-Ästuar aus vielen seltenen und einigen wenigen

Arten in hoher Anzahl bestand. Die häufigsten larvalen Taxa waren der Eleotridae *Guavina guavina* (35,6 %) und der Engraulidae *Anchovia clupeioides* (20,3 %), die zusammen 56 % des Gesamtfanges im System erfaßten. Diese Arten sind kleine, nicht kommerzielle Taxa, die jedoch wichtige Produkte der artesischen Fischerei im Gebiet darstellen. Der Sciaenidae *Cynoscion acoupa* war die einzige Art von kommerziellem Interesse, die das Ästuar extensiv als Kinderstube nutzte.

Neben den ästuaren Arten bestand die obere Flußregion auch aus Taxa, die mit Süßwasserbedingungen assoziiert waren (z.B. der Pimelodidae *Pimelodus blochii*), während die Arten in der unteren Region vorwiegend marine Affinitäten aufwiesen (z.B. der Carangide *Caranx* sp.). Die Fischgemeinschaft im Fluß und in den Gezeitenprielen wies mit 51,3 % eine hohe Ähnlichkeit auf. In beiden Gebieten dominierte *Anchovia clupeioides* mit hoher Abundanz. Obwohl viele Arten in beiden Habitaten verzeichnet wurden, waren einige Arten in einem der Habitate vorherrschend, z.B. *Guavina guavina*, der 46,7 % des Gesamtfanges in den Prielen und nur 1,5% im Fluß ausmachte. Arten, die ausschließlich im Fluß gefangen wurden, waren entweder Süßwasserarten, die vorwiegend im oberen Ästuar vorkamen, oder der Sciaenidae *Stellifer microps*. Die larvale Fischgemeinschaft wurde von der Salinität beeinflusst, wobei die Diversität in der frühen Regenzeit am höchsten war. Die Artenzahl und Abundanz war mit der Salinität negativ korreliert, was darauf deutet, daß die niedrige Salinität Fischlarven in das Ästuar zieht.

Arten, die innerhalb des Ästuars laichen, machten einen Anteil von 82 % am Gesamtfang aus. *Guavina guavina* ist z.B. ein abundanter demersaler Mangrovenlaicher, während *Anchovia clupeioides* pelagisch im Fluß laicht, zumal Preflexionslarven dieser Art besonders häufig in diesem Habitat vorkamen. Das Fehlen von pelagischen Eiern in der Mangrove deutet darauf hin, daß dieses Habitat nicht als Laichgebiet für pelagisch laichende Arten dient. Die Abundanz von pelagischen Eiern war in der frühen Regenzeit in der oberen Flußregion am höchsten, was auf erhöhte Laichaktivität in dieser Region deutet. Das Vorkommen von Eiern in fast allen Monaten läßt hingegen auf eine prolongierte Laichsaison im Fluß schließen. Arten, die vorwiegend als Postflexionslarven im System gefangen wurden, sind von marinen Laichgebieten abzuleiten, wie z.B. *Cynoscion acoupa*. Umweltschwankungen, die zum Teil mit lunarer Periodizität assoziiert sind, wie z.B. Gezeitenhöhe, könnten die wöchentliche Variabilität von Reproduktion und Rekrutierung von einigen Fischarten erklären. z. B. konnte bei *Anchovia clupeioides* erhöhte Laichaktivität während Halbmond festgestellt werden. Dagegen scheint sich *Cynoscion acoupa* während Neumondphasen zu reproduzieren. *C. acoupa* kam hauptsächlich in der Regenzeit im System vor, vermutlich aufgrund der enormen Süßwassermengen, die in die Küstengewässer gelangen. Die dominanten Arten *A. clupeioides* und *Guavina guavina*, die im Ästuar und in der Mangrove laichen, waren dagegen in der Trockenzeit abundant, was ihre Retention im System begünstigte. Als Preflexionslarven wurden diese Arten passiv bei Flut in die obere Region des Ästuars verfrachtet. Postflexionslarven, z.B. von *A. clupeioides*, migrierten während der Regenzeit aktiv von der oberen Region in den flußabwärts gelegenen Mangrovenwald, um nicht mit dem starken Süßwasserstrom aus dem Ästuar gespült zu werden. Der Süßwasserausstrom scheint ein bedeutender Faktor zu sein, der den jährlichen Zyklus und die Verbreitung von Fischlarven im Caeté-Ästuar bestimmt. Die mittlere Larvendichte war z.B. in der oberen Flußregion am niedrigsten als der Süßwasserausstrom Maximalwerte erreichte, was auf erhöhte Verdriftung der Larven seewärts zurückzuführen war.

Mit Ausnahme von *Cynoscion acoupa* und *Stellifer rastrifer* wurde bei den meisten dominanten Arten der Mechanismus der Vertikalwanderung zwecks Retention im Fluß nicht festgestellt, da die Dichte über Grund und bei Ebbe nicht signifikant höher war. Dieses Ergebnis hängt möglicherweise

se mit der hohen Turbulenz im System oder der Vorherrschaft von passiven Larvalstadien zum Zeitpunkt der Probenahme zusammen. Laterale Bewegungen zur Uferregion sind als ein möglicher Retentionsmechanismus im Fluß zu interpretieren. Tageszeitlich bedingte Effekte wurden auf trophische Aktivität und Netzflucht zurückgeführt. Die Dichte der häufigsten Arten wurde in höherem Maße von der Flußregion als von der jeweiligen Jahreszeit beeinflusst. Die Abundanz und die Artenzahl nahm deutlich flußabwärts ab, was auf reduzierte Retention schließen läßt, zumal die Dichten bei Ebbe in der mittleren und unteren Region am höchsten waren (Barletta-Bergan, 1999).

2.7.4 NAHRUNGSÖKOLOGIE

Die Untersuchungen wurden an drei der sechs häufigsten Arten der Mangrovenichthyofauna durchgeführt: den Engrauliden *Cetengraulis edentulus* und *Pterengraulis atherinoides* sowie dem Tetraodontiden *Colomesus psittacus*. Diese drei Arten repräsentieren unterschiedliche trophische Ebenen in der Nahrungskette. Das Untersuchungsmaterial wurde bei sogenannten Tapagems, einer Art Netzabspernung, in drei Mangrovenprielel gesammelt. Bei allen drei untersuchten Fischarten wurde der Mageninhalt detailliert untersucht. *C. edentulus* erwies sich als Phytoplankton-filtrierender Primärkonsument. Die beiden anderen Arten waren Sekundär- bzw. Tertiärkonsumenten (Keuthen, 1998).

