

Der Rückgang des Kabeljaubestands in der Nordsee

Anthropogene und klimabedingte Ursachen

Geographie 12. Jahrgang
Bei Herrn Sievers

Eine Facharbeit von Alena Sidow und Sophia Tenhaeff
Hamburg, Dezember 2010

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	2
2. Der Kabeljau in der Nordsee	2
2.1. Charakteristik der Nordsee	2
2.2. Charakteristik des Kabeljaus.....	3
2.2.1. Ökonomische Bedeutung	4
3. Anthropogene Einflüsse auf den Kabeljaubestand der Nordsee	5
3.1. Bestandsentwicklung in der jüngeren Vergangenheit	5
3.2. Der Einfluss der Überfischung	6
4. Klimabedingte Faktoren und ihre Folgen für den Kabeljaubestand	7
4.1. Die Veränderung der Wassertemperatur.....	7
4.1.1. Jahreszeitliche Veränderung in der jüngeren Vergangenheit	8
4.1.2. Prognosen zur Entwicklung in den nächsten Jahren	100
4.2. „Biologische Globalisierung“ – Neue Arten in der Nordsee	144
4.2.1. Der Graue Knurrhahn – Der Räuber des Räubers.....	144
4.3. Veränderungen im Planktonbestand	155
4.3.1. Veränderungen in der Planktondichte am Beispiel <i>Calanus finmarchicus</i>	166
5. Fazit und Prognosen für die Entwicklung des Kabeljaus	188
6. Quellenverzeichnis	199
7. Abbildungsverzeichnis	20

1. Einleitung

In den Medien wird viel über mögliche weltweite Veränderungen im Zuge des Klimawandels berichtet. All dies erscheint zunächst einmal so fern, weshalb wir uns mit den regionalen Auswirkungen beschäftigen wollen. Ein Thema, das Deutschland unmittelbar betrifft, ökologisch wie wirtschaftlich.

In der folgenden schriftlichen Ausarbeitung geht es darum, mögliche Veränderungen im Kabeljaubestand in der Nordsee und mögliche Ursachen darzulegen. Nach dieser Analyse möchten wir dazu in der Lage sein, die Zukunftschancen des Kabeljaus in der Nordsee zu beurteilen. Zu unserer Facharbeit stellen wir uns folgende Fragen:

- Leidet der Kabeljaubestand in der Nordsee unter den Folgen des Klimawandels?
- Welche Faktoren wirken dadurch auf diesen Fisch und ist sein Rückgang auch auf die Fischerei zurückzuführen?
- Wie schwer gewichtet sind beide Einflüsse?

In dieser Betrachtung wollen wir uns mit klimabedingten und anthropogenen Ursachen für den Rückgang des Kabeljaubestands in der Nordsee auseinandersetzen. Der Schwerpunkt wird auf den verschiedenen klimabedingten Faktoren liegen, die den Kabeljaubestand beeinflussen.

2. Der Kabeljau in der Nordsee

2.1. Charakteristik der Nordsee

Die Nordsee ist ein Randmeer des Atlantischen Ozeans und befindet sich in Nord-West-Europa, genauer gesagt zwischen den britischen Inseln und dem europäischen Festland. Der Ärmelkanal verbindet über die Straße von Dover die südliche Nordsee mit dem Atlantik. An dieses Randmeer angrenzende Staaten sind Norwegen im Nordosten, Dänemark im Osten und Deutschland im Südosten. Im Südwesten liegen die Niederlande, Belgien und Frankreich, weiter westwärts liegt Großbritannien. Der Norden ist durch eine weite Öffnung in den Atlantik, der Osten durch den Übergang zur Ostsee gekennzeichnet.



Abb. 1: Die Nordsee

Die Nordsee ist durchschnittlich 94 Meter tief und wird als Schelfmeer bezeichnet. Schelfe sind die küstennahen Flachmeerbereiche bis maximal 200 Meter Meerestiefe. Im Süden beträgt die Tiefe 25 bis 35 Meter, erreicht dann aber immer größere Tiefen am Kontinentalhang zwischen Norwegen und dem Gebiet nördlich der Shetlandinseln. Die Nordsee insgesamt ist relativ flach, eine Ausnahme bildet die Norwegische Rinne, welche an der tiefsten Stelle 725 Meter misst.

Die flachste Stelle abseits der Küstengebiete liegt bei der Doggerbank, in der Süd-West-Nordsee. Diese ist eine Untiefe, die teilweise nur 13 Meter unter dem Meeresspiegel liegt.

Die Nordsee selbst ist ein wichtiger Handelsweg und dient als Weg Mittel- und Nordeuropas zu den Weltmärkten. Nicht nur hierzu dient sie vielen Menschen, von ihr profitiert auch die Fischindustrie der Anrainerstaaten. Zu den wichtigsten gefangenen Fischen gehören Makrele, Schellfisch, Seelachs, Scholle und der Kabeljau, mit welchem wir uns in dieser Facharbeit beschäftigen möchten.

2.2. Charakteristik des Kabeljaus

Kabeljau/Dorsch, *Gadus morhua* Linnaeus, 1758; Gadidae, Dorsche

Der Kabeljau gehört zu den Gadidae, einer Familie der Knochenfische, und ist ein Raubfisch. Im Bereich der Ostsee wird er auch als Dorsch bezeichnet. Bis 1970 war der Kabeljau einer der am meisten verbreiteten Fische der Welt. Ursprünglich stammt er aus den Küstengewässern von Alaska und Kanada.

