

4.12 Fischerei und Klimavariabilität: Historische Fallbeispiele

HEIN VON WESTERNHAGEN & DIETRICH SCHNACK

Fischerei und Klimavariabilität: Historische Fallbeispiele - Der vorliegende Beitrag versucht, den Einfluss des Klimas auf die Entwicklung von Fischbeständen und Fischerei zu analysieren und verwendet dabei historische Daten aus der Fischerei auf pelagische Arten (Hering, Sardinen, Sardellen) und Bodenfische (Kabeljau) des Atlantiks (inklusive Ostsee) und des nördlichen Pazifiks. Seit dem Mittelalter bis heute konnten gravierende Einflüsse des Klimas auf die Entwicklung von Fischbeständen beobachtet werden; allerdings hatten Veränderungen in der Temperatur nicht immer gleichartige Auswirkungen auf die Fischbestände. Sardinen-Bestände zeigten z.B. während der atlantischen Erwärmung in den 1930er Jahren sowohl im Pazifik als auch im Ostatlantik und der Adria eine positive Entwicklung; während der Bohuslän-Heringsbestand in der westlichen Ostsee und die Fischerei auf diesen Bestand sich in einer Zeit der Abkühlung des Nordatlantiks besonders intensiv entwickelten. Die Kabeljaubestände vor West-Grönland und Island hatten ihre Blütezeit dagegen während einer Warm-Periode des Nordatlantiks. Obwohl die Wirkmechanismen für gute oder schlechte Bestandentwicklungen nicht vollständig geklärt sind, so ist doch allgemein anerkannt, dass die Einflüsse auf die sehr empfindlichen frühen Entwicklungsstadien der Fische und artspezifisch unterschiedliche Ansprüche an diese Bedingungen entscheidend sind. Die gegenwärtige Wärmephase hat in der Nordsee eine verstärkte Einwanderung »südlicher« Arten durch den englischen Kanal ermöglicht. Das Auftreten aller Lebensstadien (vom Ei bis zum adulten Fisch) lässt vermuten, dass diese »südlichen« Arten sich in ihrem neuen Lebensraum auch erfolgreich fortpflanzen können. Ein weitergehender globaler Temperaturanstieg könnte eine Erweiterung der geographischen Verbreitung von Fischarten im Meer und im Süßwasser und Erhöhung der Artendiversität und Produktivität bewirken.

Abstract: Fishery and Climate Change - Historical Case Studies: The contribution tries to analyze climatic influence on fish stocks and fisheries using historic and recent information on the stocks of pelagic (anchovy, sardine, herring) and benthic (cod) fish from the Atlantic and the Baltic Sea and the northern Pacific. From the middle ages until today, climate has had a pronounced impact on some of these fish stocks. Yet, changes in temperature have not always caused identical effects on fish populations. Sardines showed a particular good development during an Atlantic warming period (1930s) in the Pacific as well as in the East Atlantic and the Adriatic Sea. While positive developments in the Bohuslän (Baltic) herring stocks and its fishery coincided with a cooling of the North Atlantic system. In contrast, the West-Greenland and Icelandic cod stock flourished with the warming of the North Atlantic. Exact cause-effect-relationships between climatic variability and fish stock development are still largely uncertain, although it is widely accepted that the driving forces for variations in fish stock development are those that exert influence on species-specific recruitment processes. The latest warming period, which is still lasting, stimulated an increased northward migration of "southern" species through the English Channel into the North Sea. An anticipated future rise in global temperature is likely to enlarge the geographic distribution of marine as well as freshwater species with a trend towards a broadening of species diversity and productivity.

Πάντα ρηεῖ - alles ist im Fluss, wusste schon Heraklit in der griechischen Antike und diese Aussage trifft auch für das Klima und seine Wirkung auf Fischbestände zu. Die Feststellung, dass das Klima oder sogar das Wetter, Auswirkungen auf Fischbestände haben, bedeutet eigentlich, »Eulen nach Athen zu tragen«. Jedermann weiß, dass in der Nordsee andere Fische leben als im Mittelmeer oder etwa in tropischen Korallenmeeren, wo die Witterungsbedingungen, und insbesondere die Temperaturen völlig anders sind als in den polaren oder gemäßigten Regionen dieser Erde. Das gilt sowohl bei Süßwasser- (SHUTER & POST 1990), als auch bei Meeresfischen (CUSHING & DICKSON 1976; UDA 1952; SOUTAR & ISAACS 1974). So sind denn deutliche Auswirkungen von Klimaverände-

rungen auf Verteilung, Wachstum und Überleben auf unterschiedlichen Lebensstadien und in den verschiedensten geographischen Zonen nachgewiesen.

Die eigentlich interessante Fragestellung zu diesem Thema ist die nach der Art der Zusammenhänge zwischen Klimaänderungen und Fischbeständen. In der Vergangenheit sind denn mögliche Zusammenhänge auch schon ausführlich in der Wissenschaft diskutiert worden (CUSHING & DICKSON 1976; CUSHING 1982; SISSEWINE 1984; SHEPHERD et al. 1985; LAEVASTU 1993; ALHEIT 2011), und der vorliegende Beitrag versucht, die wichtigsten Erkenntnisse zusammenzufassen und einige der anstehenden Fragen zu diesem Thema zu beantworten.

Da bei Fischen als ektothermen Organismen Entwicklung, Wachstum und Fortpflanzung, also der gesamte Metabolismus, direkt auf die Temperatur im Außenmedium reagiert (HOKANSON 1977; BRETT 1979) ist es nicht erstaunlich, dass sie sowohl im Labor als auch in der Natur ausgeprägte Temperaturpräferenzen zeigen. Dabei liegt die »Vorzugstemperatur« für eine bestimmte Art immer in der Nähe ihrer »physiologischen Optimaltemperatur« (COUTANT 1987). Die Existenz einer Temperaturpräferenz impliziert auch, dass die thermische Struktur eines Wasserkörpers den Raum, der zur Erhaltung einer Art in einem Gewässer geeignet ist, limitiert; d.h. die Temperatur ist eine »ökologische Ressource« (MAGNUSON et al. 1979), durch welche die Verbreitung einer Art maßgeblich bestimmt wird. Das bedeutet, jede Klimaänderung kann dazu führen, dass sich Verbreitungsgrenzen von Fischarten sowohl im Süßwasser als auch im Meer verschieben und während bestimmter Perioden Fische in Massen vorkommen, dann aber aus scheinbar unerklärlichen Gründen wieder verschwinden können.

Neben der rein physiologischen Temperaturpräferenz des Fisches bestimmen auch andere Faktoren ihr Vorkommen, und ein ausschlaggebender Faktor ist die ausreichende Verfügbarkeit von Nahrung. Generell kann davon ausgegangen werden, dass Wind und die durch Winde hervorgerufenen Mischungsvorgänge die Nährstoffverfügbarkeit im Meer fördern und eine wichtige Voraussetzung für die Produktion von Nahrung im Meer darstellen. Dieses gilt insbesondere für kurze Wechsel von Wind- und Ruhephasen in Auftriebsgebieten (MANN 1993), Vorgänge, die zu Diatomeenblüten führen, und die über eine hohe Zooplanktonproduktion

große Fischbestände ernähren, wie z.B. für den Nordpazifik beschrieben (WARE & THOMSON 1991). Werden windinduzierte Turbulenzen dagegen zu stark, kann der positive Effekt wieder nachlassen, so dass hier von einem »optimalen Fenster« der Witterungs- oder Klimabedingungen gesprochen wird, das für die Entstehung starker Jahrgänge Voraussetzung sein kann (CURY & ROY 1989). So können aus dem Wechsel der unterschiedlichen Wetterlagen während empfindlicher Entwicklungsphasen verschieden starke Jahrgänge entstehen.

