

# GLOBEC Germany 1

## Abschlußbericht

Koordinator:  
Dr. Jürgen Alheit

Förderkennzeichen:  
03F0320

Vorhabenbezeichnung:

Projekt: **GLOBEC 1**

Vorhaben: **Trophische Wechselwirkungen zwischen Zooplankton und Fischen unter dem Einfluss physikalischer Prozesse**

Laufzeit des Vorhabens:

01.01.2002 – 28.02.2005

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie unter dem Förderkennzeichen 03F0320 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei den Autoren.

Institut für Ostseeforschung  
Seestr. 15  
18119 Warnemünde  
Tel.: 0381-5197 208  
email: [juergen.alheit@io-warnemuende](mailto:juergen.alheit@io-warnemuende)

**Kurztitel:** Ost- und Nordsee GLOBEC

**Koordinator:** Dr. Jürgen Alheit  
Institut für Ostseeforschung  
Seestr. 15  
18119 Warnemünde

Tel.: 0381-5197 208  
Fax: 0381-5197 440  
e-mail: [juergen.alheit@io-warnemuende.de](mailto:juergen.alheit@io-warnemuende.de)

**Stellvertreter:** Prof. Dr. Axel Temming  
Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft  
Olbersweg 24  
22767 Hamburg

Tel.: 040-42838 6620  
Fax: 040-42838 6618  
e-mail: [atemming@uni-hamburg.de](mailto:atemming@uni-hamburg.de)

**Verbund:** Institut für Ostseeforschung, Warnemünde  
Leibniz Institut für Meereswissenschaften an der Universität Kiel  
Institut für Hydrobiologie u. Fischereiwissenschaft, Universität Hamburg  
Institut für Meereskunde, Universität Hamburg  
Marine Zoologie (FB2), Universität Bremen  
Alfred-Wegener-Institut für Polar- u. Meeresforschung, Bremerhaven

**Kooperationspartner außerhalb des Verbundes:**

Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg u. Rostock  
Dänisches Fischereiinstitut  
Nationale GLOBEC-Projekte anderer Länder

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Aufgabenstellung	4
2 Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde	4
3 Planung und Ablauf des Vorhabens	4
4 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde	5
5 Erzielte Ergebnisse und Projektstand	5
6 Voraussichtlicher Nutzen	10
7 Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen	12
8 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen	12

### Anlagen

Anlage 1: Erfolgskontrollbericht

Anlage 2: Berichte der Teilprojekte

Anlage 3: Highlights der 1. GLOBEC-Phase

Anlage 4: Liste der Veröffentlichungen, Poster und Vorträge

Anlage 5: Kopien der Veröffentlichungen, Poster und Vorträge

## **1 Aufgabenstellung**

Ziel des Vorhabens ist ein besseres Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Zooplankton und Fischen unter dem Einfluss physikalischer Prozesse, um damit die prinzipiellen Mechanismen zu erklären, die die hohe Variabilität im Reproduktionserfolg der Fische und in der Produktion der Copepoden bewirken. Dieses Wissen soll die Basis für strategische Modellierungen des Rekrutierungserfolges von Fischen bilden. Dieses übergeordnete Ziel wird in drei eng miteinander vernetzten FOCl aufgegriffen, aus denen heraus dann feiner aufgelöste wissenschaftliche Arbeitsziele formuliert werden.

## **2 Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde**

Die Partner des Verbundes haben ihre jeweiligen unterschiedlichen Expertisen in dem Vorhaben gepoolt. Die einzelnen Teilprojekte waren eng miteinander verzahnt und haben in kontinuierlicher wissenschaftlicher Kommunikation untereinander die Projektziele verfolgt, um den Projekterfolg zu maximieren. Das Vorhaben ist der deutsche Beitrag zum internationalen IGBP-Programm „GLOBEC“ und ist mit dem „Scientific Steering Committee“ von GLOBEC abgestimmt.

## **3 Planung und Ablauf des Vorhabens**

Das Vorhaben wurde vom Koordinator (Dr. Jürgen Alheit; Stellv. Prof. Axel Temming) in Absprache mit den Teilprojektleitern geleitet.

Zwischenberichte wurden am Ende der ersten beiden Projektjahre erstellt. Nach dem 2. Jahr wurde ein Statusseminar durchgeführt.

Die folgenden Service-Leistungen wurden für den gesamten Verbund erbracht:

- Das Datenmanagement wurde von TP 11 durchgeführt.
- Sämtliche Zooplankton- und Fischmagenproben wurden von TP 2 verwaltet. Der größte Teil dieser Proben wurde zentral zum Sortieren an ausländische Auftragnehmer gesandt.
- Sämtliche Ichthyoplanktonproben wurden von TP 1 verwaltet.
- Für ozeanographische Untersuchungen wurde ein ScanFish erworben, der allen Teilprojekten für Felduntersuchungen zur Verfügung stand. Die notwendigen Gelder wurden von Teilprojekt 3 eingeworben. Die Wartung des ScanFish und die Ausbildung an diesem Gerät übernahm Teilprojekt 3.
- Die Logistik der Seereisen, d.h. Beantragung von Schiffszeit, Koordination, Vorbereitung, Ausrüstung und Wartung der seegängigen Geräte lag bei Teilprojekt 1.

