

## 2.3 Wärmeliebende Fische auf dem Weg nach Norden

JOSÉ L. LOZÁN, DIETRICH SCHNACK, MICHAEL VOBACH & HEIN V. WESTERNHAGEN

**Warm water fish species are shifting northwards:** *The abundance and distribution of marine fish are changing rapidly since the last two decades. Exploited and nonexploited North Sea fish species show a marked response to the increases in sea temperature. Most of them show a northward shift or a shift in depth distribution. Simultaneously waves of immigration by exotic southern species like red mullet, anchovy and pilchard have been observed in the north-eastern Atlantic and the North Sea. A high number of small-sized (5–10 cm) grey mullet, red mullet and anchovy were caught in the German Wadden Sea. The observations indicate that some of these southern species may soon become established there. Mean surface temperatures in the North Sea are predicted to increase by 1.0–2.5 °C by 2050 and 1.5–4.0 °C by 2080. The change in the composition of the fish fauna will continue, depending on the availability of suitable habitat for immigrating species as well as on the development of prey-predator-relationships and on fishing. For the Baltic Sea area a predicted increase in precipitation will become important, as it will lead to more freshwater input and a further decline in salinity. This will counterbalance to some extent temperature related positive effects for the clupeid populations. The conditions are expected to deteriorate for marine species, especially for cod, and to improve for freshwater-fish; but stock developments will largely depend on fishing pressure as well.*

Schwankungen der Häufigkeit und Verteilung von Fischpopulationen in Verbindung mit Klimaveränderungen sind seit vielen Jahrhunderten weltweit bekannt. Vor allem die Schwankungen genutzter Fischbestände wie die von Hering, Sardelle, Sardine, Makrele, Kabeljau, Schellfisch und anderen Arten wurden aufgrund der wirtschaftlichen Folgen gut dokumentiert (CUSHING 1982; ALHEIT & HAGEN 1997; WESTERNHAGEN & SCHNACK 2001 u.a.). In der Bewertung dieser Phänomene müssen insbesondere auch die Auswirkungen von Räuber-Beute-Beziehungen und die Einflüsse der Fischerei berücksichtigt werden, die sich nicht vollständig von den Klimaeinflüssen trennen lassen, mit denen sie in einer Wechselwirkung stehen (SCHNACK 2003).

Betrachtet man die geographische Verbreitung der Nordseefischarten, so wird deutlich, dass viele Arten von der nördlichen Nordsee bis nach Nordafrika und ins Mittelmeer vorkommen und andere von der Nordsee bis in polare Regionen auftreten können. Allerdings treten diese Arten in einer Reihe weitgehend unabhängiger, auch genetisch unterscheidbarer Bestände auf, die jeweils an die spezifischen Bedingungen in einem enger begrenzten Lebensraum angepasst sind. So ist das Verbreitungsgebiet einer Art im Rahmen ihrer generellen Anpassungsfähigkeit sehr viel weiträumiger als es die Lebensräume der einzelnen Bestände dieser Art sind.

Fische gehören zu den poikilothermen oder wechselwarmen Tieren. Ihre Lebensprozesse sind direkt von der Wassertemperatur abhängig. Die einzelnen Arten und in noch engerem Maße die einzelnen Bestände der Arten sind in ihrem Vorkommen auf bestimmte, unterschiedliche Temperaturbereiche begrenzt. Änderungen in der mittleren Wassertemperatur und im saisonalen Temperaturverlauf nehmen entsprechend Einfluss auf die Verbreitungsgebiete der Arten und Bestände. Thunfische stellen unter den Fischarten eine Ausnahme dar, da sie in der Lage sind, ihre Körpertemperatur relativ konstant zu halten. Sie unternehmen große Wanderungen und ihre geografische

Verbreitung dürfte sich mit der Erwärmung der Meere noch erweitern.

Der vorliegende Beitrag versucht einen kurzen Überblick über die möglichen Auswirkung des Klimawandels auf die Fischfauna der Nord- und Ostsee und benachbarten Gebiete zu geben.