Die biologischen Informationen beantworten Fragen der Rekrutierung sowie der Verteilung der Larven, der Juvenilen und der Adulten in Abhängigkeit abiotischer und biotischer Fragen. Zusammen mit den Informationen der sozioökonomischen Arbeitsgruppe über die wirtschaftliche Bedeutung der Fischerei (s. Glaser in diesem Bericht) erlaubt dies eine erste Analyse der Rolle einer externen sozioökonomischen Steuerung im Hinblick auf eine nachhaltige Nutzung der Fischereiressourcen. Populationsdynamische Produktionsmodelle können nun entwickelt werden.

2.8 Kontaktstelle für Marine Tropenökologie (Andreas Kunzmann)

1995-1997: Im Rahmen der Bund-Land-Vereinbarung zum Ausbau des ZMT wurde 1995 eine Kontaktstelle eingerichtet, die einerseits MADAM und anderen Projekten des ZMT dienen und andererseits in- und ausländische Forschungsinstitutionen, Wissenschaftler, Behörden und Industrie kompetent bei Fragen zur marinen Tropenökologie beraten sollte. Alle Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des ZMT beteiligten sich an den Informations- und Koordinationsarbeiten und brachten damit ihre Erfahrungen und Kontakte aus ihren Fachgebieten und den ihnen jeweils vertrauten Regionen ein.

Die Kontaktstelle plante und organisierte wissenschaftliche Kolloquien und Workshops (z. B. gtö-Tagung), nahm aber auch die Darstellung des ZMT - speziell MADAM - nach außen wahr. Sie präsentierte das ZMT und die deutschen marinen tropenökologischen Aktivitäten auf einem CDG-Symposium zum Küstenmanagement, auf verschiedenen Workshops (CDG, GKSS) sowie auf nationalen, europäischen und internationalen Veranstaltungen und Messen, u.a. bei der Bremer Woche der Meeresforschung.

Eine Fragebogenaktion, in der 1996 Informationen über deutsche Aktivitäten in mariner Tropenökologie und Küstenmanagement gesammelt werden sollten, scheitert mangels Rücklauf.

Parallel wurde im selben Jahr damit begonnen, die Kontaktstelle auf einer Webseite des ZMT im Internet vorzustellen.

Nach dem Ausscheiden des Leiters der Kontaktstelle, Dr. C. von Dorrien, im Frühjahr 1997 wurde die vakante Stelle vorübergehend mit Dipl. Umweltwiss. B. Koch besetzt.

1. Hälfte 1998: Anfang 1998 empfahlen die Zuwendungsgeber und die MADAM-Gutachtergruppe, die bisherigen Aktivitäten des ZMT und seiner Kontaktstelle im Sinne eines "national focal point" auszubauen. Die Kontaktstelle sollte als Serviceeinrichtung auch für die Bundesregierung, besonders den BMBF mit seinen zuständigen Fach- und Länderreferaten tätig sein.

In der ersten Hälfte 1998 lag die Hauptaufgabe der Kontaktstelle darin, Anfragen bezüglich tropischer Küstenforschung zu beantworten und die Präsentation des ZMTs und anderer relevanter, meeresbezogener Informationen im Internet voranzutreiben. Die ZMT-Homepage als Informationsquelle wurde um diverse Beiträge erweitert und überarbeitet. Die Einrichtung von e-mail Signaturen und die Vergabe von Keywords im "Header" der HTML-Seiten erhöhte die Zahl der Zugriffe auf die ZMT-Seiten und damit der Anfragen an die Kontaktstelle. Weiterhin war die Kontaktstelle für die Erstellung der "Liste der Meereskundlichen Veranstaltungen (MonaLisa)" in den Ankündigungen der deutschen Gesellschaft für Meeresforschung (DGM) zuständig. Diese Liste wurde gleichzeitig auf den Webseiten des ZMTs publiziert und regelmäßig aktualisiert.

2. Hälfte 1998: Seit August 1998 ist die Kontaktstelle mit Dr. A. Kunzmann besetzt. Der Ausbau wurde weiter vorangetrieben, wobei die Zusammenarbeit mit Indonesien und Holland im Vordergrund standen. Bis Juni 1999 wurden folgende Leistungen erbracht:

Ein Informationssystem zum Management der Küstenressourcen von West-Sumatra wurde der ZMT-Webseite angegliedert, siehe: (<http://alf.zfn.uni-bremen.de/~kontakt/projects/Indonesia/>)

Auf einem vom BMBF initiierten bilateralen deutsch-indonesischen Workshop zur Meeresforschung in Hamburg wurden die Aktivitäten des ZMT und des DAAD von 1992 bis 1997 in Padang, Indonesien, vorgestellt. Auf diesem Workshop wurde ein stufenweiser Ausbau der Kooperation in der Meeresforschung zwischen Deutschland und Indonesien vereinbart. Unter dem Titel "Sustainable Coastal Development", mit mehreren Pilotprojekten, fielen der Kontaktstelle Koordinierungsfunktionen zu.

In Indonesien wurde den dortigen Partnern im BPPT und an der Uni Bogor das neue Sonderstipendienprogramm zur Meeresforschung vorgestellt, das seit Oktober 1998 vom BMBF gefördert und vom DAAD verwaltet wird. In diesem Zusammenhang wurde ein MOU (Memo of Understanding) zur Kooperation in der Meeresforschung vorbereitet und unterzeichnet, das auch den Bremer Masterstudiengang ISATEC einschließt. Die Bung Hatta Universität in Padang, die bereits seit 1993 ein MOU mit dem ZMT hat, ist ebenfalls eingebunden.

Eine Reise in die Niederlande diente dem Dialog und Ausbau der Beziehungen zu den dortigen meereskundlichen Instituten (IHE Delft, NIOZ Texel, NNM Leiden) und der niederländischen

Science Foundation NWO und WOTRO in Den Haag. Mit der CDG wurde intensiv über geplante Küstenmanagement-Projekte in der Karibik (Kuba, Panama, DomRep, Mexiko) diskutiert.