Das Vorhaben war von Beginn an für zwei Zuwendungsperioden geplant. Um den Gesamttablauf so effizient wie möglich zu gestalten, wurden die arbeits- und zeitaufwendigen Seereisen in den Jahren 2002 – 2005 durchgeführt (Anzahl der Seetage: 2002 – 234; 2003 – 187; 2004 – 172). Die Arbeiten zur Publikation der Ergebnisse werden schwerpunktmäßig in 2006 und die Synthese des Vorhabens, einschließlich eines internationalen Symposiums, in 2007 erfolgen.

#### **4 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde**

Der Stand der Forschung zu Projektbeginn ist dem Leitantrag zu entnehmen.

#### **5 Erzielte Ergebnisse und Projektstand**

##### **Ziele**

**Das Gesamtziel des Vorhabens ist die Aufklärung der trophischen Wechselwirkungen zwischen Zooplankton und Fischen unter dem Einfluß physikalischer Prozesse im Hinblick auf ein Verständnis der Variabilität im Reproduktionserfolg der Fische.**

Dieses übergeordnete Ziel wird in drei eng miteinander vernetzten Foci aufgegriffen:

- **Focus 1: Wechselwirkungen zwischen planktivoren Fischbeständen und Zooplankton unter dem Einfluß physikalischer Prozesse**
- **Focus 2: Zooplanktonpopulationsdynamik in Verbindung mit Phytoplankton und physikalischen Prozessen**
- **Focus 3: Modellierung der (intra- und interannuellen) Interaktionen der verschiedenen trophodynamischen Prozesse zwischen Zooplankton und Fischlarven unter dem Einfluß der physikalischen Prozesse Advektion und Diffusion.**

Die Ziele werden in einem dreigliedrigen Ansatz verfolgt, wobei die Ergebnisse intensiver Feldkampagnen auf See, die durch Daten aus Feld- und Laborexperimente ergänzt werden, in eine Gruppe aufeinander aufbauender Modelle münden, die die Dynamik der Ökosysteme in Ost- und Nordsee genauer beschreiben sollen. Dabei geht es insbesondere um eine möglichst realistische Modellierung der zeitlichen und räumlichen Variabilität der Verfügbarkeit des Zooplanktons als Nahrung für Fischlarven. Diese „Nahrungsfelder“ sollen dann in die Individuen-basierte Modellierung (IBM) von Fischlarven eingehen. Die mit physikalischen Zirkulationsmodellen gekoppelten IBMs stellen die Auswirkungen unterschiedlicher Nahrungsverfügbarkeit für die Fischlarven, sowie den Einfluss variabler physikalischer Antriebsbedingungen auf das Wachstum und das Überleben planktivorer Entwicklungsstadien von Fischen dar. Feld- und Laboruntersuchungen sollen dabei das zur Modellierung notwendige Wissen über die Lebensgeschichte und Abhängigkeiten von der biotischen und abiotischen Umgebung liefern. Die wichtigsten Projektergebnisse werden im Hinblick auf die projektabschließende Modellierung (2007) im Folgenden zusammengefaßt. Detailliertere Ergebnisse sind in den Anlagen beschrieben:

- Ergebnisse der 11 Teilprojekte (Anlage 2)
- Highlights der 1. GLOBEC-Phase (Anlage 3)
- Zusammenstellung von Publikationen, Manuskripten, Examensarbeiten, Postern und PowerPoint-Darstellungen von Vorträgen (Anlage 4)

##### **Einfluß der Klimavariabilität auf Ostsee und Nordsee**

Die Untersuchung physikalischer und biologischer Langzeit-Datenreihen aus Ostsee und Nordsee zeigte, daß es Ende der achtziger Jahre einen Regimewechsel (regime shift) in der Ostsee gegeben hatte, der in Zusammenhang mit der Dynamik der Nordatlantischen Oszillation (NAO) stand, deren Index zu dieser Zeit von einer negativen zu einer vorwiegend positiven Phase überwechselte. Der dadurch verursachte erhebliche Temperaturanstieg im Bornholmbecken führte zu dramatischen Änderungen im Pelagial, nicht nur in der Zentralen Ostsee, sondern auch in der Nordsee. Die Biomasse des Phytoplanktons nahm zu und die