Langfristige Bestandsschwankungen großer Fischereien

Wann immer in historischer Zeit eine außergewöhnlich große Menge Fisch im Meer vorhanden war, hat sich dort auch eine bedeutende Fischerei entwickelt. Da es sich, insbesondere bei marinen Arten, häufig um Laichansammlungen handelte, die üblicherweise nur zu bestimmten Jahreszeiten stattfanden, wurden diese Ereignisse auch wegen ihrer Einmaligkeit z.T. schon seit historischer Zeit dokumentiert. Dieses gilt insbesondere für die »großen Fischereien«, zu denen die Fischerei auf heringsartige und kabeljauartige Fische gehört. Entsprechende Quellen stellen heute einen Nachweis dafür dar, dass es schon zur Zeit des Mittelalters zu starken Fluktuationen in Fischbeständen und der Ausübung der Fischerei gekommen ist.

Pelagische Bestände

Von besonderem Interesse sind die bisher ungeklärten Zusammenhänge zwischen der Entwicklung von Beständen, die räumlich weit voneinander getrennt vor-

Tab. 4.12-1: Parallele Fluktuationen der Sardinenfischerei in Japan und der Adria.

| <i>Japanische Sardine (Uda 1952)</i> | <i>Adriatische Sardine (Zupanovič 1968)</i> |
|--|--|
| · Ungefähr 1500-1600 Beginn der Fischerei | · Sehr gute Fischerei, besonders zwischen 1553 und 1588 |
| · 1660, gute Fischerei in Tyosi | · Gute Fischerei, besonders nach 1670 |
| · 1680-1730, gute Fischerei (1716-1724 extrem gute Fischerei) | · Extrem gute Fischerei, besonders zwischen 1718 und 1725 |
| · 1736-1789, schlechte Fischerei (1768-1780 extrem schlechte Fischerei) | · Schlechte Fischerei zwischen 1730 und 1780 (Extrem schlechte Fischerei bei den Inseln Visu und Hvar) |
| · 1818-1859, gute Fischerei (1830 extrem gute Fischerei) | · Gute Fischerei (Extrem gute Fischerei zwischen 1830 und 1840) |
| · 1870-1890, schlechte Fischerei (1884-1888 extrem schlechte Fischerei) | · Schlechte Fischerei, mit Ausnahme der Jahre 1875/76 (Von 1878 bis 1882 extrem schlechte Fischerei bei Visu) |
| · 1917-1921 gute Fischerei im Japanischen Meer | · Gute Fischerei in der Adria von 1919-1921 |
| · 1923-1928, schlechte Fischerei | · Schlechte Fischerei |
| · 1929-1939, sehr schlechte Fischerei | · Sehr schlechte Fischerei zwischen 1929 und 1940 |
| · 1941-1947, schlechte Fischerei | · 1946-1948, schlechte Fischerei |
| · 1951-1957, schlechte Fischerei | · Schlechte Fischerei von 1951 bis 1955 |

kommn. So zeigten z.B. die Bestände der japanischen Sardine (UDA 1952) und der adriatischen Sardinenbestand in der Zeit vom 16. bis zum 20. Jahrhundert (ZUPANOVITCH 1968) (Tab. 4.12-1), einen ähnlichen Entwicklungsverlauf und im Prinzip lassen sich derartige Zusammenhänge für die Zeit ab 1905 auch noch auf die kalifornische und spanische Sardine erweitern. Extrem gute und extrem schlechte Fangperioden fielen hier jeweils zusammen und legen das Wirken eines überregionalen Mechanismus nahe. Alle vier Bestände hatten in den 1930er Jahren, eine Zeit der Erwärmung für den Nordatlantik, und der damit verbundenen Förderung von wärmeliebenden Arten wie der Sardine, eine ausgesprochen starke Entwicklung zu verzeichnen (CUSHING & DICKSON 1976).

Im Gegensatz zu synchron verlaufenden Bestandsentwicklungen wie für Sardinen dokumentiert, gab es aber auch Entwicklungen die bei einer Betrachtung der Langzeitveränderungen ein eher gegenläufiges Muster bei räumlich getrennten Beständen erkennen lassen. Als Beispiel kann ein Vergleich der Fischerei auf überwinterte Nordseeheringe an der Westküste Schwedens, der Bohuslän-Küste, die seit mehreren Jahrhunderten dokumentiert ist, mit der Fischerei auf den im Frühjahr laichenden atlanto-skandischen Hering vor der norwegischen Küste dienen. Die Perioden guter Fischerei auf den atlanto-skandischen Hering konnten von BEVERTON & LEE (1965) mit dem Zyklus der Treibeisbedeckung nördlich Islands korreliert werden, was einen klimatisch bedingten Einfluss auf die Periodizität wahrscheinlich erscheinen lässt. Obwohl beide der oben genannten Fischereien zeitweilig deutlich alternierten, so sind doch auch Überlappungen erkennbar (Tab. 4.12-2), wie in der Zeit zwischen 1744–1786, als beide Fischereien florierten. Korrespondierend zur Heringsfischerei vor Norwegen und alternierend zur Bohuslän-Fischerei verlief auch die japanische Sardinen-Fischerei, während die Hokkaido-Heringsfischerei keinen Zusammenhang zur Entwicklung der anderen

drei Bestände zeigte. KAWASAKI (1992) weist auf eine etwa synchrone Entwicklung von drei pazifischen Sardinops- und der atlantischen Sardina-Population hin und stellt für die Heringe des Nordpazifik, *Clupea pallasii*, und des Nordatlantik, *Clupea harengus*, starke Gemeinsamkeiten in der Bestandsfluktuation fest. Der Zyklus der Sardine verläuft dabei etwa alternierend zu dem der Heringe. Dort, wo Zusammenhänge auftreten, nehmen CUSHING & DICKSON (1976) an, dass großräumige Periodizitäten wahrscheinlich mit globalen Klimaschwankungen assoziiert sind, die mit den wiederkehrenden Erwärmungen oder Abkühlungen des Nord-Ost-Atlantiks zusammenhängen.

Zwei Klimasignale, die insbesondere auf den Nordatlantik einen starken Einfluss ausüben sind die Nordatlantische Oszillation (NAO – Wirkmechanismus über regionale Luftdruckdifferenzen) und die Atlantische Multidekaden-Oszillation (AMO – Definition über langfristige Schwankungen der Oberflächentemperatur des Nordatlantik), die jeweils über einen Index bestimmt werden (siehe ALHEIT 2011). Ein positiver NAO-Index bringt z.B. mildes Klima über dem Nordatlantik und Nord-Europa, bei einem negativen Index verstärkt sich der Einfluss sibirischer Kaltluft. Beim AMO folgen Warm- und Kaltphasen aufeinander (Periodenlänge etwa 50–70 Jahre) – derzeit befinden wir uns in einer Warmphase, die seit etwa 1990 beobachtet wird.