Der DAAD wurde bei der Konzeption und Ausschreibung einer Langzeitdozentur im Bereich Küstenmanagement sowie bei der Ausschreibung des Stipendionsonderprogramms Meeresforschung für Indonesien seitens der Kontaktstelle unterstützt.

1. Hälfte 1999: Am 14. und 15. Januar fand ein von der Kontaktstelle organisierter MARUM-Workshop zur tropischen Meeres- und Küstenforschung in Bremen, mit dem Schwerpunktthema "Scientific capacity building in tropical countries" statt, der als follow-up des in 1998 vorangegangenen TEMA (Training, Education and Mutual Assistance) Workshops dem Dialog einerseits zwischen verschiedenen deutschen Forschergruppen, andererseits zwischen deutschen und niederländischen Wissenschaftlern auf dem Gebiet der marinen Grundlagenforschung, der Fischerei und Aquakultur sowie des Küstenzonenmanagements in den Tropen dienen sollte. Dabei stand der partnerschaftliche Aufbau von Forschungskapazität in den Tropenländern und die Ausbildung von Nachwuchswissenschaftlern im Vordergrund. 40 Teilnehmer aus deutschen und niederländischen Universitäten und Forschungsinstituten sowie von verschiedenen Ministerien und Organisationen (BMBF, BMZ, CDG, DAAD, GTZ, NWO, WOTRO) diskutierten ihre partnerschaftlichen Projekte, Trainingskurse sowie Stipendien- und Finanzierungsprogramme vor. Dabei zeigte sich, daß das ZMT und seine Kontaktstelle zunehmend als Standort der deutschen Bemühungen um den Aufbau der Meeresforschung in den Tropen Akzeptanz finden.

Die Beiträge deutscher Institute zu TEMA wurden gemeinsam mit dem BSH im Auftrage des deutschen IOC-Sekretariats redigiert und zu einer Broschüre zusammengestellt. Diese ist als Hardcopy (vom BSH) und als PDF-File auf der Website der Kontaktstelle erhältlich.

Um den Ansprüchen eines "national focal point with international service" gerecht zu werden, wurde dem BEO/BMBF ein Antrag auf Umwandlung der Kontaktstelle in das Contact Office Tropicoast (COT) vorgelegt. Die Planung für drei Jahre stellt die Entwicklung einer leistungsfähigen COT-Datenbank in den Mittelpunkt.

Die Kontaktstelle hat die deutsche marine Tropenökologie auf zahlreichen nationalen (z.B. BSH-Symposium), europäischen (z.B. MARUM Workshop) und internationalen Veranstaltungen und Messen (z.B. TechnoGerma, EU-Fisheries Advisors Meeting) dargestellt.

Die tägliche Beantwortung von Anfragen sowie Vermittlung von Studenten/ Wissenschaftlern /Kontakten (zunehmend aus tropischen Ländern) ist ein wesentlicher Bestandteil der Arbeit. Um den Bekanntheitsgrad zu erhöhen, wurde die Kontaktstelle daher auch in zahlreichen internationalen "Newsletters" vorgestellt, bzw. auf Webseiten von Instituten und Organisationen als "link" aufgenommen.

Die Kontaktstelle ist inzwischen bei zahlreichen Einrichtungen und Organisationen registriert bzw. Mitglied und tauscht mit ihnen Informationen aus. Dazu gehören:

- Allianz der International Ausgerichteten Deutschen Agrarforschung AIDA
- Arbeitsgemeinschaft Tropische und Subtropische Agrarforschung ATSAF
- Asian Fisheries Society AFS

- Association of Southeast Asian Marine Scientists ASEAMS
- Caribbean Mariculture Network CMN
- Deutsche Gesellschaft für Meeresforschung DGM
- Deutsche Sektion der Intergovernmental Oceanographic Commission IOC
- Deutsche Sektion des Clearing House Mechanism der Convention on Biological Diversity CHM-CBD
- European Tropical Forest Research Network ETFERN
- International Center for Living Aquatic Resources Management ICLARM
- International Society for Mangrove Ecology ISME
- International Society for Reef Studies ISRS
- Network of Tropical Aquaculture and Fisheries Scientists NTAFS

Ein starker Anstieg der Webseitennutzung von zunächst einigen wenigen Seitenaufrufen, auf ca. 50 monatliche Seitenaufrufe in 1997, bis auf derzeit 200 monatliche Seitenaufrufe wurde festgestellt (bereinigte Zahlen; siehe Abb. 12). Parallel dazu sind die persönlichen Anfragen über e-mail auf ca. 10-15 Anfragen pro Woche gestiegen. Dies führt auch zu einer stärkeren Internationalisierung der Serviceleistungen der Kontaktstelle, weshalb sich der englische Name mit einer gängigen Abkürzung anbot.

Im Übergang zur zweiten Jahreshälfte 1999 wurde die Entwicklung eines Stufenplanes für die zukünftige Intensivierung der Zusammenarbeit mit Indonesien im Bereich der Meeresforschung begonnen.

In den letzten Monaten wurde vor allem mit GTZ, DAAD CDG und der EU ein intensiver Dialog geführt, aus dem sich mögliche gemeinsame Projekte abzeichnen.