Wachstumsperioden des Phytoplanktons verlängerten sich. Die Zusammensetzungen der Phyto- und Zooplanktongemeinschaften änderten sich erheblich. Die Abundanz der Dinoflagellaten nahm zu, die der Diatomeen nahm ab. Die Biomasse wichtiger Fischnährtiere (*T. longicornis* und *A. spp.*) stieg stark an und führte zu einer bisher nicht beobachteten hohen Sprottenproduktion in der Ostsee mit Rekordfangmengen. Die Untersuchungen des Projekts haben bereits jetzt zu einem erheblichen Verständnis der Kausalzusammenhänge (Sommereinströme von warmem, salzhaltigen Wasser; erhöhte Schlupfraten von Copepodendauereiern) zwischen physikalischem Antrieb durch das gekoppelte Ozean-Atmosphäresystem und der Reaktion der Phytoplankton-, Zooplankton- und Fischgemeinschaften in der Ostsee beigetragen. So führte der starke Sommereinstrom warmen Wassers in 2002 dazu, daß die Sprotte der Zentralen Ostsee im Winter ablaichte und ihren saisonalen Fortpflanzungsrhythmus völlig geändert hatte. Die warmen Wassertemperaturen der letzten Jahre in der Nordsee erlaubten es Sardinen und Sardellen, Arten, die seit den sechziger Jahren weiter südlich auftraten, regelmäßig in der Nordsee einzuwandern. Das GLOBEC-Projekt konnte erstmals nachweisen, daß Sardinen und Sardellen wieder in der Deutschen Bucht laichen. Die ökologischen Auswirkungen dieser klimatisch bedingten Änderungen in der Nordsee sind Gegenstand der Untersuchungen in der zweiten GLOBEC-Phase.

### **Zooplankton- / Ökosystemmodellierung**

#### *Relevante Ergebnisse der bisherigen Zooplanktonuntersuchungen:*

Die intensive Probennahme der drei Copepodenschlüsselarten (*Acartia* spp., *Temora longicornis* und *Pseudocalanus acuspes*) während der Feldphasen im Bornholmbecken in 2002 und 2003 hat wesentliche neue Erkenntnisse über die bestimmenden Faktoren der Populationsdynamik der Schlüsselarten erbracht. Die ersten Ergebnisse zeigen vor allem deutliche Unterschiede in der Habitatpräferenz und im saisonalen Lebenszyklus der Populationen. In der z. Zt. laufenden zweiten Projektphase werden diese neuen Erkenntnisse Eingang in die Modellierung finden und die Basis für die Entwicklung eines Mehrarten-Zooplankton-Populations-Modells bilden.

Die Untersuchungen ergaben vor allem deutliche Unterschiede in der Rekrutierung der Zielarten im Frühjahr und deren bestimmende Faktoren. Die Populationsdynamik von *T. longicornis* entspricht dabei offensichtlich am ehesten der in dem bisher bestehenden stadienauflösenden Copepodenmodell beschriebenen Modell-Art. *T. longicornis* scheint sich hauptsächlich über die „in-situ“-Eiproduktion in der Wassersäule zu rekrutieren. Die wesentlichen Steuerfaktoren ihrer Populationsdynamik im Frühjahr scheinen Temperatur und Abundanz der überwinterten Weibchen zu sein. Im Gegensatz dazu wurde für die beiden *Acartia*-Arten (*A. bifilosa* und *A. longiremis*) eine starke benthopelagische Kopplung in der Rekrutierung der ersten Frühjahrgeneration beobachtet. Anders als im bisherigen Modell vorgesehen, trägt die „in-situ“-Eiproduktion eines aktiv überwinterten, jedoch kleinen Bestandes nur geringfügig zur Besiedlung des Pelagials im Frühjahr bei. Beide Arten rekrutieren sich hingegen durch den Schlupf der im Sediment überwinterten Dauereier. Der Schlupferfolg der Eier im Sediment wird im Wesentlichen durch die Temperatur bestimmt

Wiederum deutliche Unterschiede zu *Acartia* spp. und *T. longicornis* zeigten sich in der Habitatpräferenz von *P. acuspes* und somit den steuernden Faktoren der Populationsdynamik. Im Gegensatz zu den anderen Zielarten überwintert *P. acuspes* hauptsächlich in den Copepoditstadien C4-5. Die im Februar/März herangereiften Adulten produzieren die erste Frühjahrgeneration und parallel zur Frühjahrsblüte wird ein Produktionsmaximum im April/Mai erreicht. Im weiteren Verlauf der Saison entwickelt sich dann eine Dominanz der Stadien C1-3 bevor der Überwinterungsbestand von C4-5 aufgebaut wird. Die beobachteten Unterschiede in Lebenszyklus und Habitatpräferenz der Zielarten haben bedeutende Konsequenzen bezüglich der die Populationsdynamik bestimmenden Faktoren, wie z.B. physikalische, hydrodynamische Prozesse oder komplexe

trophische Interaktionen („top-down“-Kontrolle). Neben den möglicherweise starken hydrographiebedingten Einflüssen auf die Rekrutierung der Arten im Frühjahr wurden auch habitatsbedingte Unterschiede in der „top-down“-Kontrolle der Zielarten festgestellt. Untersuchungen zum Prädationsdruck durch die dominierenden planktivoren Fischarten Hering und Sprotte deuten auf hohe Wegfraßsterblichkeiten von älteren Copepoditstadien (C4-5) und Adulten von *P. acuspes* im Frühjahr hin. Im Gegensatz dazu wurde nur ein geringer Frassdruck von adulten Fischen auf *Acartia* spp. und *T. longicornis* festgestellt.