### Die Verbreitung der Fischarten und die Wassertemperatur

Entsprechend ihrer Anpassung an bevorzugte Temperaturbereiche kommen in den westeuropäischen Gewässern Formen der arktisch-borealen Fauna vor, wie z.B. Lodde (*Mallotus villosus*) und Polardorsch (*Boreogadus saida*), ebenso Formen der borealen Fauna, wie Scholle (*Pleuronectes platessa*), Kabeljau (*Gadus morhua*) und Hering (*Clupea harengus*) für Gewässer von der südlichen Barents-See bis zur Biskaya, und Formen der mediterran-atlantischen Fauna (»Mittelmeerfische«), wie z.B. Meeräsche (*Mugil* sp.), Streifenbarbe (*Mullus surmuletus*), Sardelle (*Engraulis encrasicolus*) und Sardine (*Clupea pilchardus*). Die nördliche Verbreitungsgrenze letzterer Formen liegt bei Irland und dem Ärmel-Kanal. Einige dieser Vertreter kommen jedoch als so genannte »Sommergäste« auch in der Nordsee, dem Skagerak und den Gewässern vor West-Norwegen vor (POSTUMA 1978), ohne im Normalfall dort zu laichen.

Unsere typische »mitteleuropäische« Fischfauna ist ein Gemisch aus arktisch-borealen und borealen Arten wie Kabeljau, Schellfisch (*Melanogrammus aeglefinus*), Kliesche (*Limanda limanda*), Flunder (*Platichthys flesus*), Scholle, Seezunge (*Solea solea*), Steinbutt (*Psetta maxima*), Sprotte (*Sprattus sprattus*) und Hering; Arten die teilweise sogar bis ins Mittelmeer vorkommen (MUUS & DAHLSTRÖM 1965).

Bei vielen dieser Arten unternehmen die einzelnen lokalen Bestände innerhalb ihrer geografisch unterschiedenen Aufenthaltsräume mehr oder weniger ausgedehnte sai-

sonale Wanderungen zwischen Laichplätzen und Weidgründen, und auch der Aufenthaltsraum der frühen Jugendstadien verändert sich im Laufe ihrer Entwicklung (HARDEN-JOHNES 1968). Für die Lage der Laichplätze und das Wanderverhalten spielen neben der Temperatur vor allem die Strömungsbedingungen, die hydrographischen und produktionsbiologischen Bedingungen sowie die Struktur des Lebensraumes eine entscheidende Rolle. Eine Anpassung an veränderte Temperaturbedingungen ist für die einzelnen Bestände daher nur begrenzt möglich, wenn sich nicht andere wesentliche Bedingungen parallel verändern oder auch andere Gebiete sich unter den veränderten Bedingungen als geeignete Laichplätze für sie erweisen. In Grenzbereichen des Verbreitungsgebietes kann es zu temperaturbedingter Erhöhung oder Verminderung des Reproduktionserfolges einzelner Bestände kommen, und so zu einer entsprechenden Verschiebung in der Gesamtverbreitung einer Art.

## Veränderungen in der Nordsee

In den letzten Jahrzehnten sind die so genannten »mediterranean-atlantischen Arten« (CORTEN & VAN DE KAMP 1996) in der südlichen Nordsee häufiger geworden. Basierend auf Fangdaten von Fischereiforschungsschiffen kommen verschiedene Autoren, so auch BEARE et al. (2004), zu dem Schluss, dass es in der Nordsee zu tief greifenden und weiter fortschreitenden ökologischen Veränderungen der Habitatbedingungen (ecological shifts) gekommen ist. In deren Folge werden seit Mitte der 1990er Jahre vermehrt mediterran-atlantische (»lusitanische«) Arten gefangen.