Merkmale: Der Kabeljau ist stromlinienförmig gebaut und hat einen langgestreckten Kopf. Er ist meist grün-gelblich oder rotbräunlich marmoriert, die Färbung des Bauches ist heller bis weiß. An seinem Unterkiefer befindet sich eine Bartel, ein Tastfaden. Zusätzlich zu seinen Schwanz- und Brustflossen besitzt er zwei After- und Bauchflossen und drei Rückenflossen, die kammartig aussehen. Entlang des Rumpfes zieht sich eine ausgeprägte, weiße Seitenlinie¹.

Durchschnittlich erreichen Kabeljaue eine Größe von 60 bis 80 Zentimeter bei einem Gewicht von rund 15 Kilogramm. Heutzutage erreicht ein Tier selten eine Körperlänge über 1,50 Meter oder ein Gewicht über 40 Kilogramm. Vor ihrer starken Dezimierung konnten die



Abb. 2: Ein Kabeljau

¹ Seitenlinien sind Sinnesorgane, die Bewegung in Form von Druckwellen wahrnehmen.

atlantischen Kabeljaue bis zu 2 Meter lang und bis zu 100 Kilogramm schwer werden.

Verbreitung: Das Verbreitungsgebiet des Kabeljaus erstreckt sich über den Nordatlantik von Grönland bis North Carolina und von Spitzbergen bis zur Biskaya sowie über die Nord- und Ostsee. Sein Lebensraum sind also die eher kälteren Klimazonen.

Biologie: Der Kabeljau lebt in Schwärmen und führt ausgedehnte Wanderungen aus. Anzutreffen ist er sowohl in küstennahem Flachwasser als auch in Tiefen bis zu 600 Metern. Bevorzugt besiedelt er kühlere Gewässer von 0- 10°C.

Der Kabeljau ernährt sich von Plankton und mit zunehmender Größe von sogenannten Benthosorganismen, bodenbewohnenden marinen Tieren wie Krebsen, Würmern und Weichtieren. Die ausgewachsenen Kabeljaue sind Fischräuber und erbeuten Schwarmfische wie z.B. den Hering oder den Sandaal.

Fortpflanzung und Stadien: Die Laichzeit der meisten Populationsgruppen des Kabeljaus ist von Januar bis April. Die Nordseekabeljaue laichen hauptsächlich in der Süd- und Westnordsee. Sie benötigen hierzu eine Wassertemperatur von etwa 4-6°C. Es werden pro Rogener² 500.000 bis 5 Millionen Eier, welche ungefähr 1,5mm messen, von den Weibchen ins freie Wasser abgegeben.

Die Larven schlüpfen nach 2-4 Wochen und haben anfangs eine Körperlänge von 5 mm. Während und direkt nach dem Schlupf versorgt sie ein Dottersack mit Nahrung. Spätestens wenn dieser zur Neige geht, müssen sie geeignete Nahrung finden. Nach 3-5 Monaten und einer Körperlänge von 3-6 cm gehen sie dann zur bodenorientierten Lebensweise über.

Die Wachstumsrate hängt von der Wassertemperatur, der Qualität sowie Quantität des Nahrungsangebots und der Nahrungskonkurrenz ab. Der Zeitpunkt der Geschlechtsreife variiert je nach Population, aber durchschnittlich ist der Kabeljau mit ca. 7 Jahren geschlechtsreif. Er kann über 25 Jahre alt werden.

2.2.1. Ökonomische Bedeutung

Der Kabeljau spielt für viele Fischereinationen eine wichtige Rolle. Er hat saftiges, jedoch mageres, weißes Fleisch und im Geschmack ist er eher mild. Der norwegische, aus der Wikingerzeit stammende Name „torsk“ für Kabeljau bedeutet „Trockenfisch“. Das Trocknen des Fisches war eine verbreitete Konservierungsmethode in nordischen Ländern. Trockenfische spielten vor dem Aufkommen von Kühlschiffen eine wichtige Rolle als Nahrungsgrundlage und Handelsware. Auch Dorschrogen und die Dorschleber, aus der man lange Zeit Lebertran gewann, gelten als Delikatesse.

² Ist ein laichendes Weibchen

Vor einigen Jahrzehnten wurden für Fischstäbchen noch ausschließlich Kabeljaufilets verwendet. Weitere bekannte Gerichte wie die britischen Fish & Chips oder der portugiesische Bacalhao³ bestanden zumeist aus Kabeljaufleisch. Die Nachfrage der Konsumenten war hoch, denn er galt insgesamt als beliebter Speisefisch.

Die große Nachfrage trieb die Preise in die Höhe, sodass sich der Fang für die Fischereiindustrie lohnte. Die Fangmengen stiegen an. So profitierten von diesem Nutzfisch auch die Fischer und die Fisch verarbeitende Industrie. Einst gab es ca. 43 000 Arbeitsplätze in der Fischindustrie, Fischgroßhandel, Fischeinzelhandel und Fischgastronomie. Doch diese Zahl nimmt ab.