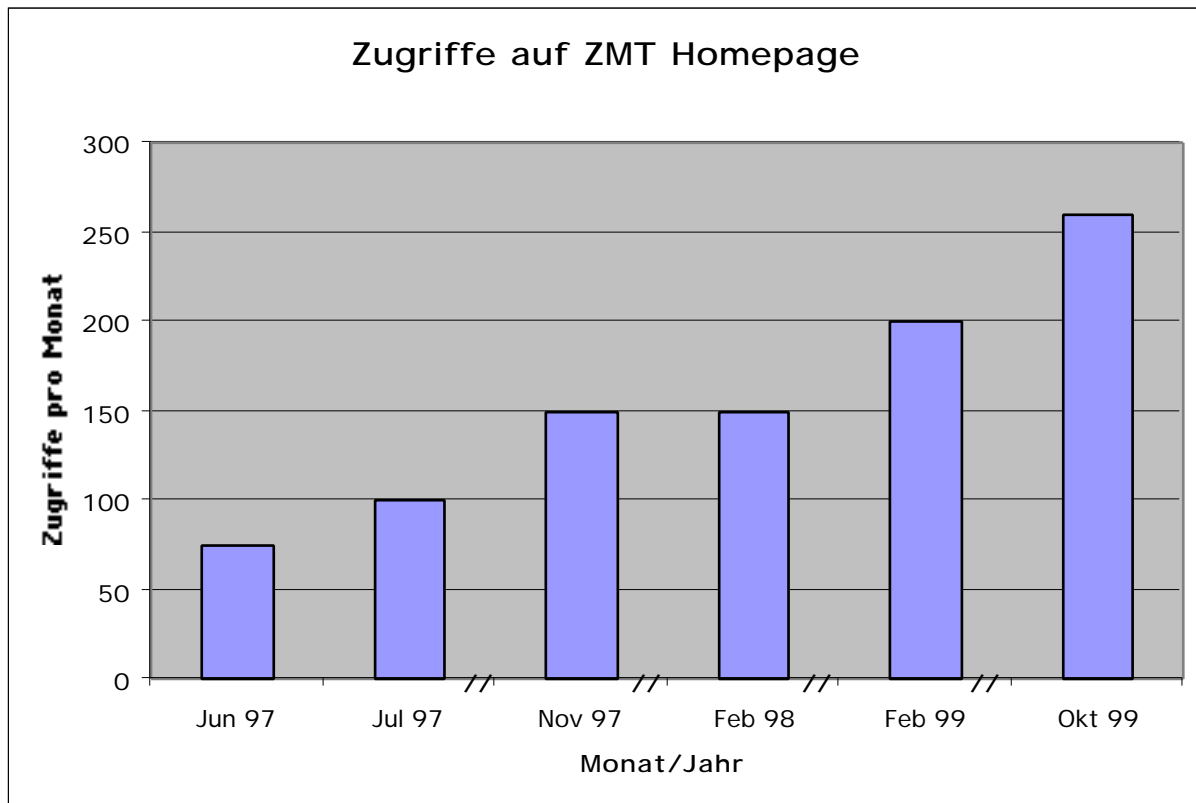


Abb. 12: Monatliche Zugriffe auf die ZMT-Homepage. Die Zahlen sind bereinigt, d.h. Suchmaschinenzugriffe und hausinterne Zugriffe wurden eliminiert. Die Erstellung eines Userprofils ist in Arbeit.

2.9 Literaturverzeichnis zum Ergebnisteil

- Baird, D., Ulanowicz, R.E.1993. Comparative study on the trophic structure, cycling and ecosystem properties of four tidal estuaries. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 99: 221-237.
- Power, J.M., Walker, D. (in Vorber.). A Spatial Data Management und Reporting System for Canada's West Coast Shellfish Program.
- Anderson, R. 1998: MIKE INFO Coast – An extension for coastal zone management. In Proceedings of ESRI User Conference.
- Diepenbroek, M., *et al.* 1998. PANGAEA information system for glaciological data management. *Annals of Glaciology* 27: 655-660.
- Berger, U., Krause, G. 1999. Ökonomische und ökologische Modellkonzeption: Integrationswerkzeug im MADAM (Mangrove Dynamics and Management) Projekt, Nordbrasilien. In: LOICZ-Report Integrierte Küstenmodellierung. Im Druck.
- Berger, U., Glaser, M., Koch, B., Krause, G., Lara, R., Saint-Paul, U., Schories, D., Wolff, M. 1999. An integrated approach to mangrove dynamics and management. *Journal of Coastal Conservation* 5: 125-134.

- Burns, B.R., Ogden, J. 1985. The Demography of the Temperate Mangrove *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. at its Southern Limit in New Zealand. *Australian Journal of Ecology* 10: 125-133.
- Chen, R., Twilley, R.R. 1998. A gap dynamic model of mangrove forest development along gradients of soil salinity and nutrient resources. *Journal of Ecology* 86: 37-51.
- Christensen, V., Pauly, D. (Hrsg.), 1993. Trophic models of aquatic ecosystems. ICLARM Con. Proc., no. 26. 390 pp.
- Clarke, P.J. 1995. The population dynamics of the mangrove *Avicennia marina*; demographic synthesis and predictive modelling. *Hydrobiologia* 295: 83-88.
- Glaser, M. 1997. Economy, Ecosystem and Society: Mangroves and People in the Caeté Bay, North Brazil. In: Annual Conference Development Studies Association, University of East Anglia, Norwich, U.K.
- Henkel, K. 1987. Agrarräumliche Entwicklungen im östlichen Pará (Amazonien) unter besonderer Berücksichtigung kleinbäuerlicher Landwirtschaft.- In: Kohlhepp, G. (Hrsg.): Brasilien - Beiträge zur regionalen Struktur- und Entwicklungsforschung. Geographisches Institut der Universität Tübingen. Tübinger Geogr. Studien – Tübinger Beiträge zur Geographischen Lateinamerika-Forschung, Heft 1, 255-274.
- Krause, G, Glaser, M. Soares, C., Torres, D., Blandtt, N., Cunha, F.D. 1999. Patterns of Erosion and Patterns of Socio-Economic Risk. In: Manejo e Dinâmica de Áreas de Manguezais - Resultados principais da primeira fase. 5° Workshop do Programa MADAM.
- Lugo, A.E., Sell, M. and Snedaker, S.C. 1976. Mangrove ecosystem analysis. In: B.C. Pattern (Hrsg.), System analysis and simulation in ecology, Academic Press, New York, pp. 113-145.
- Menezes, M. 1998. Comparação dos diferentes tipos de bosques de mangue da estrada Bragança-Ajuruteua (Pa). 26 pp.
- Pernetta, J. 1993. Mangrove Forests, Climate Change and Sea Level Rise – Hydrological Influences on Community Structure and Survival, with examples from the Indo-West Pacific. IUCN S. 46. Gland.
- Rutledge, R.W., Bacore, B.L. & Mulholland, R.J. 1976. Ecological stability: an information theory viewpoint. *J. Theor. Biol.* 5: 355-371.
- Souza Filho, P.W.M. 1995. Planície costeira Bragantina (NE do Pará): Influência das variações do nível do mar na morfoestratigrafia costeira durante o Holoceno. Unveröff. M.Sc. thesis, Universidade Federal do Pará. Belém, 123 pp.
- Souza Filho, P.W.M. & El-Robrini, M. 1997. A influência da variação do nível do mar na sedimentação da Planície Costeira Bragantina durante o Holoceno. In: Costa, M. & Angélica, R. (Hrsg.): Contribuições à Geologia da Amazônia. Belém (FINEP).
- Ulanowicz, R.E. 1986. Growth and Development: Ecosystems Phenomenology. Springer Verlag, New York.
- Ulanowicz, R.E. 1997. Ecology, the ascendent perspective. Complexity in Ecological Systems Series, Columbia University Press, New York.