Zu den typischen Neankömmlingen gehören Sardelle, Sardine, Meeräsche und Streifenbarbe, Goldlachs (*Argentina silus*) und Franzosendorsch (*Trisopterus luscus*). Daneben ist seit den 1990er Jahren in flachen Gebieten der südlichen Nordsee ein Anstieg in der Häufigkeit des Kleinen Petermännchens (*Viperqueise*, *Echiichthys vipera*) und in tiefen Randgebieten der nördlichen Nordsee des Blauhaul (*Helicolenus dactylopterus*) zu beobachten. Auch andere Arten wie Heringskönig (*Zeus faber*), Stöcker (*Trachurus trachurus*), Zwergdorsch (*Trisopterus minutus*), Makrele (*Scomber scombrus*) und Roter Knurrhahn (*Trigla lucerna*) zeigten seit Mitte und Ende der 1950er, Mitte der 1970er sowie gegenwärtig seit den 1990er Jahren eine mit dem Temperaturanstieg besonders in den Sommermonaten korrelierende Zunahme.

Der wesentliche Grund für diese Veränderung in der Nordsee ist die kontinuierlich angestiegene Wassertemperatur. Nach Angaben von PERRY et al. (2005) hat sich die Nordsee in der Zeit von 1962 bis 2001 zwischen 0,6 °C und 1,05 °C erwärmt. MACKENZIE & SCHIEDEK (2007) zeigen anhand einer Reihe von Langzeit-Datensätzen aus dem Nord- und Ostseeraum, dass eine ausgeprägte Erwärmung

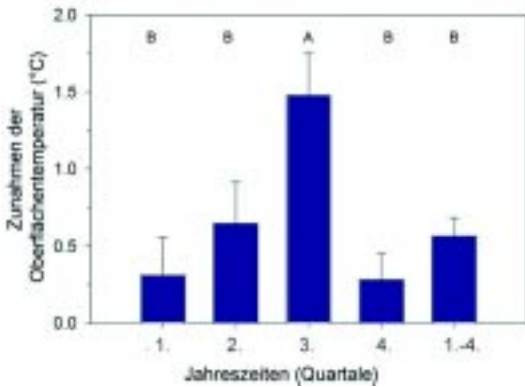
in den letzten 10–15 Jahren aufgetreten ist, die seit Beginn der Aufzeichnungen Mitte der 1880er Jahre beobachtete frühere Perioden der Erwärmungen übertreffen, und dass die Erwärmung im Sommer deutlich höher ausgefallen ist als in den übrigen Jahreszeiten und im Jahresmittel (Abb. 2.3-1). Außerdem zeigen die Autoren auf, dass die Wahrscheinlichkeit für extrem warme Jahre sich in den letzten beiden Dekaden vervielfacht und für extrem kalte Jahre deutlich vermindert hat.

PERRY et al. (2005) untersuchen Daten von Forschungsreisen aus den Jahren 1978–2001 für 36 Nordsee-Fischarten und berechneten bei zwei Dritteln der Arten (21) eine klimatisch bedingte Verschiebung. Bei 13 Arten wurde eine geographische Verschiebung des Schwerpunktes ihrer Verteilung nach Norden festgestellt (z.B. Kabeljau, und Lammzunge, *Arnoglossus laterna*). Bei weiteren sechs Arten (u.a. Scholle) wurde nur eine Bewegung in tiefere Bereiche des gleichen Gebietes ohne eine Nord-Süd-Veränderung beobachtet.

Als Reaktion auf den Klimawandel berechnen PERRY et al. (2005) für die Zeit von 1978–2001 eine mittlere Verschiebung der Verbreitungsgrenze für Franzosendorsch, Blauer Wittling (*Micromesistius poutassou*), Kleines Petermännchen, Stintdorsch (*Trisopterus esmarkii*), Lammzunge und Rotzunge (*Glyptocephalus cynoglossus*) von 2,2 km/Jahr, wobei der küstennah lebende Franzosendorsch und der Blaue Wittling den deutlichsten Sprung nach Norden machten.