3. Anthropogene Einflüsse auf den Kabeljaubestand der Nordsee

3.1. Bestandsentwicklung in der jüngeren Vergangenheit

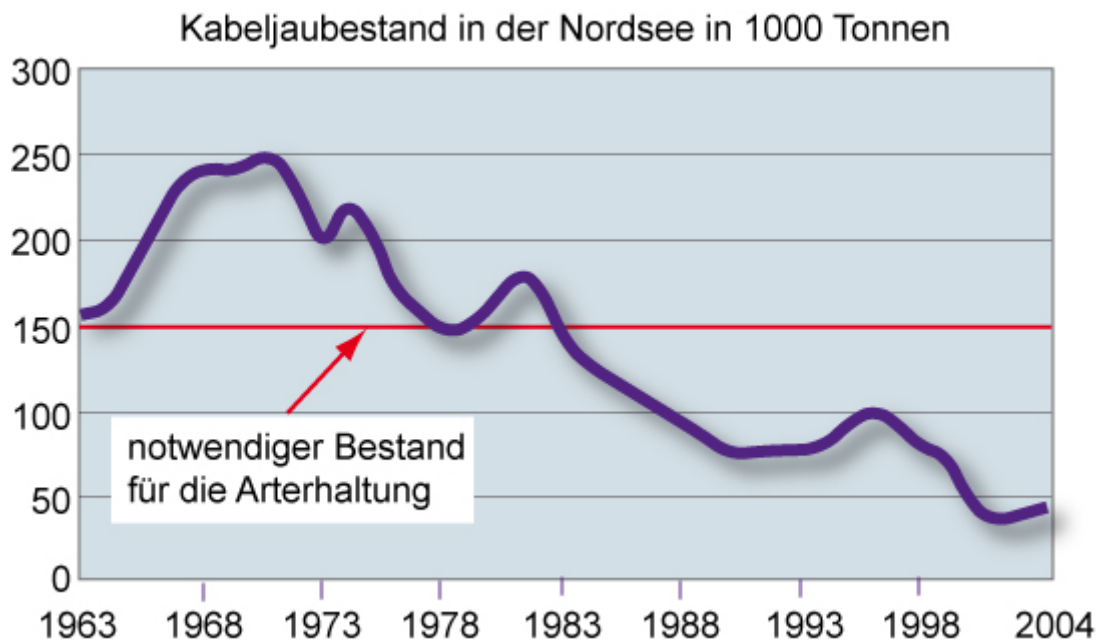


Abb.3: Bestandsentwicklung des Kabeljaus von 1963-2004

Der Kabeljau war von Anfang der 1960 Jahre bis Anfang der 1970 Jahre ein sehr verbreiteter Fisch in der Nordsee. Von ihm gab es um 1970 herum ca. 252000 Tonnen. Ab da an nahm der Bestand ab, bis er 1978 unter den notwendigen Minimalwert zur Arterhaltung sank. Nach 1978 erholte sich der Bestand für einige Jahre, jedoch nahm dieser von 1983 bis 2004 tendenziell ab. Im Jahre 2004 war der Bestand mit 46000 Tonnen nur ein Drittel dessen, was zur Arterhaltung notwendig wäre.

Jedoch ist zu bemerken, dass es sich bei diesen Zahlen nur um die Nordsee handelt, denn der Bestand insgesamt hat keinesfalls abgenommen. Der Kabeljau hat sich nur aus der Nordsee zurückgezogen, hauptsächlich aus der südlichen Nordsee. Nach

³ Eine Art Stockfisch

neuesten Erkenntnissen gibt es Bestandskonzentration in der Barentssee. Daraus kann man schließen, dass sich sein Verbreitungsgebiet nach Norden verschoben hat.

3.2. Der Einfluss der Überfischung

Es gab also einen dramatischen Rückgang im Bestand in der Nordsee. Hierfür ist unter anderem die intensive Überfischung verantwortlich.

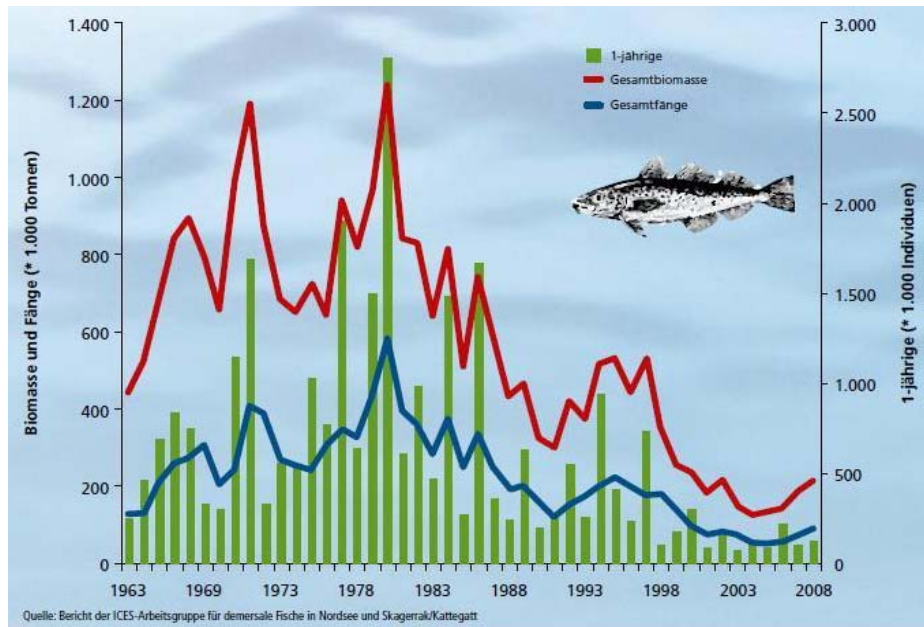


Abb.4: Biomasse der Fangmengen und Bestand der 1-Jährigen Rekruten

Bernreuther, Matthias; Zimmermann, Christopher (2010). Klima und Kabeljau : Fehlt dem Nachwuchs das richtige Futter? ; über das fragile Beziehungsgeflecht in Nahrungsnetzen. Forschungsreport Verbraucherschutz, Ernährung, Landwirtschaft, Heft 2, Seiten 4-8