#### *Konsequenzen für die Zooplankton- / Ökosystemmodellierung der Ostsee*

Die gekoppelte 3D-hydrodynamische Ökosystemmodellierung der Ostsee hat das Ziel, die Populationsdynamik der Schlüsselcopepodenarten abzubilden und realistische Nahrungsfelder (Nauplien) für die IBM-Modellierung von Sprottenlarven bereitzustellen. In der ersten Projektphase wurde zu diesem Zweck ein stadienauflösendes Modell für einen Copepoden entwickelt. Diese Modellkomponente ist in das drei-dimensionale Ökosystemmodell der Ostsee (ERGOM) integriert und ersetzt die für Simulationen von Stoffkreisläufen benutzte Bulk-Zooplanktonvariable. Das stadienauflösende Modell erlaubt die Beschreibung des Lebenszyklus einer Copepodenart und ist zur Zeit für eine Copepodenart parameterisiert, die in ihren Charakteristika *T. longicornis* am nächsten kommt. Erste Ergebnisse der Nahrungsstudien an Sprottlarven haben gezeigt, dass diese Copepodenart neben *Acartia* spp. die Hauptnahrung darstellt.

Die intensive Beprobung der drei Copepodenschlüsselarten *Acartia* spp., *T. longicornis* und *P. acuspes* im Bornholmbecken zeigte, wie oben beschrieben, deutliche Unterschiede im Lebenszyklus und dem damit assoziierten Habitat der Copepodenarten. Diese neuen Erkenntnisse ermöglichen nun eine signifikante Erweiterung des Ökosystem-/Copepodenmodells. Dabei wird der erste Schritt die Erweiterung des existierenden „Singlespecies“ in ein „Multispecies“-Modell sein, welches die Einarbeitung der oben beschriebenen Unterschiede im Lebenszyklus und, insbesondere, der unterschiedlichen vertikalen Verteilung in der Wassersäule erlaubt. Wichtige Erweiterungsschritte werden dabei die Simulation der Frühjahrsrekrutierung durch Dauereier bei *Acartia* spp., sowie die Temperatur- und Nahrungsabhängigkeiten der „*in-situ*“-Eiproduktion und des Wachstums sein.

#### *Konsequenzen für die Zooplankton- / Ökosystemmodellierung der Nordsee*

Das gekoppelte 3D-Ökosystemmodell der Nordsee soll, wie für die Ostsee, die Populationsdynamik der Schlüsselcopepodenart(en) abbilden und realistische Nahrungsfelder (Nauplien, Copepoditen) für die IBM-Modellierung von Sprottenlarven bereitstellen. Bisher konnte aber bei der Modellierung noch nicht auf Ergebnisse aus GLOBEC-Meßkampagnen in der Nordsee zurückgegriffen werden, da diese erst 2004 angelaufen sind. Deshalb wurde in Analogie zum Ostseemodell ein stadienauflösendes Modell für einen Copepoden als Modellkomponente in das 3D-Ökosystemmodell (ECOHAM) integriert, welches die für Simulationen von Stoffkreisläufen benutzte Bulk-Zooplanktonvariable ersetzt. Die neuen Erkenntnisse aus den Ostseemeßkampagnen sollen soweit wie möglich für die Nordseemodellierung genutzt werden. Allerdings sind die Ergebnisse der Zooplanktonmessungen in der Ostsee auf Grund der unterschiedlichen Hydrographie nicht direkt auf die Nordsee übertragbar. Bis zur Verfügbarkeit von Daten aus der GLOBEC-Nordseefeldstudie wurde deshalb soweit wie möglich auf Literaturdaten zurückgegriffen. Diese zeigen für die Nordsee und die Deutsche Bucht, daß der Copepode *Pseudocalanus elongatus* große Bestände aufbaut und weit verbreitet ist. Mit Hilfe des GLOBEC-Meßprogramms für die Nordsee werden die Nahrungsanalysen an Sprottlarven zeigen, wie relevant dieser Copepode für Sprottlarven in der Deutschen Bucht ist. Für die Nordsee konzentrierte sich die Weiterentwicklung des Modells deshalb zunächst auf *P. elongatus*, sowie auf die Interaktionen verschiedener Größenklassen des Zooplanktons (Mikro- und Mesozooplankton) und die Einbindung der sogenannten „mikrobiellen Schleife

(microbial loop)“ bestehend aus Bakterien, Mikrozooplankton und organischen, gelösten Verbindungen. Die Erweiterung des Ostseemodells auf zwei oder drei stadienaufgelösten Zooplanktonpopulationen mit unterschiedlichen Lebenszyklen deckt weitgehend das in der Zentralen Ostsee vorhandene Artenspektrum ab. Für die wesentlich artenreichere Nordsee soll dagegen zunächst eine Copepodenart in Konkurrenz zum Bulk-Zooplankton (Mesozooplankton) - mit der Möglichkeit zusätzlich zum Phytoplankton auch Mikrozooplankton zu fressen - simuliert werden. Zur Synthese des Projektes werden dann die verschiedenen Ansätze in den beiden Seegebieten gegenübergestellt und verglichen.