Eigene Untersuchung über das Vorkommen pelagischer Fischeier in der südlichen Nordsee zwischen 52° N und 54° N im Frühjahr (Februar/März) der Jahre 1984–2007 (WESTERNHAGEN et al. 2002) zeigen ebenfalls Temperatur bedingte Änderungen. Jedoch sind die Reaktionen auf die Erwärmung der Nordsee aus diesen Daten weniger deutlich erkennbar als aus der Entwicklung der Bestände und Fänge adulter Tiere. Die borealen Arten Kliesche, Wittling (*Merlangius merlangus*), Scholle, Kabeljau, Flunder und Seequappe (*Gaidropsarus vulgaris*) dominieren nach wie vor unter den pelagischen Eiern des Frühjahrsplanktons (Februar/März) und die Kabeljau-Eier gehörten während der gesamten Untersuchungszeit zur Gruppe der fünf häufigsten Arten. Bestandsbiomasse und Anlandungen an Kabeljau sind jedoch seit den 1980er Jahren kontinuierlich abgesunken und der Schwerpunkt ihres Verbreitungsgebietes hat sich nach Norden verschoben. Diese Bestandsentwicklung ist vor allem bedingt durch unvermindert hohen Fischereidruck (ICES 2006) bei gleichzeitig geringer Überlebensrate der Eier und Larven unter den veränderten Umweltbedingungen in der Nordsee (s. Kap. 2.1).

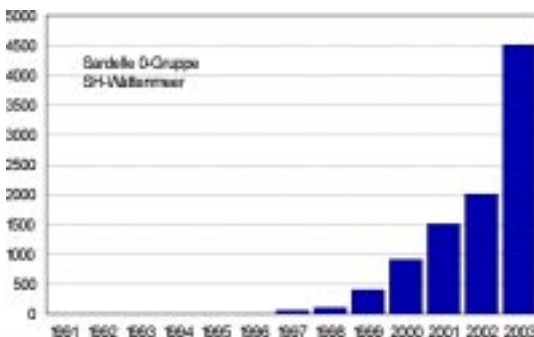
Eier der mediterran-atlantischen Arten: Franzosendorsch, Petermännchen, Heringskönig und Goldlachs wurden in den Frühjahrsmonaten nur in geringer Anzahl angehtroffen. In den Sommermonaten (Juni–Juli) traten sie da-



**Abb. 2.3-1:** Anstieg der Oberflächentemperatur seit 1985 bis zum nachfolgenden maximalen Jahreswert, Mittelwerte (+2 SD) aus 6 Datenserien für den Nord- und Ostseeraum (nach MACKENZIE & SCHIEDEK 2007). Der Anstieg im 3. Quartal (Juli-September) ist statistisch signifikant höher als in den anderen Quartalen und im Jahresdurchschnitt.

gegen in etwas größerer Anzahl auf. Leider liegen für diese Jahreszeit nur Daten für die Jahre 1991 und 1992 vor (CAMERON & WESTERNHAGEN 1997), so dass ein auch für diese Jahreszeit zu erwartender Trend nicht erfasst werden kann. In der Gesamtmenge der im Sommer gesammelten Eier waren die Arten Makrele, Stöcker und Kleines Petermännchen 1991 jeweils mit 4–8% vertreten und 1992 mit 10–20%. Die Eier von Sardine, Sardelle, Streifenbarbe und Seehecht waren mit weniger als 3% oder nur vereinzelt vertreten.

An der nordfriesischen Küste werden derzeit zunehmend etwa 3 Monate alte Sardellen (5–6 cm) gefangen. Von wenigen Exemplaren im Jahr 1997 nahm die Anzahl rapide auf ca. 4.500 Ind./Hol zu (Abb. 2.3-2; VORBERG 2003). Dieser ansteigende Trend hat sich bis in die Gegenwart (2007) fortgesetzt (mündl. Mittl. Ralf Voberg). Es ist wahrscheinlich, dass sich eine regionale Laichgemein-



**Abb. 2.3-2:** Auftreten von Sardellen in den Fängen der Hamenfischerei 1991–2003 im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer. Angegeben sind Mittelwerte aus 12 Hols (VORBERG 2003).

schaft gebildet hat, so wie auch von AURICH bereits 1953 beschrieben. An der ostfriesischen Küste (Zentraler Jadebusen) werden gegenwärtig Hamenfänge zwischen Mai und August durchgeführt, um die aktuelle Zusammensetzung der Jungfische festzustellen. Erwähnenswert ist der Fang von Jungfischen der Länge 5–10 cm von Dicklippiger Meeräsche (*Chelon chelo*), Streifenbarbe, Sardelle und Wolfsbarsch (*Roccus labrax*) (DÄNHARDT & BECKER mündl. Mittl.). Aufgrund der geringen Größe dieser Fische liegt die Vermutung nahe, dass auch diese Arten ein Laichgebiet in der Nähe des Fangortes haben. Diese Beobachtungen könnten als erste Anzeichen einer Etablierung dieser mehr südlich orientierten Arten in der Nordsee bewertet werden.