Im Jahre 1963 betrug die Fangmenge rund 100.000 Tonnen im Jahr. Die Nachfrage nahm aber fortan zu. Zum Ende der 1970er Jahre wurde mehr als dreimal so viel Kabeljau gefangen wie noch in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts⁴. Einige Jahre später, also 1981, erreichte die Fangmenge ihren Höhepunkt mit nahezu 600.000 Tonnen. In den Folgejahren ist zu beobachten, dass die Fangmenge kontinuierlich abnimmt (siehe Abb.4, blaue Kurve).

Während es in den 1980er Jahren ungefähr 270.000 Tonnen geschlechtsreifer Tiere gab, waren es Anfang des 21. Jahrhunderts noch etwa 20% davon, nämlich 55.000 Tonnen. Dies ist deutlich weniger als zur Sicherung des Nordseekabeljaus nötig gewesen wäre, hierfür wäre mehr als das Dreifache erforderlich gewesen. Der Kabeljau befindet sich deutlich „außerhalb biologischer Grenzen“, teilt das ICES⁵ mit.

⁴ Daten, die nicht aus der Graphik entnommen werden können, beziehen sich auf eine WWF-Studie

⁵ International Council for the Exploration of the Sea - *Index Page*

Der anhaltend hohe wirtschaftliche Fischereidruck hatte zur Folge, dass immer mehr von nicht geschlechtsreifen jungen Kabeljauen gefangen wurden. Die Kabeljaue wurden außerdem aufgrund des Drucks sehr viel schneller geschlechtsreif. 93% des Kabeljaus, der in den Netzen landet, sind Tiere die sich noch nicht fortgepflanzt haben. Die Bestände nahmen ab, da nicht mehr genug Nachkommen produziert werden konnten. So sanken die Fänge von Jahr zu Jahr rapide. Von den Jahren 1995 bis 2000 z.B. schrumpften diese von 120.000 auf 40.000 Tonnen. Außerdem wurden laut einer Studie des WWF kaum noch Kabeljaue mit 1 Meter Länge und mehr gefangen.

Die Abnahme des Bestands ist deutlich. Beim Rückgang der Fangmengen des Kabeljaus handelt es sich aber nicht um Folgen illegaler Fischerei, sondern um eine vollkommen verfehlte Fischereipolitik.

Aus diesem Grunde hat sich die Politik und die Fischerei es in den 1980er Jahren im Zuge der immer geringer werdenden Bestandsgrößen und somit Fangmengen zum Ziel gesetzt, Reformen einzuführen.

Die Rolle der EU-Fischereipolitik: Seit 1983 sollte die industrielle Fischerei der an die Nordsee angrenzenden EU-Staaten in einer Gemeinsamen Fischereipolitik (GFP) reguliert werden. Ziel der Politik war zunächst die Erhaltung einer wettbewerbsfähigen Flotte, damit der Lebensunterhalt der Fischer gesichert sowie die Bevölkerung ausreichend mit Kabeljau versorgt ist. Um dieses Ziel zu erreichen, sollten Fangquoten, also die Höchstfangmengen, eingeführt werden. Außerdem sollte die Fischereiflottengröße reduziert werden. Beim Fischen selbst soll beachtet werden, dass die Netze eine Mindestmaschengröße aufweisen, damit ausreichend juvenile Tiere die Chance haben, groß zu werden. Angelandete Fische sollen also eine Mindestgröße von 35 cm aufweisen.

20 Jahre nachdem die GFP ins Leben gerufen wurde, ist nun anhand der Kabeljau-Bestände deutlich geworden, dass das Ziel verfehlt wurde. Gründe hierfür sind beispielsweise mangelnde Überwachung und Durchsetzung der Regeln oder gegen den Rat von Wissenschaftlern einfach zu hohe Fangquoten.

4. Klimabedingte Faktoren und ihre Folgen für den Kabeljaubestand

4.1. Die Veränderung der Wassertemperatur

Eine entscheidende Komponente für die Entwicklung des Kabeljaubestandes in der Nordsee ist auch die Veränderung der Oberflächentemperatur. Hierbei wirkt jedoch nicht die Temperatur selbst auf den Kabeljau, sondern die vielen damit verbundenen

komplexen Nebenfaktoren, auf die im Hauptteil schwerpunktmäßig eingegangen wird.

Es existieren hauptsächlich Temperaturmessungen der oberen Wasserschicht, da es komplizierter ist Messungen in der Tiefe anzustellen. Doch auch Oberflächentemperaturen sagen etwas über einen möglichen Temperaturanstieg im Meer aus, da die obere Wasserschicht, welche zuerst auf Temperaturveränderungen reagiert, Einfluss auf die darunter liegenden Schichten hat.