Mithilfe einer Reihe nationaler und internationaler mariner Monitoringprogramme konnte eine deutliche Zunahme von Sardinen (*Sardina pilchardus*) und Sardellen (*Engraulus encrasicolus*), sogenannte »lusitanische«, wärmeliebende Arten, seit Mitte der 1990er Jahre in Nord- und Ostsee belegt werden (BEARE et al. 2004). Alle Lebensstadien Eier, Larven, Juvenile und Adulte, beider Arten waren betroffen (ALHEIT et al. 2010). Ähnliche Verhältnisse hatte AURICH (1953) schon 1951 feststellen können, als er das Vordringen beider Arten nach Norden beschrieb. Ein Vergleich des reichlichen Vorkommens von Sardinen und Sardellen

Tab. 4.12-2: Perioden der Bohuslän-Heringsfischerei, der Fischerei auf atlanto-skandischen Hering und der japanischen Sardinenfischerei. Perioden 1.-4. der Bohuslän-Fischerei wegen fehlender präziser Aufzeichnungen nur als Schätzwerte verwendbar. Jh.=Jahrhundert. Daten entnommen aus CUSHING & DICKSON 1976, sowie ALHEIT & HAGEN 1997 (siehe auch Tab.4.12-1).

| Perioden der Bohuslän-Fischerei | Atlanto-skandische Fischerei | Japanische Sardinenfischerei |
|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. Ende des 10. Jh. - Anfang 11. Jh. | | |
| 2. Ende des 11. Jh. - Anfang 12. Jh. | | |
| 3. Ende des 12. Jh. - Mitte 13. Jh. | | |
| 4. Ende des 13. Jh. - Mitte 14. Jh. | | |
| 5. 1420 - 1474 | keine Daten | |
| 6. 1554 - 1588 | keine Daten | Beginn der Fischerei |
| 7. 1660 - 1685 | 1600-1655 | 1683-1700 |
| 8. 1744 - 1808 | 1700-1786 | 1700-1730 |
| 9. 1879 - 1896 | 1819-1872 | 1810-1860 |
| 10. keine Fischerei | 1921-1968 | 1919-1940 |

in der Nordsee zeigt eine deutliche Übereinstimmung mit Perioden, in denen die AMO in einem positiven Zustand war (ALHEIT 2011). Auch die anhaltende Erholung und das Vordringen des Bestandes des norwegischen Frühjahrslaicherherings nach Norden bis Island und Jan Mayen, von Mitte der 1990 Jahre bis heute, decken sich zeitlich mit einer positiven Phase der AMO.

Bodenfischbestände

Als Beispiel für Bodenfischbestände soll hier die gut dokumentierte Entwicklung der atlantischen Kabeljau-fischereien dargestellt werden. Abundanz und Biomasse der dominierenden kabeljauartigen Fische der Nordsee unterlagen im 20. Jh. immer gewissen Schwankungen, doch lagen die Anlandungen von 1903 bis 1960 immer im Bereich von 200.000-300.000 t/Jahr. Zu Beginn der 1960er Jahre kam es dann in der Nordsee zum so genannten »gadoid outburst«, einem rasanten Anstieg der Anlandungen der Kabeljauartigen. In dieser Zeit stieg die Gesamtbiomasse der Gadiden in der Nordsee um den Faktor 5 an. Um die Nahrungsgrundlage für eine derartige Bestandsvergrößerung zu gewährleisten, müssen auch gleichzeitig die Bestände der Haupt-Nahrungsorganismen erheblich zugenommen haben. Eine Schätzung liegt bei ca 13 Mio. t Nahrungsbiomasse für die Jahre 1974–1976 (1990–1992 nur ca 4 Mio. t), eine Zeit, in der die Gadiden-Bestände in der Nordsee schon wieder rückläufig waren. Zu Beginn der 1990er Jahre waren die Kabeljauartigen wieder auf ihr Bestandsniveau von 1960 »zurückgefallen«. Bis heute sind die Gründe für dieses plötzliche Anwachsen der Gadidenbestände in der Nordsee nicht zufriedenstellend geklärt (HISLOP 1996). Spekulationen, die auf einen Zusam-

menhang von Makrelen und kabeljauartigen in der Larven- und Post-Larvenphase beruhen, ließen sich nicht bestätigen. Ein die Rekrutierung positiv beeinflussendes klimatisches Element scheint möglich, lässt sich aber nicht nachweisen.

In einer der ganz großen Kabeljaufischereien, der isländischen Winter- und Frühlingsfischerei, die über einen Zeitraum von nahezu 300 Jahren (1600–1900) dokumentiert ist (JONSSON 1994), stellt sich die Situation etwas klarer dar. Um mögliche Zusammenhänge zwischen der Fischerei und Klima zu erkennen, wurden historische Daten zu Anlandemengen auf einer Skala zwischen 1–6 bewertet (6 = beste Fänge), und mit Aufzeichnungen zur Jahresdurchschnittstemperatur verglichen. Die in *Abb. 4.12-1* dargestellte Fangmengenkurve für isländischen Kabeljau folgt den Temperaturschwankungen, die in Zyklen von 50–60 Jahren verlaufen ($r = 0,85$). Bei niedrigen Temperaturen war die Fischerei schlecht und verbesserte sich bei ansteigenden Temperaturen. Die langfristige Verschlechterung der Fischerei in der Zeit von 1650 bis 1700 wird von einer gleichgerichteten Klimaentwicklung begleitet. Die Tatsache, dass die Fangmengen nur zwischen 20.000 und 30.000 t/Jahr betragen (weniger als 10% der Fänge von 1930 und 1955, die bei nahezu 600.000 t lagen) macht deutlich, dass es sich bei den beobachteten Fluktuationen um natürliche Ereignisse und nicht um fischereibedingte Effekte handelte, da die Fischerei noch kein bestandsbeeinflussender Faktor war. Zur gleichen Einschätzung kommt auch OIESTAD (1994) bei der Bewertung der Prozesse zur Entwicklung des nord-ost-arktischen Kabeljaubestandes in der Barentssee.

Abb. 4.12-1 macht aber auch deutlich, dass lang-

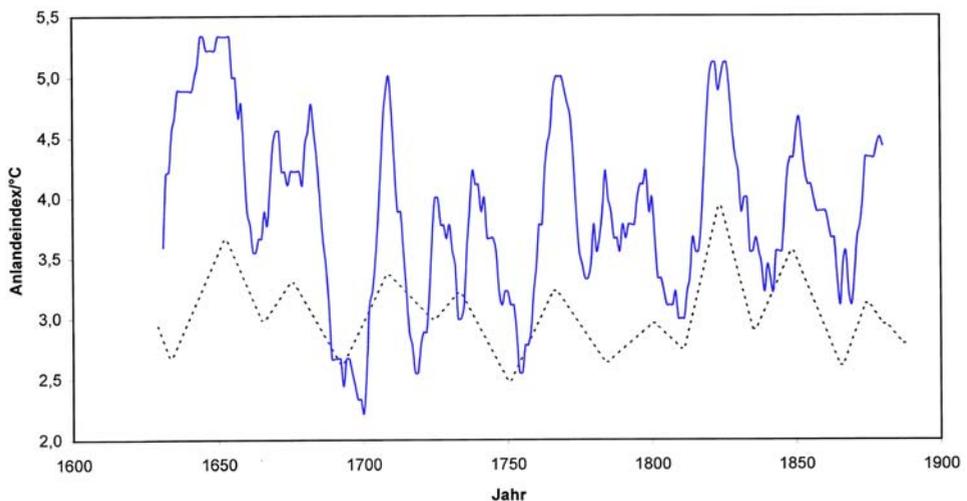


Abb. 4.12-1: Isländische Winterfischerei 1600-1882 (nach JONSSON 1994). Gestrichelte Linie: Temperatur (°C). Durchgezogene Linie: Anlandeindex als 9-fach übergreifendes Mittel

fristig über einen Zeitraum von 300 Jahren betrachtet (1600–1900) kein genereller Trend in der Fischereientwicklung zu erkennen ist. Erst seit Beginn der industriellen Fischerei des 20. Jh. ist in der Gesamtbestandsentwicklung ein stetig abnehmender Trend zu beobachten, der sehr wahrscheinlich fischereibedingt ist.