#### *Mortalitätsparameterisierung in beiden Zooplankton- /Ökosystemmodellen*

In den Ökosystemmodellen für Ost- und Nordsee endet die trophische Kette mit dem Zooplankton. Die Mortalität durch Räuber kann nicht explizit simuliert werden und muss geeignet parameterisiert werden. In einem ersten Schritt werden empirisch aus den Abundanzmessungen der Feldphase gewonnene Mortalitätsraten verwendet. Nach einer Evaluierung der relativen Bedeutung von Wegfräßerlichkeiten durch planktivore Fische, im Vergleich zu hydrographiebedingten, nahrungsbedingten und anderen Sterblichkeitsursachen, wird versucht die hohe räumlich-zeitlich dynamische Variabilität im Fischwegfrass in das Modell zu integrieren. Dabei soll die Parameterisierung mit Hilfe der gewonnenen Verteilungs- und Konsumptionsdaten von Heringen und Sprotten erfolgen.

#### *Feldstudien und Laborexperimente im Zusammenhang mit der Zooplankton-Ökosystemmodellierung*

In unserer Kenntnis der Lebensgeschichte der Schlüsselarten bestehen noch mehrere Lücken. Die Quantifizierung der Zusammenhänge zwischen Nahrungsmenge, bzw. Nahrungsqualität und Reproduktionsrate bzw. Wachstum der Schlüsselarten ist besonders für die Modellierung wichtig. Zur weiteren Verbesserung unseres Kenntnisstandes und somit zur realistischen Modellierung erfolgten daher gezielte Feldstudien und Laborexperimente. Wichtige Faktoren für die erfolgreiche Rekrutierung der wiederum für die Fischbestandsrekrutierung wichtigen Copepodenarten haben sich herauskristallisiert, wobei sich die Ergebnisse der biochemischen Arbeitsgruppen mit denen der experimentellen Biologen sinnvoll ergänzen. Insbesondere wurde die Rolle von Algen und Protozoen in der Copepodenernährung untersucht. Offensichtlich gibt es einen engen Zusammenhang zwischen der Phyto- und Mikrozooplanktondynamik. Protozoen haben in der Copepodenernährung eine größere Bedeutung als bisher angenommen, wie durch „grazing“-Experimente im Labor bestätigt wurde. Es wurde gezeigt, daß die Nahrungsqualität des Phytoplanktons für Copepoden wichtig ist. Während die Eiproduktion im Sommer eher von der Nahrungsmenge abhängt, wird sie im Winter durch die Qualität der Nahrung bestimmt. Diese Laborbeobachtungen wurden durch biochemische Analysen bestätigt. Mit Hilfe trophischer Marker-Fettsäuren wurden saisonale und artspezifische Unterschiede in der Nahrungsselektion der Copepodenzielarten aufgezeigt und die große Bedeutung von Protozoen von der biochemisch-analytischen Seite her bestätigt. Die Qualität der Copepodennahrung, d. h. speziell der Lipidgehalt des Sestons, beeinflusst die Kondition der Copepoden. Ein nun vollständig vorliegender Jahresgang der Lipiddynamik von Copepoden gibt Aufschluß über die Bedeutung von Überwinterungsstrategien, der schwankenden Kondition und der Nahrungsqualität von Copepoden für Fischlarven, juvenile und adulte Fische. Weiterhin wurde gezeigt, daß bez. des Lipidgehaltes im Mai und Juni 2003 ausreichend Nahrung für Sprotten im Bornholmbecken vorhanden war.

Unklar war der Beitrag von evertebraten Räubern an der Mortalität der verschiedenen Copepodenarten. Es stellte sich nun für die Zentrale Ostsee heraus, daß der Wegfraß von Zooplankton durch Scyphomedusen relativ gering ist.