Zunächst wird, mithilfe von Modellberechnungen des Max-Planck-Instituts für Meteorologie, auf die Entwicklung der Oberflächentemperatur in einem Zeitraum von 29 Jahren (1961-1990) eingegangen. Es wurde der Durchschnitt aus 30 Jahresmitteltemperaturen ermittelt.

Um die zukünftigen Auswirkungen auf den Kabeljaubestand zu beurteilen, wurden vom MPI Prognosen der Wassertemperatur erstellt. Zudem wurde die Differenz der empirischen und prognostizierten Werte gebildet um einen direkten Vergleich zu erhalten und die mögliche Erwärmung festzustellen.

Die folgenden Grafiken zeigen den Nordseeraum innerhalb 60° bis 52° nördlicher Breite/ 385° östliche Länge bis 10° westlicher Länge.

4.1.1. Jahreszeitliche Veränderung in der jüngeren Vergangenheit

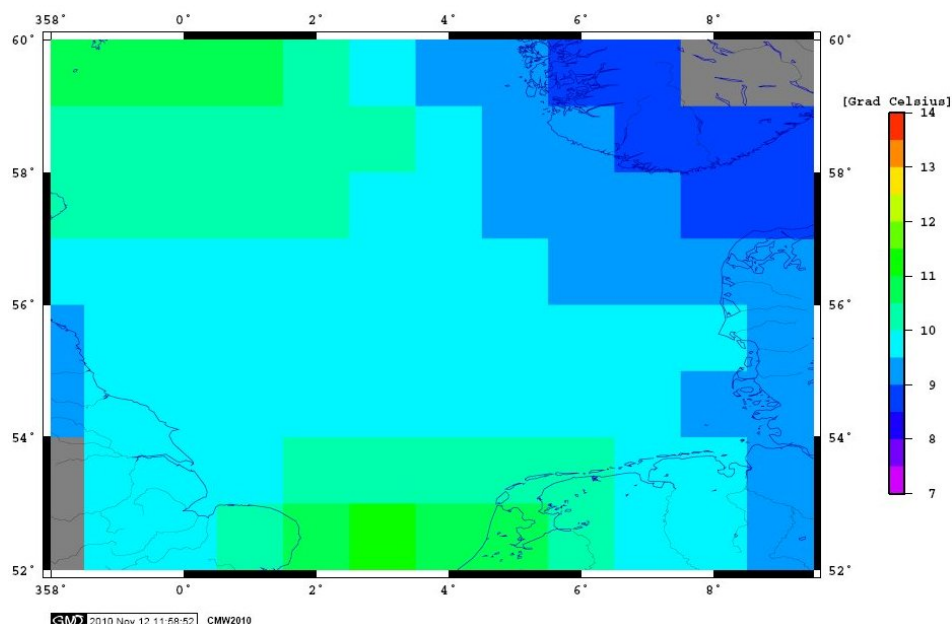


Abb. 5: Meeresoberflächentemperatur der Nordsee im Jahresmittel [Grad Celsius] 1961-1990; Quelle: Max-Planck-Institut

Die im abgebildeten Klimamodell dargestellten Temperaturen beziehen sich auf den Zeitraum 1961 bis 1990, also 30 Jahre. Infolge der Darstellung des Medianwertes

lassen sich Temperaturveränderungen in der Nordsee nicht erkennen. In der Zentralnordsee herrschen 9,5-10 °C. Nach Norden und zum Ärmelkanal hin steigen die Temperaturen auf 10-11,5 °C. Dagegen sinken sie zur Küste Norwegens und Dänemarks und zur deutschen Bucht hin auf ca. 9 °C.

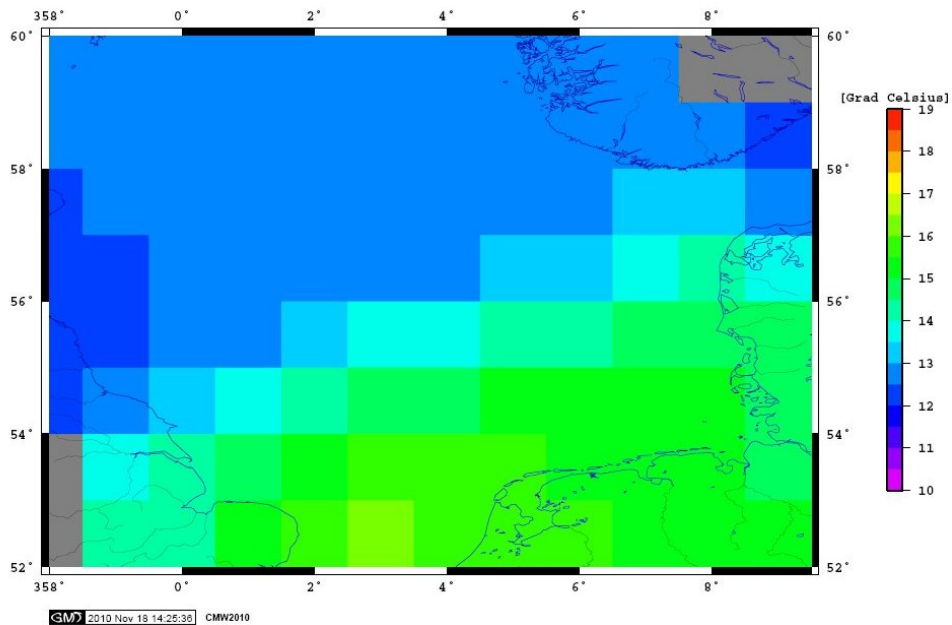


Abb. 6: Meeresoberflächentemperatur der Nordsee [Grad Celsius]im Sommer 1961-1990; Quelle: Max-Planck-Institut

Im Sommer ist zu sehen, dass die Temperaturen von der nördlichen Nordsee zur südlichen Nordsee kontinuierlich steigen. Im Detail heißt dies: Die nördliche Nordsee bis zur Höhe von Südnorwegen weist im dargestellten Zeitraum im Sommer eine Durchschnittsoberflächentemperatur von 12,5-13°C auf.