### Veränderungen in der Ostsee

Die Fischfauna der Ostsee ist neben der Temperatur in sehr wesentlichem Maße von ausgeprägten horizontalen und vertikalen Gradienten im Salzgehalt und von den Sauerstoffbedingungen im Tiefenwasser der Ostseebecken bestimmt. Generell weist die Ostsee als Brackgewässer mit etwa 100 Fischarten eine geringere Artenvielfalt und Biodiversität auf als die Nordsee, in der etwa 230 Arten vertreten sind (EEA 2002). Nur wenigen marinen Arten wie Hering, Sprotte, Flunder und bedingt auch Dorsch (*Gadus morhua*) gelingt es, bis weit in die östlichen und nördlichen Bereiche der Ostsee mit stark reduzierten Salzgehalten vorzudringen. Andere marine Arten wie Scholle und Kliesche können sich noch bis in die südliche zentrale Ostsee hinein erfolgreich fortpflanzen (TEMMING 1989), während die Seezunge auf den Kattegat und Beltsee-Bereich begrenzt bleibt, wo sie sich aber auch schon an der nördlichen Grenze ihres bevorzugten Temperaturbereiches aufhält (MUUS & NIELSEN 1999). Von der anderen Seite können einige Süßwasserarten wie z.B. Flußbarsche (*Perca fluviatilis*), Zander (*Stizostedion lucioperca*), Maränen (*Coregonus lavaretus*) aus den Flüssen in die küstennahen Brackwasserzonen der Ostsee eindringen (VOIPIO 1981). Außerdem sind die im Süßwasser laichenden Wanderfischarten Atlantischer Lachs (*Salmo salar*) und Meerforelle (*Salmo trutta*) in der Ostsee heimisch und saisonal kommen Hornhechte (*Belone belone*) regelmäßig für einige Wochen zum Laichen in die Ostsee. Eine Reihe mariner Arten wie z.B. Makrelen, Schellfische und Wittlinge treten gelegentlich als Gäste aus der Nordsee auf, die vorübergehend Einfluss auf die Lebensgemeinschaften der westlichen Ostsee nehmen, sich dort aber nicht erfolgreich fortpflanzen können.

Viele Fischarten leben in der Ostsee im physiologischen Grenzbereich ihres Verbreitungsraumes und haben z.T. auch an die Brackwasserbedingungen spezifisch angepasste, genetisch differenzierte Bestände gebildet (NIELSEN et al. 2001; JØRGENSEN et al. 2005). Es ist daher zu erwar-

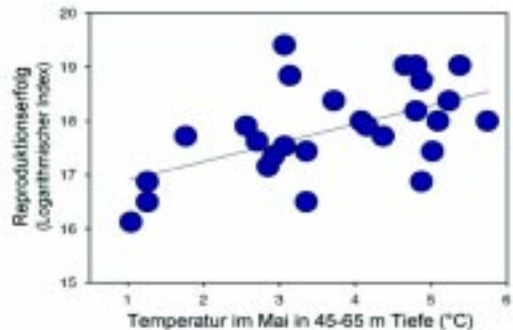
ten, dass sie empfindlich auf klimatische Änderungen reagieren. Bei der Analyse von Klima-Einflüssen auf die Fischfauna ist es wichtig, nicht nur Veränderungen im durchschnittlichen Temperaturniveau zu betrachten, sondern auch Veränderungen im saisonalen Temperaturverlauf zu berücksichtigen sowie Prozesse, die den Salzgehalt und die Sauerstoffbedingungen beeinflussen.