Seit der Jahrhundertwende ging der isländische Kabeljaubestand von ca 3,3 Mio. t (1928) auf nur noch 600.000 t im Jahr 1993 zurück. Diese Entwicklung spiegelt den gestiegenen Fischereidruck wider, der in den Altersklassen 5–10 eine fischereiliche Sterblichkeit bis fast 100% (1988) erreichte (SCHOPKA 1994) und mögliche natürliche Rekrutierungsbeeinträchtigungen dominierend, den Bestand des isländischen Kabeljaus derzeit auf einen historischen Tiefpunkt gedrückt hat. Besonders sorgfältig dokumentiert ist die Geschichte der westgrönländischen Kabeljaufischerei, die sich in einem Gebiet gänzlich neu entwickelt hatte. Nach JENSEN & HANSEN (1931) gab es vor Westgrönland bereits eine erste Periode intensiver Kabeljaufischerei in den Jahren um 1820, die zweite begann um 1845 und dauerte bis 1851. In den frühen 1920er Jahren begann dann wieder eine Kabeljaufischerei vor Westgrönland, wo es zuvor nachweislich keine nennenswerten Kabeljauvorkommen gegeben hat (siehe CUSHING & DICKSON 1976; BUCH et al. 1994; HORSTED 2000; STEIN 2011). Die Entwicklung ging offensichtlich einher mit der Erwärmung des nördlichen Nordatlantik in den 1930er und frühen 1940er Jahren; auch beschrieben als »Russel cycle«, während dessen das Vordringen südlicher Arten nach Norden stattfand. Zwischen 1912 und 1923 stiegen die Kabeljaufänge vor West-Grönland von 23,5 t (1912)

auf etwa 600 t (1923) an, um sich dann ab 1930 wie in Abb. 4.12-2 gezeigt zu entwickeln. Die Anlandungen erreichten in den 1960er Jahren über 400.000 t/Jahr. Als der Temperaturabfall in den 1960er Jahren einsetzte, ging die Rekrutierung des West-Grönland Kabeljaus insbesondere nach der zweiten starken Abkühlung 1982/83 rasant zurück, und die Fänge fielen seit 1985 auf unter 20.000 t/Jahr, als eine Rekrutierung nur noch durch den isländischen Kabeljaubestand garantiert war (BUCH et al. 1994; WIELAND & HOVGARD 2002). Die isländischen Jahrgänge 1973 und 1984 waren dann noch einmal für die florierende Fischerei 1988–1990 verantwortlich, bevor 1993 dann nur noch 2.000 t aus der küstennahen Fischerei angelandet werden konnten. Die Gesamtbiomasse der küstenfernen Bestände war 1992 geringer als 1.000 t. Die gegenwärtige Situation ähnelt damit stark der, die zu Beginn dieses Jahrhunderts angetroffen wurde.

Obwohl der Bestand seit seinem Bestehen stark befischt wurde, wird als Grund für seinen letztendlichen Zusammenbruch der durch Abkühlung bedingte Mangel an eigenständigem Rekrutierungserfolg seit dem Ende der 1960er Jahre angenommen (LAEVASTU 1993, BUCH et al. 1994, RÄTZ et al. 1999). Damit kann für den grönländischen Kabeljaubestand als einzigem der bedeutenden rezenten Fischereien dieser Welt eine deutliche klimaabhängige Entwicklung als nachgewiesen angenommen werden. In diesem Kontext hat denn auch DAAN (1994) schon gefolgert, dass die wirklich entscheidenden klimatischen Auswirkungen auf Fischbestände auf dem Niveau der Rekrutierung stattfinden, jedoch in Abhängigkeit vom Gebiet jeweils unter-

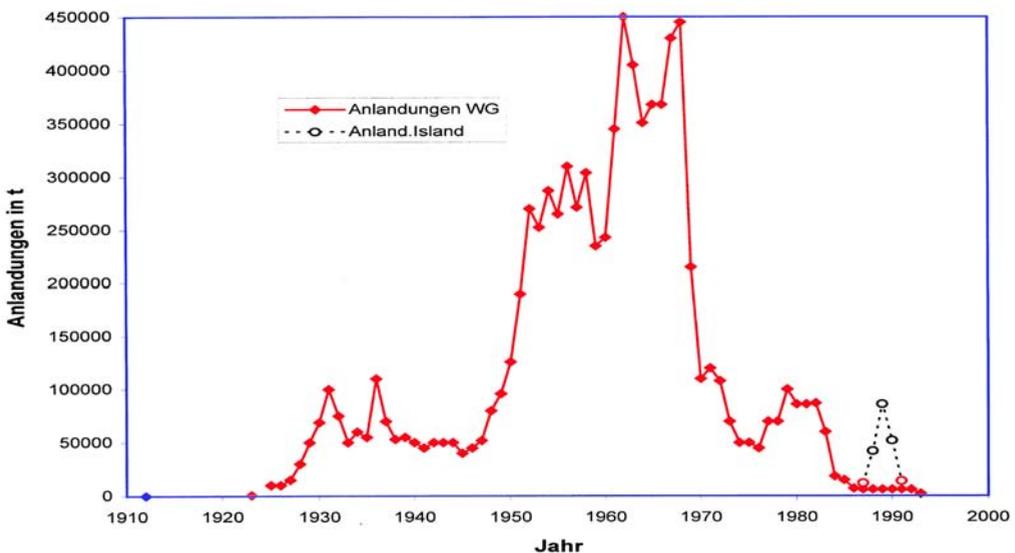


Abb. 4.12-2: Entwicklung der Kabeljaufänge vor West-Grönland (WG) von 1925 bis 1985 (nach CUSHING & DICKSON 1976 und LAEVASTU 1993).

schiedliche Schlüsselparameter wirksam werden wie etwa Temperatur, Strömung oder Salzgehalt, die dann Bestände auf unterschiedliche Art und Weise beeinflussen können.

Bewertung von Bestandsschwankungen

Bei der Bewertung von klimatischen Auswirkungen auf die Fischerei wurden in der Vergangenheit zumeist schwankende Anlandungen als Anzeichen für Auswirkungen von Klimaeinflüssen angesehen. Hierbei darf jedoch nicht übersehen werden, dass Fänge und Anlandungen noch durch eine Vielzahl anderer Faktoren beeinflusst werden können. Diese Faktoren können sowohl technischer als auch ökonomischer Natur sein, aber auch biologische sowie kleinskalige physikalische und eben klimatische Hintergründe haben. Bei dieser Mischung ist die Wirkung der einzelnen Einflussgrößen wie auch die der Fischerei auf die Entwicklung der Bestände und Fangerträge nur schwer getrennt einzuschätzen.