Daran anschließend ist in den Klimamodelldaten eine Übergangszone zu sehen, in der die Temperaturen um mehr als 1 °C höher liegen, also bei 13 bis 14 °C. Danach beginnt die küstennahe Zone, in der Temperaturen bis 16,5 °C erreicht werden, zum Ärmelkanal hin wurden sogar bis zu 17 °C gemessen.

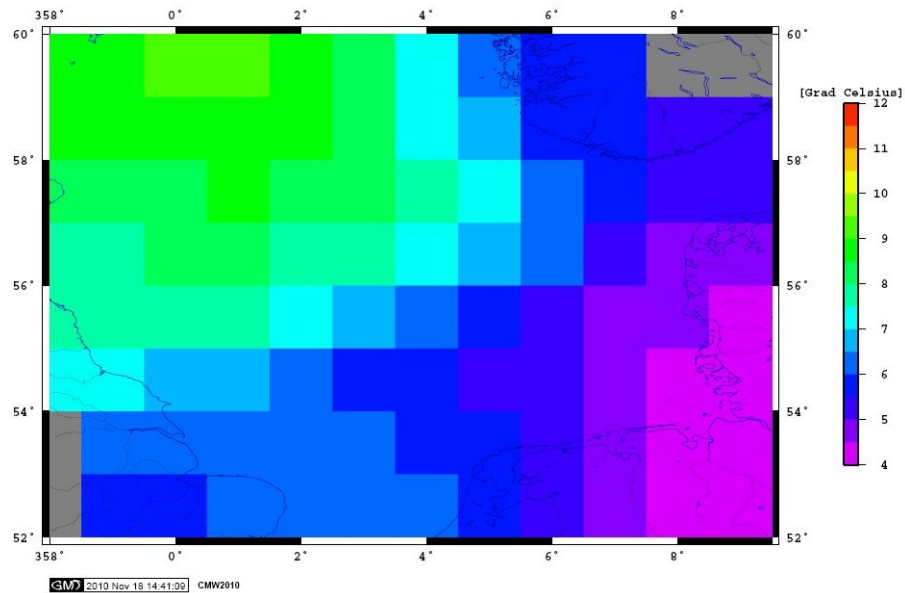


Abb. 7: Meeresoberflächentemperatur der Nordsee [Grad Celsius] Winter 1961-1990; Quelle: Max-Planck-Institut

Im Winter lässt sich die Nordsee in drei ungefähre Temperaturzonen unterteilen. In der nördlichen Nordsee werden 8– 9,5°C erreicht, dann folgt eine Übergangszone mit 7,5 °C bis 8 °C und landnah wurden 4,5 bis 5°C und in der Deutschen Bucht sogar nur 4 bis 4,5°C gemessen. Auffällig ist also, dass die südliche Nordsee im Winter weitaus kälter ist als die nördliche. Dies lässt sich auf die ausbleibende Zirkulation und somit auch Versorgung mit dem warmem Wasser des Golfstroms zurückführen. Auch die Tiefe der Nordsee kann an dieser Stelle eine Rolle spielen. Das flachere Wasser passt sich schneller der Lufttemperatur an, im Winter kühlt es schneller ab. Größere Wassermassen hingegen speichern die Wärme.

4.1.2. Prognosen zur Entwicklung in den nächsten Jahren

Mithilfe der folgenden Grafiken wird die vermutete Erwärmung der Nordsee in einem Zeitraum von 30 Jahren prognostiziert. Diese Werte sollen dazu dienen, den Einfluss der Entwicklung der Meerestemperaturen auf den Kabeljaubestand in der Nordsee zu beurteilen.

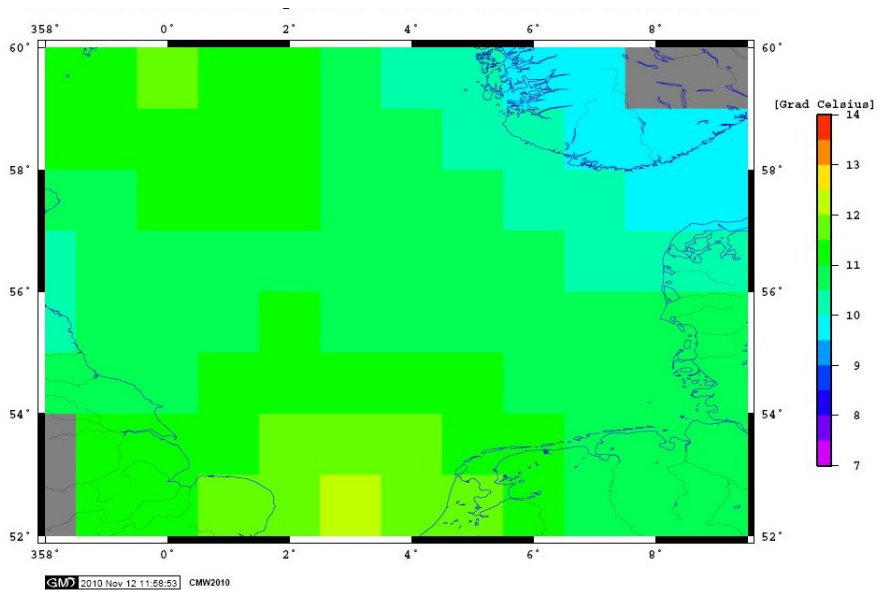


Abb.8: Meeresoberflächentemperatur der Nordsee im Jahresmittel [Grad Celsius] 2021-2051; Quelle: Max-Planck-Institut