## **Individuen-basierte Fischlarvenmodellierung (IBM)**

### *Ostsee*

Die gekoppelte physikalisch/trophodynamische Individuen-basierte Modellierung hat zum Ziel, die Auswirkungen unterschiedlicher Nahrungsverfügbarkeit und veränderlicher physikalischer Antriebsbedingungen auf das Wachstum und damit das Überleben planktivorer Fischstadien zu untersuchen. Dabei werden die für die Simulationen benötigten Nahrungsfelder der IBM-Modellierung von Fischlarven entweder als Beobachtungsdaten aus der Feldphase und/oder als zeitlich und räumlich hochaufgelöste Datenfelder aus der Ökosystemmodellierung zur Verfügung stehen. Da die geplanten experimentellen Untersuchungen zur Trophodynamik von Sprottlarven bislang wegen nicht vorhersehbarer klimatischer Ereignisse, die die Laichzeit der Sprotte verschoben, nicht durchgeführt werden konnte, lag der Schwerpunkt der IBM-Modellierung im Bereich der Simulationsrechnungen zur retrospektiven Analyse. Hierbei zeigte sich, daß während der letzten beiden Dekaden die meteorologisch bedingte Variabilität der Verdriftungsmuster (Retention, Dispersion) von Sprottlarven einen wesentlichen Anteil zum Erklärungsgrad der Variabilität der Ostseesprottenrekrutierung liefert. Ein aus der IBM-Modellierung entwickelter Retentionsindex stimmte während der letzten 10 Jahre weitgehend mit der Variabilität der Sprottenrekrutierung überein. In Jahren, in denen hohe Konzentrationen von älteren Sprottlarven und Juvenilen im Bereich des Bornholmbeckens verblieben, wurden anomal hohe Sprottenrekrutierungen beobachtet, während ein hohes Dispersionsniveau (Verdriftung in Flachwasser- und Küstenbereiche) mit relativ niedriger Rekrutierung verbunden war. Multilineare Regressionsanalysen ergaben, dass für den Zeitraum der letzten 20 Jahre, neben dem Laicherbestand der Sprotte und der Temperatur des Winterwasserkörpers, die Einbeziehung dieses neu entwickelten Retentionsindex als unabhängige Variable zu einer erheblichen Verbesserung existierender Sprottenrekrutierungsmodelle und damit zur Verbesserung der Vorhersagemöglichkeit des Ostseesprottenbestandes führen kann (erklärte Gesamtvariabilität der Sprottenrekrutierung ca. 75%). Der Vergleich der mit Hilfe von Tageswachstumsringen auf Otolithen bestimmten Geburtsdatenverteilung von Juvenilen mit der über die gesamte Laichsaison hinweg bestimmten Larvenproduktion ergab, daß die 2002 überlebenden juvenilen Sprotten aus einem eng begrenzten, offensichtlich optimalen Laichfenster im Juni stammten. Nur die zu dieser Periode im Bornholm-Becken gelaichten Sprottenlarven hatten gute Überlebenschancen.

### *Nordsee*

Unter Verwendung der hydrodynamischen Felder aus der hochaufgelösten HAMSOM-Simulation wurden für die südliche Nordsee für die Jahre 1998 – 2003 realistische Ausbreitungsszenarien gerechnet. Insbesondere wurden durch Berechnung von Rückwärts-Trajektorien die Herkunftsgebiete der im Juni 2003 an der ‚Tidal Mixing Front‘ sowie an der ‚River Plume Front‘ beobachteten Sprottenlarven ermittelt. Es zeigt sich, dass die in der oberflächennahen Schicht angetroffenen Larven eine beträchtliche Verdriftung aus südwestlich gelegenen Regionen (nördlich der West- bzw. Ostfriesischen Inseln) erfahren haben, während die in Wassertiefen  $\geq 15$  m gefundenen Larven jeweils aus der unmittelbaren Umgebung der Fronten stammen. Dieses Ergebnis gilt allerdings unter der Voraussetzung, dass sich die Sprottenlarven nicht wie passive Teilchen verhalten, sondern der Turbulenz durch eine aktive Vertikalbewegung entgegenwirken und so ihre jeweilige Position in der Wassersäule fixieren können. Über die Vertikalbewegung von Sprottenlarven und deren Steuermechanismen liegen allerdings derzeit noch keine hinreichend gesicherten Erkenntnisse vor. Eine deutliche Verbesserung der bisherigen Modellansätze gelang mit einem neu entwickelten IBM für Sprottenlarven durch Einbeziehung der empirischen Länge-Gewichts-Relation, die aus Feldmessungen in der Ostsee abgeleitet wurde. Damit wurde es möglich, die zeitliche Entwicklung der Larve vom

Dottersack-Stadium bis zum juvenilen Fisch - unter der Voraussetzung optimaler Nahrungsverfügbarkeit - zu simulieren. Die zweite wesentliche Verbesserung gelang durch die Berücksichtigung der Ergebnisse der Mageninhalts-Untersuchungen an Sprottenlarven. In Abhängigkeit von der Größenklasse der Larven lagen damit die relativen Anteile der aufgenommenen Nahrung (Mikrozooplankton, Nauplien, Copepoditen, Copepoden) vor. Durch Implementierung eines Selektionsmechanismus, der das Freßverhalten der Sprotte über die Energiebilanz zwischen Aufwand und Nutzen reguliert, konnte die beobachtete Zusammensetzung der Nahrung der Sprottenlarven relativ gut reproduziert werden. Mit diesem Modell wurde darüber hinaus das Längenwachstum der Larven in Abhängigkeit von der Wassertemperatur simuliert.