Bei der Betrachtung von möglichen klimabedingten Reaktionen von Beständen darf auch die gegenseitige Beeinflussung großer Bestände sympatrischer Arten nicht außer Acht gelassen werden, da sie maßgeblich zur Gesamtgestaltung des Ökosystems beiträgt. So können sich z.B. in Räuber/Beute-Beziehungen Arten auf verschiedenen Lebensstadien gegenseitig kontrollieren, wie für das Verhältnis zwischen Anchoveta und Seehecht beschrieben (ESPINO & WOSNITZA-MENDO 1989), bei dem die Sardellen die Eier und Larven der späteren Räuber (Seehecht) fressen, aber von den heranwachsenden Seehechten ab Erreichen einer bestimmten Größe selbst gefressen werden. Diese gegenseitige Beeinflussung der Bestände ist auch bei Sardine und Sardelle (Anchoveta) bekannt. So hat die Sardelle 1865–1880 vom Verschwinden der Sardine profitiert, wie von SOUTAR & ISAACS (1974) für das Verhältnis von Sardinen und Sardellen des kalifornischen Santa Barbara Beckens beschrieben. Deutlich wird dieser Zusammenhang auch in der Bestandsentwicklung der kleinen Clupeiden vor der peruanischen Küste (MUCK 1989), wo in den Jahren von 1960 bis 1971 die starken Anchoveta-, *Engraulis ringens*, Bestände diejenigen der Sardinen, *Sardinops sagax*, dominierten (Abb. 4.12-3). Erst nach dem Zusammenbruch der Anchoveta-Bestände 1971 und 1982 gelang es den Sardinen, einen größeren Bestand aufzubauen. Der Grund hierfür ist sicherlich im interspezifischen Verhältnis beider Arten zu sehen, die sich zwar in ihren Nahrungsansprüchen unterscheiden – die Sardine frisst, anders als die Anchoveta, hauptsächlich Phytoplankton und erst in zweiter Linie Zooplankton (KAWASAKI 1992) – aber dennoch starke Nahrungskonkurrenten sind. Dieses könnte auch

der Grund dafür sein, dass die Entwicklung der japanischen Sardinenbestände im Vergleich zu der der Sardelle antizyklisch verläuft (KAWASAKI 1992).

Selbst wenn klimatische Ereignisse Fischbestände über ihre Wirkung auf die Rekrutierung beeinflussen, wie DAAN (1994) annimmt, werden diese Auswirkungen in der Regel nicht, oder nicht unmittelbar, in den Fängen sichtbar, da die Bestände aus mehreren Jahrgängen bestehen und der Ausfall eines Jahrganges sich in der Fischerei nicht sofort oder gar nicht niederschlägt. Veränderungen in der Gesamtbiomasse werden bei langlebigen Arten, selbst bei Ausfall eines ganzen Jahrganges, z.B. durch Wachstumsvorgänge abgefedert. Bei kurzlebigen Fischen jedoch, wie z.B. den kleinen Clupeiden (Heringsartigen) können sich Ausfälle von einzelnen Jahrgängen sofort bemerkbar machen. Aus diesem Grunde können für diese Arten auch einmalige Ereignisse, die dazu führen, dass einzelne Jahrgänge sowohl in der Rekrutierung als auch der Fischerei völlig ausfallen, nachhaltige ökologische und ökonomische Auswirkungen haben. Zu diesen Ereignissen gehören z.B. die El Niños an der Küste Perus oder vergleichbare Vorkommnisse im Benguela Stromsystem Süd-West Afrikas (Benguela Niño), die wir jedoch nicht in die Kategorie der klimabedingten Bestandsveränderungen einordnen würden. Die rasche Erholung der Bestände der Anchoveta z.B. nach dem 1952/53 El Niño-Ereignis (Abb. 4.12-3) spricht deutlich für die Wirkung eines einmaligen Ereignisses.

Gleichfalls muss das Auftreten von kurzen, einige Wochen andauernden, extrem kalten oder warmen Perioden im Verlauf eines Jahres, das z.B. in der südlichen Nordsee zu starken Verlusten bei der Fischbrut führen kann (DETHLEFSEN et al. 1996), eher zu einer Kategorie gerechnet werden, die als »wetterbedingte« Ereignisse (Temperatur, Wind) beschrieben werden könnten.

Unter »klimatischen Effekten« verstehen wir Auswirkungen, die sich durch einen langanhaltenden Trend auszeichnen. Hierzu gehören die Bestandsschwankungen der pazifischen Sardine, die von SOUTAR & ISAAC (1974) durch Schuppenfunde in anaeroben Sedimenten nachgewiesen werden konnten. Da fischereibedingte Effekte zu dieser Zeit noch auszuschließen waren, kann der periodische Niedergang der pazifischen Sardine zwischen 1865 und 1880 mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit einer längerfristigen Klimaveränderung zugeschrieben werden.

Auch die Ereignisse um den Ostseehering, die in der Bohuslän-Fischerei zutage treten und die des Nordostatlantik und der sich darauf konzentrierenden Fischerei (CUSHING & DICKSON 1976) können sehr wahrscheinlich als klimabedingte Ereignisse definiert werden. Aufzeichnungen über die Bohuslän-He-

ringsperioden reichen nahezu 1.000 Jahre zurück und 9 dieser Perioden, die den Fang auf wandernde abgeleitete Nordseeheringe beinhalten, sind bekannt (CUSHING 1982). Die jeweiligen Perioden dauerten immer mehrere Dekaden und sind zeitlich wie aus *Tab. 4.12-2* zu entnehmen anzuordnen. Sie fallen in der Regel mit Kälteperioden zusammen, wie ALHEIT & HAGEN (1996) anhand eines »Winter-Index«, der sich aus den Zehnjahresmitteln historischer Wintertemperaturen in England berechnet, zeigten (*Abb. 4.12-4*).

Die guten Perioden der atlanto-skandischen Heringsfischerei fallen ebenfalls mit Perioden starker Eisbedeckung um Island zusammen (BEVERTON & LEE 1965). Mit dem Rückgang der Intensität der Treibeisbedeckung bei Island, d.h. dem Beginn einer Erwärmung, kamen die jeweiligen Perioden guter Heringsfischerei zu ihrem Ende. Die atlanto-skandische Heringsfischerei alternierte (grob) mit guten Zeiten der Bohuslän-Fischerei, d.h. beide Fischereien profitierten jeweils von niedrigen Temperaturen, die sie beeinflussenden Schlüsselparameter waren aber wohl nicht die selben. OIESTAD (1994) sieht die Gründe in dem periodischen Zusammenbruch der historischen norwegischen Heringsfischerei ebenfalls in der beginnenden Abkühlung und der damit verbundenen Verknappung der Nahrungsbasis für den Hering; insbesondere für die Perioden von 1680–1710 und 1780–1820.

Dagegen hatten die Erwärmungsperioden bei Grönland zwischen 1800 und 2005 einen deutlichen und belegbaren Einfluss auf die Verbreitung von Gadiden in grönländischen Gewässern und haben die Entwicklung dieser Bestände begünstigt, wie STEIN (2007) mit Hilfe von Langzeitklimadaten zeigen konnte. Dieses gilt ebenso für das anhaltende Auftreten eingewanderter »südlicher« Arten in der Nordsee, dass von AURICH (1953), CORTEN & KAMP (1996) und ALHEIT (2011) beschrieben wurde, und als Beginn einer Klimawirkung auf bestimmte Fischarten und ihre Bestände gewertet werden sollten.

Die eigentlich interessante Fragestellung zu diesem Thema ist jedoch die nach der Art der Zusammenhänge zwischen Klimaveränderungen und Fischbeständen, da unterschiedliche Arten auf Klimaveränderungen nicht in gleicher Weise reagieren. In der Vergangenheit sind mögliche Zusammenhänge auch schon ausführlich in der Wissenschaft diskutiert worden und verschiedene Wirkmechanismen vorgeschlagen worden, wie interspezifische Konkurrenz bei dem System Sardine-Sardelle (KAWASAKI 1992), oder Verknappung der Nahrungsbasis (norwegischer Hering, OIESTAD 1994) oder der durch Abkühlung bedingte Mangel an eigenständigem Rekrutierungserfolg wie beim westgrönländischen Kabeljau (LAEVASTU 1993, BUCH et al. 1994, RÄTZ et al. 1999).