Die Wassertemperaturen in der Nordsee werden der Modellrechnung zufolge im Zeitraum 2021-2051 im Jahresmittel zwischen 9,5 und 12,5° C liegen. Ein warmes Gebiet mit 11-12,5°C liegt in der südlichen Nordsee zwischen der Doggerbank und der Straße von Dover, wobei die Grafik auf Höhe der englischen Grafschaft Norfolk mit 12,5-13°C die höchsten Temperaturen aufzeigt. Ein weiteres warmes Gebiet mit 11-12°C befindet sich südlich der Shetlandinseln.

Der kälteste Bereich der Nordsee wird nach diesen Berechnungen der Skagerrak mit 9,5-10 Grad Celsius sein. Mit 10-10,5°C begleitet ein Streifen kühleres Oberflächenwasser die norwegische Nordseeküste bis zu der Stadt Bergen. Ein kleines Gebiet an der südöstlichen Nordseeküste Schottlands erreicht ebenfalls eine Temperatur von 10-10,5 Grad Celsius. Der restliche Teil der Nordsee weist eine Meeresoberflächentemperatur von 10,5-11°C auf.

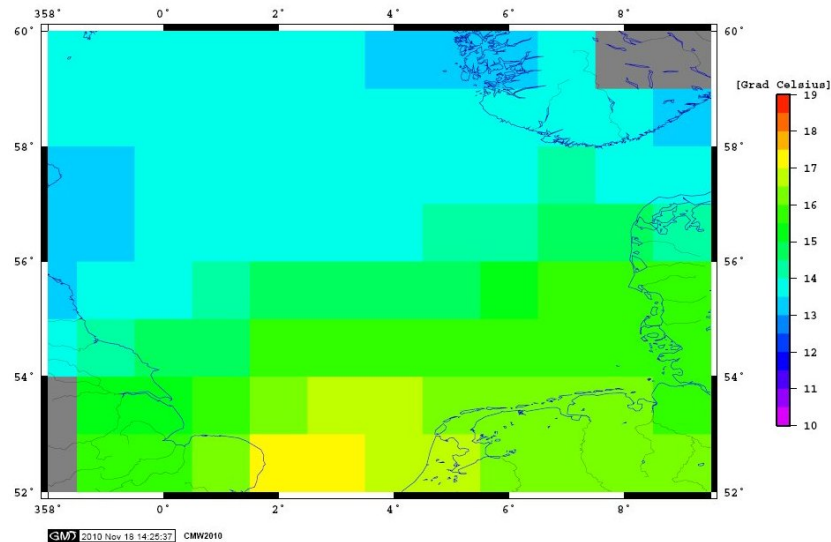


Abb.9: Meeresoberflächentemperatur der Nordsee im Sommer 2021-2050; Quelle: Max-Planck-Institut

Die Grafik der prognostizierten mittleren Oberflächentemperaturen im Sommer kann man zunächst in zwei grobe Temperaturfelder unterteilen: Die nördliche Nordsee und die südliche. Die Nordsee nördlich der Doggerbank erreicht 13,5-14°C wobei es Bereiche in Küstennähe gibt, in denen eine Temperatur von 13°C erreicht wird. Auf Höhe der Doggerbank beginnt mit 14°C eine Übergangszone nach der es in regelmäßigen Abständen einen Temperaturanstieg von 0,5°C gibt, bis zu einer Oberflächentemperatur von 17,5°C am nördlichen Ende des Ärmelkanals.

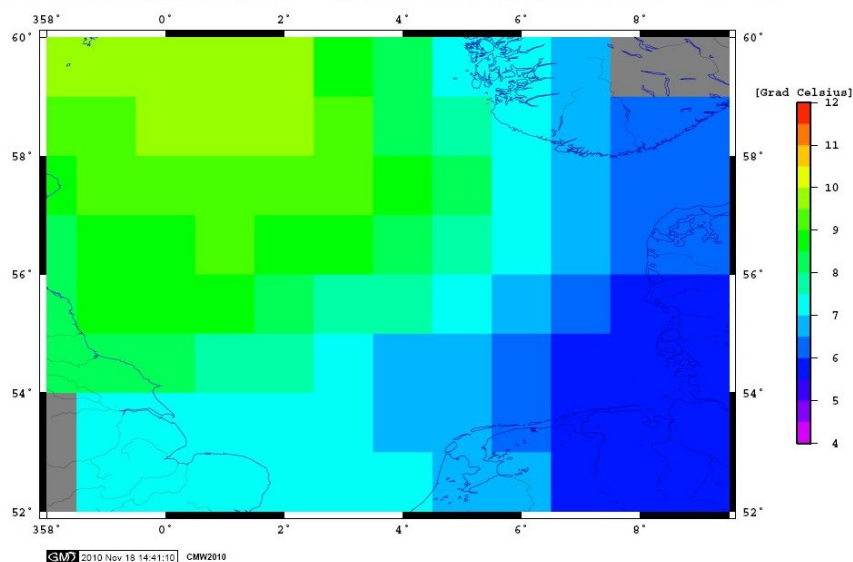


Abb.10: Meeresoberflächentemperatur der Nordsee im Winter 2021-2050; Quelle: Max-Planck-Institut