2.10 Die erfolgten und geplanten Veröffentlichungen aus der 1. Projektphase

2.10.1 REZENSIERTE ZEITSCHRIFTENARTIKEL (VERÖFFENTLICHT & IM DRUCK BEFINDLICH)

- Barletta, M., Barletta-Bergan, A., Saint-Paul, U. 1998. Description of the fishery structure in the mangrove dominated region of Bragança (State of Pará, North Brazil). *Ecotropica* 4: 41-53. (contribution #5)
- Barletta, M., Saint-Paul, U., Barletta-Bergan, A. 1999a. The use of an ichthyotoxic plant in artisanal coastal cutuc (*Myrophis punctatus*, Lütken - Ophichthidae) fisheries along the north Brazilian coast. *Ecotropica* 5: 83-86 (contribution #7).
- Barletta, M., Saint-Paul, U.; Barletta-Bergan, A.; Ekau, W.; Schories, D. 1999b. Spatial and temporal distribution of *Myrophis punctatus* and associated fish fauna in North Brazilian intertidal mangrove forest. *Hydrobiologia*. (im Druck). (contribution #14).
- Berger, U., Glaser, M. 1998. Unwissenheit und Risiko beim Management von Mangrovegebieten am Beispiel der Halbinsel von Bragança an der Küste von Nord-Ost Pará, Brasilien. In: Mathes, K., Breckling, B., Ekschmitt, K. (Hrsg.). *Systemtheorie in der Ökologie*. ECOMED, Reine Naturwissenschaften (im Druck).
- Berger, U., Glaser, M., Koch, B., Krause, G., Lara, R.J., Saint-Paul, U., Schories, D., Wolff, M. 1999. An integrated approach to mangrove dynamics and management. *Journal of Coastal Conservation* 5: 125-134.
- Camargo, M., Isaac, V.J. 1998. Population structure of the fish fauna in the estuarine area of Caeté River, Bragança Pará, Brazil. *Acta Scientiarum* 20(2): 171-177.
- Cohen, M.C.L., Lara, R.J., Ramos, dF.J.F., Dittmar T. 1998. Factors influencing the variability of Mg, Ca and K in waters of mangrove creek in Bragança, North Brazil. *Mangr. Salt Marshes*. 3: 9-15. (contribution #3)
- Glaser, M., Grasso, M. 1999. Fisheries of a mangrove estuary: Dynamics and dependencies between economy and ecosystem in the Caeté Bay, north-east Pará, Brazil. *Bol. Mus. Paraense Emílio Goeldi* (im Druck). (contribution #10)
- Isaac, V.J., Moura, U.S. 1999. Taxa de consumo alimentar de três populações de peixes do estuário do Rio Caeté, Bragança-PA, no litoral norte do Brasil. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, sér. Zool.*, Belém. (im Druck). (contribution #17).
- Lara, R.J., Dittmar T. 1999. Nutrient dynamics in a mangrove creek (North Brazil) during the dry season. *Mangr. Salt Marshes* 3: 185-195. (contribution #12)
- Schories, D., Mehlig, U. 1999. CO₂ gas exchange of benthic microalgae during exposition to air: a technique for the rapid assessment of primary production. *Mangr. Salt Marshes* 79: 1-8.
- Szlafsztein, C., Lara, R., Cohen, M. 1999. Coastal Management: some studies of the past and present of the Bragança region (Pará, Brazil). The MADAM project. *Journal of International Environmental Creation* (im Druck).
- Schwamborn, R., Saint-Paul, U. 1996: Mangroves, forgotten forests? *Natural Resources and Development* 43/44: 13-36.
- Thüllen, N., Berger, U., 1999. Comparative examination of environmental factors at patchy mangrove seedling stands at the peninsula of Bragança, Northern Brazil. *Ecotropica*. (Im Druck).

2.10.2 EINGEREICHTE VERÖFFENTLICHUNGEN

- Berger, U., Hildenbrandt, H. A new approach to spatially explicit modelling of forest dynamics: spacing, ageing and neighbourhood competition of mangrove trees. *Ecol. Model.*
- Cohen, M., Lara, R.J., Szlafsztein, C.F., Dittmar, T. Mangrove inundation and nutrient dynamics under a GIS perspective. *Mangr. Salt Marshes.*
- Dittmar, T., Lara, R.J. Driving forces behind nutrient and organic matter dynamics in a mangrove tidal creek in north Brazil. *Estuaries.*
- Dittmar, T., Lara, R.J., Kattner, G. River or mangrove? Tracing major organic matter sources in coastal waters south of the Amazon river. *Marine Chemistry.*
- Schories, D., Barletta-Bergan, A., Barletta, M., Krumme, U., Mehlig, U., Rademaker, V., Santos, N. Recent organic material fluxes in a North Brazilian Mangrove forest (Bragança, Pará) and possible changes within the next future. *Mangroves and Salt Marshes.*
- Schories, D., Kadler, S., Meeßen, I., Mehlig, U. Phytoplankton, chlorophyll a and seston variabilities in a small mangrove tidal creek near Bragança (PA, North Brazil). *Mangroves and Salt Marshes.* (contribution #18).
- Wolff, M., Koch, V., Isaac, V. A trophic flow model of the Caeté mangrove estuary (North Brazil) with considerations for the sustainable use of its resources. *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences.*