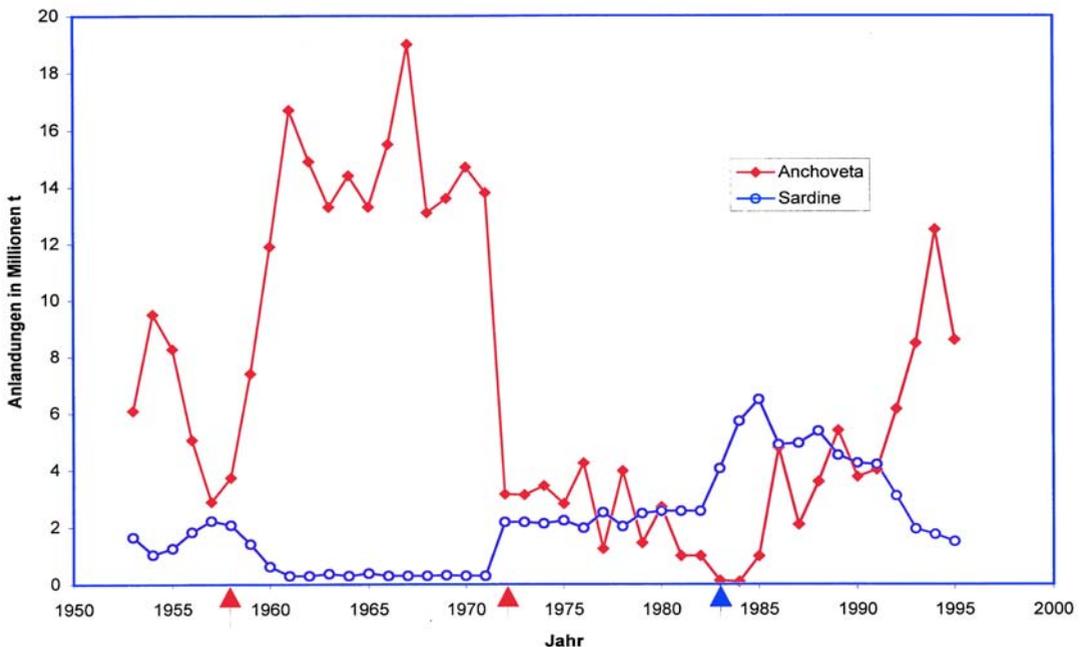


Abb. 4.12-3: Anlandungen aus der peruanischen Anchoveta- und Sardine-Fischerei in der Zeit von 1953–1988. Pfeile zeigen starke El Niño-Ereignisse an. Daten nach Muck 1989.

Die für das 20. Jahrhundert dokumentierten »Fluktuationen« von Fischbeständen sind schwieriger einzuordnen als Veränderungen, die in der vorindustriellen Phase lagen, denn jegliche natürliche oder klimabedingte Beeinflussung wird durch den zuweilen dominierenden Einfluss der Fischerei auf die Fischbestände überlagert, so dass natürliche Effekte verwischt werden. Dieses gilt insbesondere für die Entwicklung und den Verlauf der großen Fischereien des Nordatlantik, wie die Kabeljau- und Heringsfischereien (DAAN et al. 1994; OIESTAD 1994; ALHEIT 2011). Klimatische Einflüsse sind in dieser Zeit besonders am wechselnden Rekrutierungserfolg ablesbar.

Prognose

Marine Ökosysteme

Obwohl wir die El Niño-Ereignisse nicht als Effekte betrachten, die aus einer Klimaveränderung resultieren, können Erkenntnisse aus diesen Ereignissen dennoch einen Hinweis darauf geben, wie sich eine Klimaveränderung, insbesondere eine Temperaturerhöhung auf das marine Ökosystem auswirken könnte. PETERSON et al. (1993) haben dieses am Beispiel der Ereignisse des 1982–1983 El Niño erläutert. Im Zuge der ansteigenden Oberflächentemperaturen vor der chilenischen Küste veränderte sich die Phytoplanktongemeinschaft

zu einer Gesellschaft, die durch Warmwasserformen dominiert wurde. Dieses wiederum beeinflusste das Zooplankton, das sich von einer ursprünglich von Copepoden dominierten Gesellschaft in eine Mischbiozönose, beherrscht von Chaetognathen, Euphausiiden, Appendikularien und Siphonophoren entwickelte. Dieser Wandel hatte Konsequenzen für die Fischfauna entlang der gesamten Westküste der Amerikas; kleine, pelagische Formen nahmen ab, ozeanische Arten wie Makrele, Holzmakrele und Bonito, die das veränderte Nahrungsspektrum, insbesondere die Euphausiaceen, direkt nutzen konnten, wurden häufiger an den Küsten angetroffen und wanderten weit nordwärts.

Eine vergleichbare Entwicklung könnte als Effekt weltweiter Erwärmung zu erwarten sein. In Auftriebsgebieten werden durch erhöhten Windstress zusätzlich ablandige Transportvorgänge zunehmen, die den Reproduktionserfolg kleiner pelagischer Arten beeinträchtigen und große Arten und Bodenfische bevorzugen, so dass in der Summe eine grundsätzliche Änderung in der Ichthyofauna mit entsprechenden Auswirkungen auf die Fischerei zu erwarten ist. Diese Veränderungen werden verallgemeinert in einer Abwandlung einer bisher kurzen Nahrungskette sichtbar, die vom Phytoplankton → Sardine/Sardelle oder Phytoplankton → Copepode → Sardine/Sardelle zu einer längeren Nahrungskette vom Phytoplankton → Copepode → Euphausiaceen/

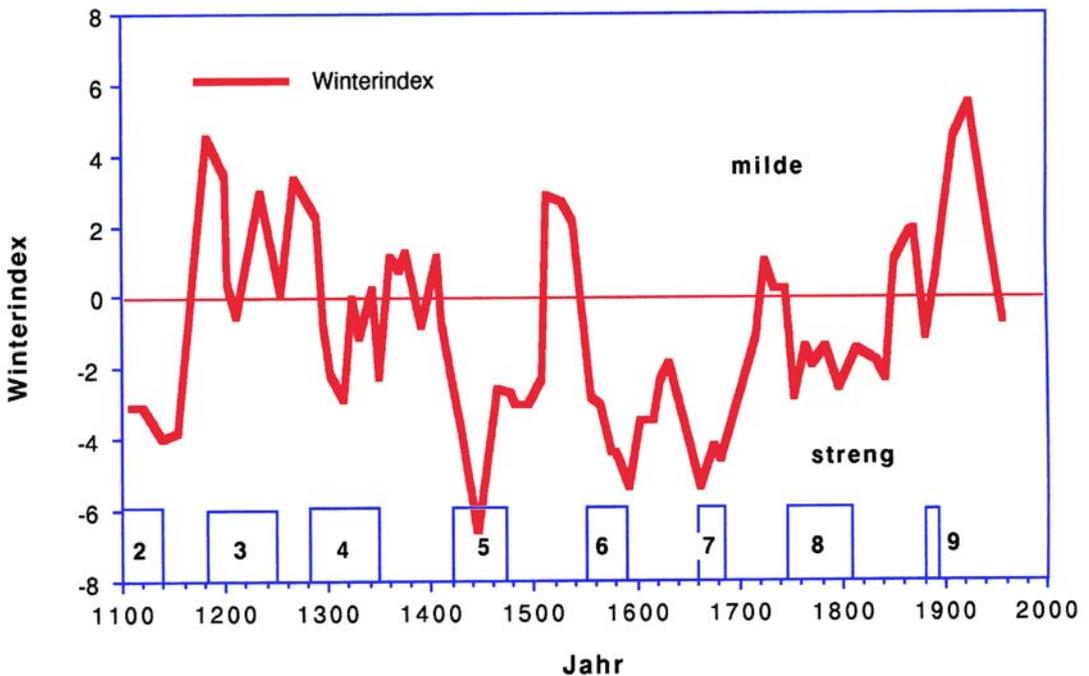


Abb. 4.12-4: Historischer Winterindex und Bohuslän-Heringsperioden von 1100 bis 1950. Ein negativer Index bedeutet kalte Winter (aus ALHEIT & HAGEN 1996).

andere Garnelen → große Wanderfische (Thune, Stachelmakrelen) oder Bodenfische, geht. Diese Veränderungen können in relativ kurzen Zeiträumen verlaufen. Der Zusammenbruch der kurzlebigen pelagischen Bestände geschieht schon innerhalb eines Jahres, wie die El-Niño-Ereignisse zeigen, und auch Veränderungen der Ichthyofauna in Richtung größere Wanderfische erfolgen durch Zuwanderung schnell; nahezu zeitgleich mit dem auslösenden hydrographischen Ereignis.