## **6 Voraussichtlicher Nutzen**

### **6.1 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten**

Langfristiger wirtschaftlicher Erfolg von Fischereien setzt eine Orientierung an den Prinzipien von Nachhaltigkeit und Vorsorgeansatz voraus, d. h. die Fischereien sollten sowohl die befischten Bestände als auch die Ökosysteme schonen und die Aufrechterhaltung der Biodiversität sicherstellen. Marine Fischbestände unterliegen starken jährlichen und längerfristigen Fluktuationen, die natürliche, oft klimabedingte, Ursachen haben. Wirtschaftlich erfolgreiches, nachhaltiges Fischereimanagement muss diese natürlichen Bestandsschwankungen berücksichtigen und die Managementmaßnahmen entsprechend anpassen. Voraussetzung dafür ist das ausreichende Verständnis der relevanten abiotischen und biotischen Umweltprozesse, die den Rekrutierungserfolg des Bestands steuern, so wie es in diesem Vorhaben für die Sprotten- und Heringsbestände der Nord- und Ostsee angestrebt wird. Der Erfolg des Vorhabens kann folglich nicht an einem direkten wirtschaftlichen Gewinn gemessen werden. Stattdessen wird sich dieser mittelfristig und nachhaltig dann einstellen, wenn die Projektergebnisse Eingang in das Bestandsmanagement gefunden haben. Beide Zielarten des Vorhabens, Sprotte und Hering, bilden die Grundlage großer kommerzieller Fischereien mit jährlichen Fangmengen in Nord- und Ostsee von zusammen über 1 Million Tonnen. Diese Erträge und die Bestände gilt es nachhaltig zu sichern, nicht zuletzt auch deswegen, weil beide Arten die Nahrungsbasis anderer kommerziell essentieller Fische, wie z.B. des Kabeljaus, darstellen. Eine Umsetzung der durch das Vorhaben zu erwartenden wissenschaftlichen Erkenntnisse ist durch die enge Zusammenarbeit mit der Bundesforschungsanstalt für Fischerei und ausländischen Forschergruppen im Rahmen des Internationalen Rates für Meeresforschung (ICES), der für die Bestandsüberwachung zuständigen internationalen Institution, sowie der EU Kommission, als Vertreter in den internationalen Kommissionen des Fischereimanagements, gewährleistet.

### **6.2 Wissenschaftliche Erfolgsaussichten**

Die wissenschaftlichen Erfolgsaussichten werden insgesamt hoch eingeschätzt, da ein großer Teil der anspruchsvollen Methoden bereits in kleineren Studien und Projekten entwickelt und angewendet wurde. Im Rahmen der Projekte CORE und STORE wurden zudem wichtige Erfahrungen mit den regionalen und saisonalen Besonderheiten des Ostseeökosystems gewonnen. Diese Vorerfahrungen sind eine unabdingbare Voraussetzung für realistische Projektplanungen in komplexen interdisziplinären ökologischen Projekten. Gleiches gilt für die Vorerfahrungen aus dem LIFECO-(Nordsee) und dem TASC-Projekt (Nordatlantik), wenngleich hier der regionale Schwerpunkt weiter nördlich lag. Alle hier aufgeführten multidisziplinären, internationalen Forschungsprojekte fanden unter intensiver deutscher Beteiligung statt, wobei in allen Projekten deutsche Institutionen die Projektkoordination, bzw. die Leitung von Teilprojekten inne hatten. Die Erfahrungen aus dieser internationalen Projektkoordination erwiesen sich bei der Planung und bisherigen Durchführung des Vorhabens als wichtig. Vor allem die Projekte CORE und TASK dienten bereits weltweit hinsichtlich Projektstruktur, Aufgabenverteilung und

Forschungsansatz als Grundlage für die Planung von Nachfolgeprojekten in den Bereichen Fischreproduktion und Zooplanktodynamik. Diese Erfahrungen konnten in den Projekten STORE und LIFECO weiter ausgebaut werden und garantierten daher eine professionelle Koordination des GLOBEC-Projektes und wissenschaftlichen Output auf höchstem internationalen Niveau. Die Nutzung der geschaffenen internationalen Verbindungen innerhalb und außerhalb der EU sind ein weiterer Punkt, der die Erfolgsaussichten des Projektes substantiell erhöht.