2.10.3 SONSTIGE VERÖFFENTLICHUNGEN (VERÖFFENTLICHT & IM DRUCK BEFINDLICH)

- Berger, U., Krause, G. 1999: Economic and ecological modelling: Integrative tool within the MADAM (Mangrove Dynamics and Management) Project, NE-Brazil. LOICZ-Report, Integrierte Küstenmodellierung. (im Druck). (contribution #8)
- Berger, U., Glaser, M., Koch, B., Krause, G., Lara, R.J., Saint-Paul, U., Schories, D., Wolff, M. 1998. MADAM – Forschungskonzept eines deutsch/brasilianischen Verbundprojekts im Mangrovegebiet Nordbrasilien. *Mitteil. Deutsche Gesell. Meeresf.* 2: 20-25. (contribution #4)
- Glaser, M. 1999. The Mangrove Dynamics and Management (MADAM) Research Project: a multidisciplinary training approach. In: *Building Marine Research Capacity in Tropical Countries. Proceedings of MARUM Workshop on Tropical Marine and Coastal Research 14-15 January 1999, 70-73* (Bremen).
- Glaser, M., Berger, U. 1999. Social objectives in the model-based evaluation of natural resource management options. In: Horsch, H., Messner, F., Kabisch, S., Rode, M. (Hrsg.). *Flußeingzugsgebietmanagement und Sozioökonomie: Konfliktbewertung und Lösungsansätze.* UFZ Bericht 30, Leipzig: 99-110. (contribution #17)
- Glaser, M., Berger, U., 1999. How to including social dynamics: Towards a conceptual approach to the comprehensive modelling of natural resource management options. In: *Proc. Sustainable Landuse Management, the challenge to ecosystem protection*, Ecology Center, University of Kiel, pp. 49-62.
- Glaser, M., Grasso, M. 1999. Multiple assessment methodologies for the economic valuation of an ecosystem and implications for management: The example of Caeté Bay mangroves, Pará state, north Brazil. *Intercoast, Rhode Island* (im Druck). (contribution #9)
- Isaac, V., Braga, T.M.P. 1999. Rejeição de pescado nas pescarias da costa norte do Brasil. *Revista do LABOMAR, Fortaleza.* (im Druck). (contribution #15)

- Isaac, V.J., Ferreira, W.B. 1998. Peixes do estuário do rio Caeté, Bragança, PA. Pará Pesca, Belém, 3(12): 12-13.
- Isaac, V.J. 1999. The use of Amazon fish biodiversity. Conference: Sustainable Use of Aquatic Biodiversity. EXPO'98, 3-5 September, Lisbon, Portugal. (contribution #16).
- Koch, B., Krause, G. 1998: Interdisciplinary research in the MADAM-Project - Report on the third annual workshop. Intercoast Network 30: 21-22. (contribution #6)
- Koch, B. 1997. Entwurf der MADAM-Datenbank. DGM Mitteilungen 1-2: 45-47. (contribution #2)
- Krause, G. 1998: Der geographische Ansatz innerhalb eines managementorientierten Ökosystemforschungsprojektes in NE-Brasilien (MADAM). Marburger Geographische Schriften. (im Druck).
- Krause, G., Koch, B., Szlafsztein, C. 1998. GIS-Application in the MADAM Project (NE Brazil). Proceedings of the GISPlaNet Conference, Lisbon.
- Lara, R.J., Berger, U., Cohen, M.C.L. 1999. Mangrove degradation by sand deposition in Bragança, North Brazil. Brazilian Proc. Association for Quaternary Studies' Congress. Oct. 3-9, 1999. Porto Seguro, Brazil.
- Saint-Paul, U., de Mello, C.F. 1997: MADAM - An integrated project on mangrove research in North Brazil. Proc. VII COLACMAR, IO/USP, São Paulo, Vol 2: 376-378. (contribution #1)
- Saint-Paul, U., Schneider, H. 1998. MADAM. The approach of an integrated project on mangrove dynamics and management. S. 565-570. In: Lieberei, R.; Voß, K.; Bianchi, H. (eds.). Proc. 3rd SHIFT-Workshop Manaus, March 15-19, 1998. BMBF, Bonn. 626 pp. (contribution #13)

2.10.4 KONGREß- UND WORKSHOP PRÄSENTATIONEN

- Braga, T.M.P., Silva, L.M.A., Isaac, V.J. 1998. Biologia e pesca dos estoques de camarões da região estuarina e costeira do Rio Caeté, Bragança-PA. 4º Congresso de Ecologia do Brasil. Ecosistema: com enfoque no contexto de seus componentes básicos" FCAP, 4-9.10.98, Belém, Pará, Brasil.
- Camargo, Z.M.; Espirito Santo, R.V., Isaac, V.J. 1999. Distribuição espaço-temporal da comunidade de peixes no sistema estuarino do rio Caeté. XIII Encontro Brasileiro de Ictiologia, 22 a 26 de fevereiro de 1999, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos -SP.
- Espirito Santo, R.V.; Camargo, Z.M., Isaac, V.J. 1999. Biodiversidade íctica do estuário do rio Caeté (Bragança-PA). XIII Encontro Brasileiro de Ictiologia, 22 a 26 de fevereiro de 1999, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos -SP.
- Espirito Santo, R.V., Isaac, V.J. 1997. Alimentação e aspectos da reprodução da uricica *Cathorops spixii* (Agassiz, 1829) (Pisces, Ariidae, Siluriformes), no estuário do Rio Caeté (município de Bragança-PA). 3º Workshop Internacional: Dinâmica e Recomendações para Manejo em Áreas de Manguezais de Bragança-PA. Programa MADAM, UFPA/MPEG/ZMT, Belém, 11-12.11.97, p 13-14.
- Glaser, M. 1999. Sustainable objectives and target conflicts in the management of *Ucides cordatus*. Brazilian-German Workshop on Environment and Technology. Rio de Janeiro, März.
- Isaac, V.J., Camargo, Z.M. 1998. Biologia e Estrutura das Populações de Peixes da Família Sciaenidae (Piscis Perciformes), no Estuário do rio Caeté. Município de Bragança,