Im Gegensatz hierzu wird eine allgemeine Erwärmung auf die Bodenfischbestände langsamer aber auch nachhaltiger wirken, wie am Beispiel des westgrönländischen Kabeljaubestandes zu sehen war, der zwischen 1930 und 1968 florierte und dann verschwand. Seine Entwicklung entspricht einer geographischen Verschiebung des Verbreitungsgebietes des Kabeljaus nach Norden, die mit der erfolgten Erwärmung einherging. Ähnliche Ereignisse wurden von Kaltwasserarten des Nordatlantik wie z.B. Rotbarsch (*Sebastes marinus*), Heilbutt (*Hippoglossus hippoglossus*) oder Lumb (*Brosme brosme*) berichtet (MAHON & SANDEMANN 1985). Gleichzeitig dringen Warmwasserarten wie Menhaden (*Brevoortia tyrannus*), Butterfisch (*Pepilus triacanthus*) und Roter Seehecht (*Urophycis chuss*) nach Norden vor (FRANK et al., 1990). Die langfristige Besetzung eines neuen Verbreitungsgebietes wird dann bestimmt durch die Möglichkeit, sich erfolgreich fortzupflanzen, wobei direkte Temperatureffekte auf Eier und Jugendstadien, zum Tragen kommen können (DETHLEFSEN et al. 1996; FRANK et al. 1990).

Süßwassersysteme

Veränderungen in Süßwassersystemen sind bei den Untersuchungen zur weltweiten Erwärmung mehr oder weniger vernachlässigt worden (AUSUBEL 1991). Aus diesem Grunde sind sie auch hier im Zuge der Erwähnung klimatischer Auswirkungen auf Fischereien nicht gesondert abgehandelt worden. Es ist dennoch sehr wahrscheinlich, dass zukünftige klimatische Veränderungen erhebliche Einflüsse auf Versorgung mit und Verteilung von Süßwasser hervorrufen werden; mit entsprechenden gravierenden Auswirkungen auf die Fischfauna. Generell kann in Bezug auf die Fischfauna gesagt werden, dass Biodiversität, Produktion und Erträge in Süßwassersystemen mit zunehmender geographischer Breite abnehmen (REGIER et al. 1990), und die große Masse aller Süßwasserfische in den niedrigen und gemäßigten Breiten lebt. Ihre gegenwärtige geographische Verbreitung würde sich mit zunehmender Erwärmung verschieben, d.h. Auswirkungen einer globalen Erwärmung werden sich insbesondere in nördlichen Breiten bemerkbar machen. Ähnliche Ereignisse haben sich nach den Eiszeiten abgespielt, als z.B. die

nordamerikanischen Seen von über 120 Arten aus dem Bereich des Mississippi und des Atlantik rekolonisiert wurden und eine allgemeine Verschiebung der Verbreitungsgrenzen von borealen Formen nach Norden erfolgte (MANDRAK 1989).

Schlussbetrachtung

Die Tatsache, dass das Klima in »irgendeiner Weise« die Fischerei beeinflusst, ist schon eingangs als »Binsenweisheit« festgestellt worden. Dennoch kann man bei der Bewertung der zahlreichen vorliegenden Untersuchungen und Betrachtungen zur Wirkung des Klimas auf Fischbestände und Fischerei derzeit zu folgenden Schlüssen kommen.

1. Klimatische Veränderungen haben nachweislich vom Mittelalter bis zur Gegenwart sowohl Fischbestände als auch die Fischerei deutlich beeinflusst.
2. Temperaturveränderungen führen nicht immer zu gleichgerichteten Reaktionen in Fischbeständen. Während z.B. die Bohuslän-Heringsperioden und der damit verbundene Aufschwung der Heringsfischerei zeitlich mit einer Abkühlung des marinen Systems zusammenfielen, wurde die Entwicklung der westgrönländischen Kabeljaufischerei durch eine Erwärmung begünstigt.
3. Die genaue Wirkung des Klimas auf einzelne Fischbestände ist in vielen Details noch unklar. Es ist wahrscheinlich, dass Klimaveränderungen über die Veränderungen der hydrographischen Bedingungen (i. e. Temperatur NAO- und AMO-Index) und damit verbundenen Veränderungen in produktionsbiologischen Prozessen einen Einfluss auf Rekrutierungsvorgänge nehmen, deren Mechanismen je nach Art und Gebiet durch unterschiedliche Schlüsselparameter charakterisiert sind.
4. Eine zukünftige Klimaerwärmung bringt zusätzlich zu einer Veränderung der produktionsbiologischen Verhältnisse sowohl im Süßwasser als auch im Meer, eine Verschiebung oder auch Ausweitung der Verbreitungsgrenzen von Arten und regionale Veränderungen/Erweiterungen im Artenspektrums mit sich.

Literatur

- ALHEIT, J. (2011): Klimatisch bedingte Veränderungen der Verbreitung von Fischebeständen. Beispiel: Sardelle und Sardine. In: Lozan, J., H. Graßl, K. Reise. Warnsignal Klima. Die Meere. Änderungen & Risiken, 241-246.
- ALHEIT J., T. POHLMANN, M. CASINI, W. GREVE, R. HINRICHS, M. MATHIS, K. O'DRISCOLL, A. SELL, R. VORBERG & C. WAGNER (2010): Climate variability drives anchovies and sardines into North and Baltic seas. ICES CM 2010/S:14.