Modellrechnungen (DÖSCHER & MEIER 2004; MEIER 2006) lassen für die Ostsee im Laufe des 21. Jahrhunderts einen Anstieg in der Oberflächentemperatur von 2–3 °C erwarten. Kleinräumig können die Werte z.B. für die zentrale Ostsee im Frühjahr-Sommer auch bei 3–4°C liegen. Gleichzeitig werden saisonale Änderungen im Temperaturverlauf, erhöhte Niederschläge und Änderungen in Windrichtung und Stärke in Nordeuropa erwartet. Damit wird auch der Salzwasser- und Sauerstoffeintrag in die tiefen Becken der Ostsee verändert, sowie der Süßwasser- und Nährstoffeintrag über die Flüsse erhöht. Es bestehen noch große Unsicherheiten über die kombinierte Wirkung z.T. gegenläufiger Effekte, die außerdem in starkem Maße von Veränderungen im Nährstoffeintrag durch den Menschen und vom Verhalten der Fischerei und ihrem Einfluss auf die Struktur der Lebensgemeinschaften und der Nahrungsbeziehungen abhängig sind. Generell sind neben einer Erwärmung parallel eine Reduktion im Salzgehalt und vermutlich auch eine Verminderung im Nahrungsangebot für die marinen Fischarten und deren Jugendstadien zu erwarten.

Die Wirkung klimarelevanter Faktoren auf die Fische der Ostsee ist am besten untersucht für die drei wichtigsten Nutzfischarten Dorsch, Sprotte und Hering (SCHNACK 2003; MACKENZIE et al. 2007). Eine Temperaturerhöhung wirkt sich in diesem Seegebiet zunächst einmal positiv auf die Entwicklung des Sprottenbestandes aus, da dieser sich hier gegenwärtig in einem Bereich unterhalb seines Temperaturoptimums aufhält. Besonders kalte Winter haben zur Folge, dass unterhalb der im Frühjahr-Sommer sich aufwärmenden Oberfläche eine kalte Zwischenwasserschicht bis weit ins Jahr hinein erhalten bleibt und die Sprotte ungünstige Bedingungen für die Entwicklung Ihrer Eier vorfinden. Strenge Winter waren mit geringem Reproduktionserfolg der Sprotte verbunden und das Ausbleiben strenger Winter seit 1987 hat zu einem generell hohen Reproduktionserfolg in den 1990er Jahren geführt (MACKENZIE & KÖSTER 2004). Obwohl viele weitere Faktoren auf den Entwicklungserfolg eines Nachwuchsjahrganges wirken, lässt sich ein statistisch gesicherter Zusammenhang zwischen der Anzahl jährlich überlebender Jungfische und der Temperatur im Zwischenwasser zur Laichzeit im Mai desselben Jahres aufzeigen (Abb. 2.3-3). Das Salzgehaltsniveau in den zentralen Ostseebecken, die als Laichraum genutzt werden, ist für die Sprotte gegenwärtig noch verträglich, da die Eier eine recht hohe Schwebefähigkeit besitzen (NISSLING et al. 2003) und die im Tiefen-

wassers auftretende Sauerstoffarmut daher noch kein besonderes Problem für sie darstellt. Bei einer Reduktion des Salzgehaltes durch erhöhte Niederschlagsmengen, kann das Gebiet für ein erfolgreiches Laichen jedoch deutlich eingengt werden. Der positive Klimaeffekt durch Temperaturerhöhung kann dann zumindest zum Teil durch den Effekt des gleichzeitig erwarteten erhöhten Niederschlags wieder aufgehoben werden.