- Estado do Pará, Brasil. XXII Congresso Brasileiro de Zoologia, Recife-PE, de 08 a 13 de fevereiro de 1998.
- Isaac, V.J., Braga, T.M.P. 1999. Revisão da situação do desperdício da fauna acompanhante nas pescarias da região norte do Brasil. XIII Encontro Brasileiro de Ictiologia, 22 a 26 de fevereiro de 1999, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos -SP.
- Isaac, V.J., Ferreira, W.B. 1997. Estrutura em comprimento de algumas espécies de peixes do estuário do Rio Caeté, Bragança, PA: Resultados Preliminares. 3° Workshop Internacional: Dinâmica e Recomendações para Manejo em Áreas de Manguezais de Bragança-PA. Programa MADAM, UFPA/MPEG/ZMT, Belém, 11-12.11.97. p. 17-19.
- Isaac, V.J., Moura, U.S. 1997. Estimativas da taxa de consumo: uma contribuição à construção de um modelo trófico de energia. 3° Workshop Internacional: Dinâmica e Recomendações para Manejo em Áreas de Manguezais de Bragança-PA. Programa MADAM, UFPA/MPEG/ZMT, Belém, 11-12.11.97. p 99.
- Krause, G., Glaser, M., Berger, U. 1999. Modellbildung für das Mangrovensystemmanagement - Konzeptentwicklung im MADAM Projekt. Deutscher Geographentag Küsten und Meere, Mai 1999, Bremen.
- Peres, A.C., Schoerries, D., Isaac, V.J. 1997. Aspectos ecológicos do macrozooplâncton do estuário do Rio Caeté, Furo do Chato, Bragança, PA, Brasil. 3° Workshop Internacional: Dinâmica e Recomendações para Manejo em Áreas de Manguezais de Bragança-PA. Programa MADAM, UFPA/MPEG/ZMT, Belém, 11-12.11.97. p. 15-16.
- Rodrigues, L. M., Isaac, V.J. 1998. Estrutura etária da uricica amarela *Cathorops spixii* (Agassiz, 1829) no estuário do rio Caeté - Município de Bragança-Pa. 4° Congresso de Ecologia do Brasil. Ecossistema: com enfoque no contexto de seus componentes básicos" FCAP, 4-9.10.98, Belém, Pará, Brasil.
- Saint-Paul, U. 1994. Integrated Coastal Zone Management, IOW/ZMT, Warnemünde, Juni: "Was hat der mittlere Amazonas mit der Mangrove gemein?".
- Saint-Paul, U. 1995. Wittheit zu Bremen, März: "Überschwemmungen - Fluch oder Segen tropischer Ökosysteme".
- Saint-Paul, U. 1995. Second LOICZ Open Science Meeting: The Dynamics of Global Change, and the Coastal Zone. Manila, Philippinen, April 1995.
- Saint-Paul, U. 1995. Verein für Aquarien- und Terrarienfrenunde e.V. zu Hamburg, Mai: "Ökologische Bedeutung von Überschwemmungsgebieten".
- Saint-Paul, U. 1995. Europazentrum und Institut für Wissenschaftliche Zusammenarbeit mit Entwicklungsländern, Tübingen, September: "Die Mangrove, der vergessene Wald".
- Saint-Paul, U. 1995. Robin Wood, Bremen, November: "Mangrovenzerstörung durch Garnelenzucht".
- Saint-Paul, U. 1995. LOICZ, Warnemünde, November: "LOICZ-relevante Forschungsvorhaben des ZMT".
- Saint-Paul, U. 1995. UFPA, Brasilien, November: "Estudos da dinâmica e potencial da biodiversidade de manguezais, dentro da cooperação Brasil/Alemanha".
- Saint-Paul, U. 1996. 5. Wissenschaftliches Symposium Ökosystemforschung Wattenmeer, Oldenburg, Februar: "Zwischen Land und Meer: Die Mangrove, der vergessene Wald".
- Saint-Paul, U. 1997. LOICZ Focus 4 Workshop, GKSS Geesthacht, Juni: "Human activities in the mangroves of Bragança, Brazil (MADAM project)".
- Saint-Paul, U. 1997. VII COLACMAR, Congresso Latino-Americano sobre Ciências do Mar, Santos, September: "MADAM - An integrated project on mangrove research in North Brazil".

- Saint-Paul, U. 1997. Meeresforschung 2000 Oceanography, Hamburg, Oktober: "MADAM, an approach to an integrated project on mangrove research in North Brazil".
- Saint-Paul, U. 1997. Trans-Disciplinary Euroconference on Coastal Management Research, San Feliu de Guixols, Spanien, Dezember: "MADAM, the approach to an integrated project on Mangrove Dynamics and Management".
- Saint-Paul, U. 1998. Kolloquium, Stuttgart Hohenheim, Januar: "Mangrovenzerstörung durch Garnelenzucht? Perspektiven für die zukünftige Aquakulturentwicklung."
- Saint-Paul, U. 1998. Interdisziplinärer Lehrgang für höhere Lateinamerika-Studien des Österreichischen Lateinamerikainstitut, Wien, April: "Aktuelle marinbiologische und limnologische Forschungen in Lateinamerika".
- Saint-Paul, U. 1998. 8. Symposium Aktuelle Probleme der Meeresumwelt, BSH/UBA, Hamburg, Juni: "Mangroven, vergessener Lebensraum".
- Saint-Paul, U. 1998. V Encontro Nacional de Educação Ambiental em Áreas de Manguezais, Bragança, September: "O programa MADAM: Dinâmica e recomendações para manejo em áreas de manguezal".
- Saint-Paul, U. 1999. Umweltausstellung der Telekom, Köln, Juni: "Die Mangrove, der vergessene Wald".
- Saint-Paul, U. 1999. 15th Biennial International Conference Estuarine Research Federation 99, New Orleans, September: „MADAM – The approach of an integrated project on mangrove dynamics and management“.
- Silva, L.M.A., Isaac, V.J. 1997. Ocorrência e estrutura das populações de camarões (Crustacea, Decapoda), no estuário do Rio Caeté, município de Bragança-Pa, Brasil. 3º Workshop Internacional: Dinâmica e Recomendações para Manejo em Áreas de Manguezais de Bragança-PA. Programa MADAM, UFPA/MPEG/ZMT, Belém, 11-12.11.97. p. 11-12.
- Zorro, M.C., Isaac, V.J. 1997. Biologia e estrutura das populações de peixes da família Sciaenidae (Piscis, Perciformes), no estuário do Rio Caeté, município de Bragança, Para, Brasil. 3º Workshop Internacional: Dinâmica e Recomendações para Manejo em Áreas de Manguezais de Bragança-PA. Programa MADAM, UFPA/MPEG/ZMT, Belém, 11-12.11.97. p. 7-8.
- Zorro, M.C., Isaac, V.J. 1997. Population structure of the fish fauna in the estuarine area of the Caeté River, Bragança municipality, State of Pará. International Symposium on Tropical Fish Biology, Manaus, Brazil, October, 1997. Trabalho #66.
- Zorro, M.C., Isaac, V.J. 1998. Determinação quantitativa dos conteúdos estomacais de alguns Sciaenidae do estuário do rio Caeté, município de Bragança, estado de Pará, Brasil. XXII Congresso Brasileiro de Zoologia, Recife-PE, 08-13 de fevereiro, 1998.