- ALHEIT, J. & E. HAGEN (1996): The Bohuslän-herring periods: are they controlled by climate variations or local phenomena? ICES C.M., O: 6, 1-21.
- AURICH, H. J. (1953): Verbreitung und Laichverhältnisse von Sardelle und Sardine in der südöstlichen Nordsee und ihre Veränderung als Folge der Klimaänderung. Helv. Wiss. Meeresunters. 4, 175-204.
- AUSUBEL, J. H. (1991): A second look at the impacts of climate change. Am. Sci. 79, 210-221.
- BEARE, D., F. BURNS, T. GREIG, R. JONES, K. PEACH, M. KIENZLE & D. REID (2004): Long-term increases in prevalence of North Sea fishes having southern biogeographic affinities. Mar. Ecol. Prog. Ser. 284, 269-278.
- BEVERTON, R. J. H. & A. J. LEE (1965): Hydrographic fluctuations in the North Atlantic Ocean and some biological consequences. In: Johnson C. G. & L. P. Smith (Hrsg.): The biological significance of climatic changes in Britain. Institute of Biology Symposia 14, 79-107. Academic Press, London.
- BRETT, J. R. (1979): Environmental factors and growth. In: W. S. Hoar & D. J. Randall (Hrsg.) - Fish Physiology 8, 599-675, Academic Press, London.
- BUCH, E., S. A. HORSTED & H. HOVGARD (1994): Fluctuations in the occurrence of cod in Greenland waters and their possible causes. ICES mar. Sci. Symp. 198, 158-174.
- CORTEN, A. & G. VAN DE CAMP (1996): Variation in the abundance of southern fish species in the southern North Sea in relation to hydrography and wind. ICES J. mar. Sci. 53, 1113-1119.
- COUTANT, C. C. (1987): Thermal preference: when does an asset become a liability? Environ. Biol. Fish. 18, 161-172.
- CURY, P. & C. ROY (1989): Optimal environmental window and pelagic recruitment success in upwelling areas. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46, 670-680.
- CUSHING, D. H. (1982): Climate and fisheries. Academic Press, London, 373 S.
- CUSHING, D. H. & R. R. DICKSON (1976): The biological response in the sea to climate changes. Adv. Mar. Biol. 14, 1-122.
- DAAN, N. (1994): Trends in North Atlantic cod stocks: a critical summary. ICES mar. Sci. Symp. 198, 269-270.
- DAAN, N., H. J. L. HEESSEN & J. G. POPE (1994): Changes in the North Sea cod stock during the twentieth century. ICES mar. Sci. Symp. 198, 229-243.
- DETHLEFSEN, V., H. VON WESTERNHAGEN & P. CAMERON (1996): Malformations in North Sea pelagic fish embryos during the period 1984-1995. ICES J. Mar. Sci. 53, 1024-1035.
- ESPINO, M. & C. WOSNITZA-MENDO (1989): Biomass of hake (*Merluccius gayi*) off Peru, 1953-1987. In: Pauly, D., P. Muck, J. Mendo & I. Tsukayama (Hrsg.) - The Peruvian upwelling ecosystem: dynamics and interactions. ICLARM Conference Proc. 18, 297-305.
- FRANK, K. T., R. J. PERRY & K. F. DRINKWATER (1990): Predicted response of northwest Atlantic invertebrate and fish stocks to C=2-induced climate change. Trans. Am. Fish. Soc. 119, 353-365.
- HISLOP, J. R. G. (1996): Changes in North Sea gadoid stocks. ICES J. mar. Sci. 53, 1146-1156.
- HOKANSON, K. E. F. (1977): Temperature requirements of some percids and adaptation to the seasonal temperature cycle. J. Fish. Res. Bd Canada 34, 1524-1550.
- HORSTED, SV. AA. (2000): A review of the codfisheries at Greenland, 1910-1995. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 28, 1-112.
- JENSEN, A. D. S. & P. M. HANSEN (1931): Rapp. P. V. Réunion. Cons. Int. Explor. Mer 52, 1-41.
- JONSSON, J. (1994): Fisheries off Iceland, 1600-1900. ICES mar. Sci. Symp. 198, 3-16.
- KAWASAKI, T. (1992): Mechanisms governing fluctuations in pelagic fish populations. In: Payne, A. J. L., K. H. Brink, K. H. Mann & R. Hilborn (Hrsg.) - Benguela trophic functioning. South Afr. J. Mar. Sci. 12, 873-879.
- LAEVASTU, T. (1993): Marine climate, weather and fisheries. Fishing News Books, Blackwell, Oxford 204 S.
- MAGNUSON, J. J., L. B. CROWDER & P. A. MEDVICK (1979): Temperature as an ecological resource. Am. Zool. 19, 331-343.
- MAHON, R. & E. J. SANDEMANN (1985): Fish distributional patterns on the continental shelf and slope from Cape Hatteras to the Hudson Strait - a trawl's eye view. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1347, 137-152.
- MANDRAK, N. E. (1989): Potential invasion of the Great Lakes by fish species associated with climatic warming. J. Great Lakes Res. 15, 306-316.
- MANN, K. H. (1993): Physical oceanography, food chains, and fish stocks: a review. ICES J. mar. Sci. 50, 105-119.
- MUCK, P. (1989): Major trends in the pelagic ecosystem off Peru and their implications for management. In: Pauly, D., P. Muck, J. Mendo & I. Tsukayama (Hrsg.) The Peruvian upwelling ecosystem: dynamics and interactions. ICLARM Conference Proc. 18, 386-403.
- OIESTAD, V. (1994): Historic changes in cod stocks and cod fisheries: Northeast Arctic cod. ICES mar. Sci. Symp. 198, 17-30.
- PETERSON, C. H., R. T. BARBER & G. A. SKILLETER (1993): Global warming and coastal ecosystem response: how northern and southern hemispheres may differ in the eastern Pacific Ocean. In: H. A. Mooney, E. R. Fuentes & B. I. Kronberg (Hrsg.) - Earth system responses to global change. Academic Press, New York, 17-34.
- RÄTZ, H.-J., M. STEIN & J. LLORET (1999): Variation in growth and recruitment of Atlantic cod (*Gadus morhua*) off Greenland during the second half of the 20th century. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 25, 161-170.
- REGIER, H. A., J. A. HOLMES & D. PAULY (1990): Influence of temperature change on aquatic ecosystems: an interpretation of empirical data. Trans. Am. Fish.

- Soc. 119, 374-389.
- SCHOPKA, S. A. (1994): Fluctuations in the cod stock off iceland during the twentieth century in relation to changing fisheries and environment. ICES mar. Sci. Symp. 198, 175-193.
- SISSEWINE, M. P. (1984): Why do fish populations vary? In: Exploitation of marine communities (R. M. May, Hrsg.). Springer, New York, 59-94.
- SHEPHERD, J. G., J. G. POPE & R. D. CONSENS (1985): Variations in fish stocks and hypotheses concerning their links with climate. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer 185, 255-267.
- SHUTER, B. J. & J. R. POST (1990): Climate, population variability, and the zoogeography of temperate fishes. Trans. Am. Fish. Soc. 119, 314-336.
- SOUTAR, A. & J. D. ISAACS (1974): Abundance of pelagic fish during the 19th and 20th centuries as recorded in anaerobic sediments off the Californias. Fish. Bull. US 72, 257-273.
- STEIN, M. (2007): Warmng periods off Greenland during 188-2005: Their potential influence on the abundane of cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) in Greenland waters. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 39, 1-20.
- STEIN, M. (2011): Der Kabeljau und das Klima – das grönländische Beispiel. In: Lozan, J. L., H. Graßl, K. Reise (Hrsg.) - Warnsignal Klima. Die Meere: Änderungen und Risiken. 265-270.
- UDA, M. (1952): On the relation between the variation of the important fisheries conditions and the oceanographic conditions in the adjacent waters of Japan. J. Tokio Univ. Fish. 38, 364-389.
- WARE, D. M. & R. E., THOMSON (1991): Link between long-term variability in upwelling and fish production in the northeast Pacific Ocean. Can. J. Aquat. Sci. 48, 2296-2306.
- WIELAND K. & H. HOVGARD (2002): Distribution and drift of Atlantic cod (*Gadus morhua*) eggs and larvae in Greenland offshore waters. J. Northw. Atl. Fish. Sc. 30, 61-76.
- ZUPANOVITICH, S. (1968): Causes of fluctuations in sardine catches along the eastern coast of the Adriatic Sea. Anali Jandranskog Instituta 4, 401-489.

Dr. Hein von Westernhagen
Alfred Wegener Institut für Polar- und
Meeresforschung, Bremerhaven
hwesternhagen@arcor.de

Prof. Dr. Dietrich Schnack
GEOMAR-Helmholtz Zentrum für Ozeanforschung, Kiel
dschnack@geomar.de

Westernhagen, H.v. & D. Schnack (2014): Fischerei und Klimavariabilität: Historische Fallbeispiele. In: Lozán, J. L., Grassl, H., Karbe, L. & G. Jendritzky (Hrsg.). Warnsignal Klima: Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen. 2. Auflage. Elektron. Veröffent. (Kap. 4.12) - www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de.