Da das GLOBEC-Vorhaben parallel zur Synthesephase von STORE und LIFECO begann, konnten beteiligte nationale und internationale Wissenschaftler dieser Projekte und die wesentlichen Projektergebnisse bereits in die Startphase des GLOBEC-Vorhabens mit einbezogen werden. Dadurch wurde ein reibungsloser Beginn der komplexen, multidisziplinären Forschungsarbeiten ermöglicht. Es ist zu erwarten, daß die Erfahrungen und wissenschaftlichen Ergebnisse aus dem GLOBEC-Projekt den internationalen Stellenwert der deutschen organismisch arbeitenden Meeresforschung erhöhen und somit auch die Erfolgsaussichten bei der Beantragung zukünftiger internationaler Großprojekte im 7. Rahmenprogramm verbessert werden. Die Einbeziehung von nationalen und internationalen Institutionen der angewandten fischereibiologischen Forschung (z.B. Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Internationaler Rat für Meeresforschung, EU-Generaldirektorat für Fischerei) garantiert dabei eine kontinuierliche Überprüfung der erzielten wissenschaftlichen Ergebnisse, deren Umsetzung in die Bestandsabschätzung und die Entwicklung eines ökosystem-orientierten Fischereimanagements.

Komplexe Projekte wie das GLOBEC-Verbundprojekt benötigen längere Zeithorizonte für die erfolgreiche Synthese der gesamten Projektdaten. Während einzelne isolierte Aspekte bereits ab dem zweiten Jahr für die wissenschaftliche Veröffentlichung aufbereitet werden konnten, wird dies für die übergreifende Synthese erst zum Ende des Gesamtprojektes (2007) möglich sein. Die eigentliche wissenschaftliche Verwertung wird in Form von wissenschaftlichen Veröffentlichungen in Zeitschriften mit Begutachtungsverfahren erfolgen. Die Projektdaten werden darüber hinaus in Datenbanken zusammengefasst und stehen nach Abschluss der eigenen Arbeiten anderen wissenschaftlichen Institutionen zur Verfügung.

### **6.3 Wissenschaftliche Anschlußfähigkeit**

Das Vorhaben ist eingebettet in das internationale GLOBEC-Programm, ein „Global Change Core Project“ des IGBP (International Geosphere Biosphere Programme). Hier arbeiteten bereits vor Beginn des Verbundprojektes deutsche Wissenschaftler und Forschergruppen erfolgreich mit; es fehlte aber bisher ein geschlossener deutscher Beitrag, der die gesamte Expertise deutscher meereskundlicher Institutionen unter Nutzung der immanenten Synergien deutlich und erfolgreich in das Gesamtprogramm einbrachte. Da eine Reihe deutscher Wissenschaftler bereits im GLOBEC-Steering-Committee und in den meisten GLOBEC-Unterprogrammen und Arbeitsgruppen mitarbeitete, wurde die Implementierung eines nationalen deutschen GLOBEC-Projektes auf internationaler Ebene als deutscher Beitrag zum internationalen GLOBEC-Programm erwartet und stieß daher von Beginn an auf großes Interesse der IGBP-Community. Der Transfer der Ergebnisse in die international koordinierte Erfassung und Prognose der Entwicklung von Fischbeständen und, darauf aufbauend, eine Verbesserung des Fischereimanagements unter Einbeziehung ökologischer Prinzipien konnte so kontinuierlich erfolgen. Dies gewährleistete eine ständige Überprüfung der Projektergebnisse durch internationale Gremien und führte so zu rechtzeitigen Rückmeldungen über ihre Umsetzbarkeit.

### **6.4 Wirtschaftliche Anschlussfähigkeit**

Großes internationales Interesse wurde dem deutschen GLOBEC-Beitrag beim ICES entgegengebracht, der als größte internationale meereskundliche Institution im Nord-Atlantik das nord-atlantische Regionalprogramm von GLOBEC betreut. In den relevanten Gremien

des ICES sitzen deutsche Wissenschaftler in Schlüsselpositionen und unterstützen das deutsche GLOBEC-Projekt entsprechend und vernetzen es auf der internationalen Ebene. Die Ergebnisse des nationalen GLOBEC-Beitrags fließen direkt in die für die Bestandsüberwachung und die Erteilung von wissenschaftlichen Managementratschlägen zuständigen Arbeitsgruppen des ICES ein. Die Einbeziehung der Forschungsergebnisse sowohl in die Bestandüberwachung als auch in die Bestandsbewirtschaftung wurde nicht zuletzt durch die enge Zusammenarbeit mit drei Instituten der Bundesforschungsanstalt für Fischerei (Institut für Ostseefischerei, Institut für Seefischerei, Institut für Fischereiökologie) im Rahmen des Projektes gewährleistet.

## **7 Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen**

Die GLOBEC-Mitarbeiter verfolgen kontinuierlich die Fortschritte anderer Wissenschaftler und Forschergruppen zur weiteren Projektthematik in wissenschaftlichen Zeitschriften und Veranstaltungen. Allerdings gibt es z. Zt. kein entsprechend den o. g. Vorhabenszielen umfangreiches Projekt in Nord- und Ostsee.

## **8 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen**

s. Anlage 4 und 5