Der Dorschbestand der Ostsee ist in seinem Reproduktionserfolg von einem ausreichenden Salzgehalt (über 11‰) abhängig (WESTIN & NISSLING 1991), der in der zentralen Ostsee nur in den tiefen Becken und in unterhalb der permanenten Salzgehaltssprungschicht anzutreffen ist. Dies ist jedoch eine Tiefe in der gegenwärtig in einem weiten Bereich kein ausreichender Sauerstoffgehalt vorhanden ist. Geeignete Reproduktionsbedingungen für den Dorsch der zentralen Ostsee setzten häufige größere Einströme von salz- und sauerstoffreichem Wasser aus der Nordsee voraus, die in starkem Maße von den Windbedingungen abhängig sind. Die durch den Klimawandel zu erwartende Abnahme im Salzgehalt durch verstärkten Süßwassereintrag wird zu einer weiteren Reduktion des Reproduktionserfolges, eventuell auch zum Zusammenbruch des Dorschbestandes in der zentralen Ostsee führen, so wie dies bei den Schollen- und Klieschen-Beständen schon in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts aufgrund der für diese Arten zu ungünstigen hydrographischen Bedingungen geschehen ist (TEMMING 1989). Ein Ausgleich könnte nur durch erhöhten Zustrom von sauerstoffreichem Nordseewasser entstehen. Über die Nahrungsbeziehungen ist die Entwicklung des Dorschbestandes allerdings auch von der Entwicklung der Sprotten- und Heringsbestände abhängig. Ein starker Sprotten- und Jungheringsbestand sorgt zwar für eine gute Nahrungsbasis der erwachsenen Dorsche, gleichzeitig besteht aber die Gefahr einer erhöhten Zehrung von Dorscheiern durch die beiden Clupeidenarten, die sich bei ungünstigen Salz- und Sauerstoffbedingungen verstärkt in der Schwebtiefe der



**Abb. 2.3-3:** Beziehung zwischen Wassertemperatur und Reproduktionserfolg von Sprotten in der Ostsee für den Zeitraum 1973–1999 (nach MACKENZIE & KÖSTER 2004). Die Regression ist statistisch signifikant und erklärt ca 30% der Streuung.

Dorscheier aufhalten; außerdem wird das Nahrungsangebot für die Dorschlarven durch die am Copepodenbestand zehrenden Clupeiden reduziert (Köster et al. 2005).

Die erwarteten klimatischen Veränderungen können sich also für die Sprotte in der Ostsee durch Temperaturerhöhung günstig auswirken, wenn nicht die negativ wirkende Reduzierung des Salzgehaltes den positiven Trend wieder aufhebt. Die Heringe haben sich bisher relativ unabhängig von den anderen beiden Arten entwickelt. Sie können in den nördlichen und östlichen Teilen der Ostsee ebenfalls durch reduzierten Salzgehalt beeinträchtigt und durch Temperaturerhöhung gestützt werden. Hering und Sprotte stehen in einer Nahrungskonkurrenz zueinander (MÖLLMANN et al. 2004) und werden beide von der Zooplanktonproduktion abhängig sein, deren Entwicklung unter dem Klimawandel in der Ostsee nicht ausreichend eindeutig einzuschätzen ist. Adulte Heringe sind jedoch auch von der Verfügbarkeit größerer, an höhere Salzgehalte gebundener Organismen abhängig (RÖNKKÖNEN et al. 2004), so dass reduzierte Salz- und Sauerstoffbedingungen ihre Nahrungsgrundlage beeinträchtigen. Am ungünstigsten erscheint die Zukunft des Dorschbestandes in der zentralen Ostsee, der sich bei Reduktion des Salzgehaltes und positiver Entwicklung des Sprottenbestandes kaum längerfristig erhalten kann. Eine Chance für einen Bestandserhalt kann sich nur durch verstärkten Einstrom von Nordseewasser und starke Reduktion des gegenwärtig sehr hohen Fischereidrucks ergeben. Unter solchen Bedingungen könnte der Dorschbestand eine ausreichende Größe entwickeln, um den Sprottenbestand durch Zehrung in seiner Größe begrenzt zu halten und damit auch die Zehrung am Copepodenplankton zu begrenzen und das Nahrungsangebot der Dorschlarven zu verbessern.

## Veränderungen in anderen Gebieten

Französische Wissenschaftler finden eine deutliche Zunahme tropischer Fische in der Biskaya Bucht (QUERO et al. 1998). SWABY & POTTS (1999) beobachten zum ersten Mal in britischen Gewässern sailfin dory (*Zenopsis conchifer*) und schätzen, dass diese Art ihr Verbreitungsgebiet etwa um 60 km/Jahrzehnt nach Norden verschiebt.