2.10.5 DOKTORARBEITEN

- Barletta, M. 1999: Seasonal changes of density, biomass and species composition of fishes in different habitats of the Caeté estuary (North Brazil Coast – East Amazon). PhD thesis, Univ. Bremen. 206 S.
- Barletta-Bergan, A. 1999: Structure and seasonal dynamics of larval and juvenile fish in the mangrove-fringed estuary of the Rio Caeté in North Brazil. PhD thesis, Univ. Bremen. 220 S.
- Diele, K. 1999: Populationsbiologie, Fischerei und ökologische Bedeutung von Landkrabben im Mangrovegebiet von Bragança. PhD thesis, Univ. Bremen.

- Dittmar, T. 1999: Outwelling of organic matter and nutrients from a mangrove in north Brazil: Evidence from organic tracers and flux measurements. PhD thesis, Univ. Bremen. 229 S.
- Koch, V. 1999: Epibenthic production and energy flow in the Caeté mangrove estuary, North Brazil. PhD thesis, Univ. Bremen. S pp
- Mehlig, U. 2000: Variabilität von Primärproduktionsleistungen von Baum- und Straucharten der Mangrove von Bragança. PhD thesis, Univ. Bremen.

2.10.6 DIPLOMARBEITEN

- Camargo, M.Z. 1999. Biologia e estrutura populacional das espécies da família Sciaenidae (Piscis: Perciformes), no estuário do rio Caeté, município de Bragança, Pará, Brasil. Dissertação de Mestrado em Zoologia UFPA-MPEG. Belém-PA. 84 pp.
- Dummermuth, A. 1997: Primärproduktion des Phytoplanktons und des Mikrophytobenthos in einer nordbrasilianischen Mangrove (Bragança, Pará). MSc thesis Univ. Bremen.
- Keuthen, H. 1998: Vergleichende Untersuchungen zwischen einer pelagisch und einer benthisch lebenden Fischart. MSc thesis Univ. Hamburg.
- Koch, B. 1997: Konzeption und Abgleich der Projektdatenbank für das ökosystemare Forschungsvorhaben „Mangrove Dynamics and Management“. Univ. Oldenburg. 111 pp.
- Krumme, U. 1999: Gezeiteninduziertes Migrationsverhalten von Fischen zwischen Mangrove und Priel. Univ. Kiel.
- Lampert, Ch. 1999: Studies on the decomposition of mangrove wood within the Caeté estuary, Northern Brazil: the role of teredinid molluscs (shipworms).
- Peres, A. C. 1999. A comunidade zooplancônica em um canal de maré no estuário do Rio Caeté, Bragança (Pará, Brasil). Dissertação de Mestrado em Zoologia UFPA-MPEG. Belém-PA. 121pp.
- Rademaker, V. 1998: Ernährungsökologie, Habitatbeschreibung und Populationsstruktur der Mangrovenkrabbe *U. cordatus*, (Linnaeus, 1763) im Caeté-Mangrovenästuar, Nordostbrasilien. Univ. Bremen.
- Reise, A. 1999: Untersuchungen zum Streufall und Streuumsatz als Basis zur Charakterisierung des Stoffflusses in verschieden strukturierten Mangrovenwäldern Braganças/Nordostbrasilien. Univ. Bremen. 80 pp.
- Schaub, Chr. 1999: Reusenfischerei (MADAM). Univ. Bremen.
- Schwendemann, L. 1998: Tidal and Seasonal Variations of Soil and Water Properties in a Brazilian Mangrove Ecosystem. Univ. Karlsruhe.
- Thüllen, N. 1997: Waldstruktur eines Mangrovenwaldes in Bragança, Nord-Ost Brasilien: Eine Bestandsaufnahme und ein Experiment bzw. eine Standortanalyse an Keimlingen. Univ. Bremen. 102 pp.
- Werner, U. 1999: Räumliche Verteilung und Primärproduktion des Phytoplanktons in einem Gezeitenkanal einer Mangrove Nordbrasilien (Bragança, Pará). Univ. Bremen. 108 pp.
- Wessel, L. 1999: Untersuchungen zur räumliche Verbreitung bodenlebender Landkrabben (Ocypodidae) in der Mangrove von Bragança, Pará, Brasilien. Univ. Bonn. 74 pp.

2.10.7 BSC ARBEITEN

- Brito Rodrigues, K. 1999. Topographie des Mangrovenwaldes nahe der Brachflächen bei Bragança.
- Rocha da Silva, A. 1999. Topographie der Brachflächen innerhalb des Mangrovengürtels bei Bragança.
- Magalhães, A.P. 1998. Aspectos ecológicos do macrozooplâncton do estuário do rio Caeté, Bragança (Pará, Brazil). Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará. Bacharelado.
- Moura, U. de S. 1997. O aspect ratio de algumas espécies de peixes do estuário do Rio Caeté: Uma contribuição à construção de um modelo trófico de energia. Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará. Licenciatura.
- Santo, R. V. de E. 1997 Alimentação e aspectos das reprodução da uricica *Cathorops spixii*, (Piscis, Siluriformes, Ariidae), no estuário do rio Caeté (Município de Bragança-PA). Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará. Bacharelado.
- Silva, L.M.A. da. 1997. Estrutura dos camarões da família Penaeidae (Crustacea Decapoda), no estuário do Rio Caeté–Município de Bragança–PA. Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará. Bacharelado.