Auch STEBBING et al. (2002) berichten über das Auftreten von nahezu 20 völlig neuen Arten für die südlichen Gebiete der englischen Westküste (Cornish) in der Zeit von 1960 bis 2001. Neue Arten sind: Thunfisch (*Thunnus obesus*), Heringskönig, Seepferdchen (*Hippocampus hippocampus*), europäischer Barrakuda (*Sphyræna barracuda*) und Pfeilhecht (*Sphyræna sphyraena*). Britische Fischer berichten, dass sich die Fischerei auf die Große Seespinne (*Maia squinado*) kontinuierlich nach Norden verschoben hat (ANON. 2003).

Im westlichen Mittelmeer sind die Sardine und Sardelle die wichtigsten Fischarten in der Ringwaden-Fische-

rei. Die Anlandungen beider Arten sind seit 15 Jahren rückläufig, während die Sprotte völlig aus der kommerziellen Fischerei verschwunden ist. Der Rückgang der Sprotte hängt höchstwahrscheinlich mit der Erwärmung des Mittelmeeres um 1.1 °C seit Anfang der 1970er Jahre zusammen. Beim Rückgang von Sardine und Sardelle wird der Klimawandel neben der intensiven Fischerei als mögliche Ursache diskutiert. Gleichzeitig wird eine nordwärts gerichtete biogeographische Verschiebung des Verbreitungsgebietes von *Sardinella* (*Sardinella aurita*) korreliert mit der Änderung der Wassertemperatur und begünstigt durch den Rückgang von Sardine und Sardelle beobachtet (SABATÉS et al. 2006).

## Schlussbetrachtung

Seit 1990 werden in der Nordsee und benachbarten Gewässern eine rasante Veränderung in der Zusammensetzung der Fischfauna beobachtet, korreliert mit der Zunahme der Wassertemperatur und begünstigt durch die Südwestwinde, die seit 1988 stärker und häufiger geworden sind (LOZÁN et al. 2003). In der Nordsee beobachten wir eine Verschiebung des Verbreitungsgebietes der borealen Arten nach Norden und gleichzeitig eine Zunahme der Anzahl der mediterran-atlantischen Arten. Einige davon pflanzen sich in der Nordsee bereits fort und zeigen erste Anzeichen einer Etablierung.

Nach Angabe des U.K. Climate Programmes wird die Temperatur der Nordsee bis 2050 um 1,0–2,5 °C und bis 2080 um 1,5–4,0 °C weiter ansteigen. Die genauen Folgen der Erwärmung für die Fischgemeinschaft der Nordsee bis Ende dieses Jahrhunderts sind noch schwer abzuschätzen. PERRY et al. (2005) berechnen aufgrund der o.g. Temperaturprognose, dass beispielsweise der Blaue Wittling und der Rotbarsch (*Sebastes* sp.) um 2050 und 2080 völlig aus der Nordsee verschwunden sein werden. Das Ausmaß dieser Änderungen wird vor allem auch davon abhängig sein, wie sich die Räuber-Beute Beziehungen entwickeln. Insgesamt werden alle Änderungen in diesem Jahrhundert große Konsequenzen für die Nordseefischerei haben.

In der Ostsee spielen neben den Temperatur- und Windbedingungen die Veränderungen im Niederschlag und Süßwassereintrag eine entscheidende Rolle. Die erwartete Reduktion im Salzgehalt wird eine Ausweitung der Süßwasserarten in diesem Lebensraum ermöglichen und eine generell negative Wirkung auf die marinen Fischbestände haben, die einer z.T. positiven Wirkung der Temperaturerhöhung entgegenläuft. Das Schicksal der marinen Bestände in der Ostsee wird zum einen vom Grad der Aussüßung und der noch nicht einzuschätzenden Entwicklung der Planktonproduktion abhängig sein, zum anderen aber – insbesondere beim Dorsch – entscheidend vom Verhalten der Fischerei bestimmt werden.