Auch für die prognostizierten Meerestemperaturen ist das Phänomen des Golfstromes zu erkennen. Der Transport von warmem Wasser durch einen der Ausläufer des Golfstromes reicht bis in die nördliche Nordsee, doch durch die

ausbleibende Zirkulation in den Wintermonaten bleibt die Südnordsee kühler. Das Oberflächenwasser von der Doggerbank bis hin zu den Shetlandinseln hat Temperaturen von 8-10°C.

Die gesamte Nordsee nördlich der Doggerbank hält Temperaturen von 6-8 Grad Celsius. Der wärmste Bereich ist in der nördlichen Nordsee und um die Shetlandinseln mit 9,5-10°C. Am kältesten wiederum wird es in der deutschen Bucht mit 5,5-6°C sein.

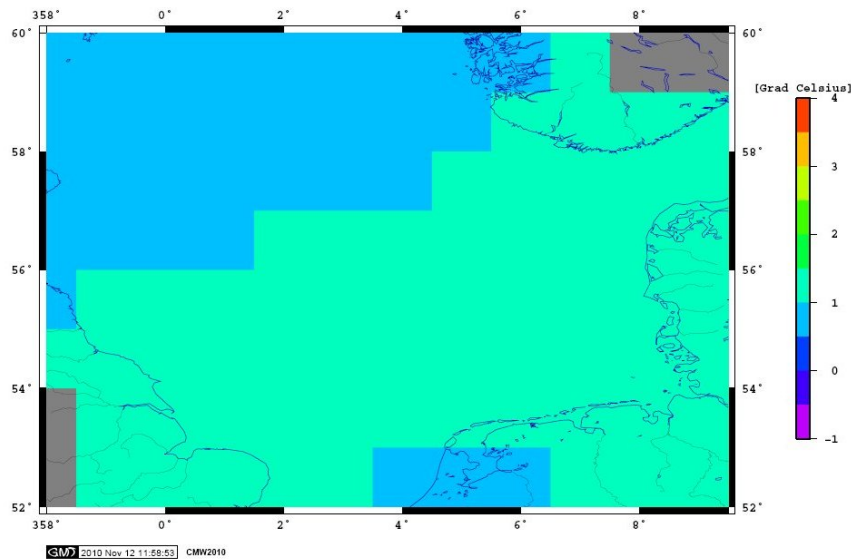


Abb.11: Meeresoberflächentemperatur der Nordsee 2021-2050 minus 1961-1990; Quelle: Max-Planck-Institut

Um zu ermitteln, um wie viel Grad sich das Oberflächenwasser der Nordsee von 2021 bis 2050 erwärmt haben könnte, wurde die Differenz zwischen den Mitteltemperaturen der beiden Zeiträume 1961-1990 und 2021-2050 gebildet.

Die Grafik stellt die sich aus dieser Berechnung ergebenden Temperaturveränderungen in Grad Celsius dar. Danach wird es einen deutlichen Temperaturanstieg in der gesamten Nordsee geben. Genauso deutlich ist zu erkennen, dass die südliche Nordsee, bis auf einen kleinen Bereich vor der niederländischen Küste mit 0,5-1°C, eine doppelt so hohe Erwärmung aufweisen wird wie die nördliche Nordsee. Die südliche Nordsee wird sich voraussichtlich um 1-1,5°C erwärmen, die nördliche nur um 0,5-1°C.

Innerhalb von 30 Jahren wird sich die gesamte Nordsee im Mittel vermutlich um 1°C erwärmen. Wie wirkt dies auf die zu untersuchende Fischart? Er ist ein kälteliebender, sehr temperaturabhängiger Fisch, welcher für eine gute Entwicklung eine Temperatur von unter 10 Grad Celsius benötigt. Doch das Klima selbst wirkt kaum direkt auf den Kabeljau. Der Temperaturanstieg in der Nordsee setzt Vorgänge in Bewegung, welche den Kabeljaubestand beeinflussen. Diese werden in den nächsten Kapiteln im Einzelnen betrachtet.

4.2. „Biologische Globalisierung“ – Neue Arten in der Nordsee

Ein weiterer klimabedingter, wohlmöglich mitverantwortlicher Faktor für den Rückgang des Kabeljaubestands der Nordsee ist der sogenannte Regime-Shift, also so etwas wie eine Biologische Globalisierung⁶, bei der neue Arten einen Lebensraum besiedeln.

In der Nordsee findet eine Verschiebung der Artenzusammensetzung statt. Die Lebensräume der Organismen verschieben sich in Richtung der Arktis. Hinzu kommt, dass die Winter, welche sonst die heimischen Fischarten in der Nordsee hielten und die Ausbreitung südlicher Arten verhinderten, in den letzten Jahren verhältnismäßig warm waren.

Im Folgenden wird vermehrt auf die Auswirkungen dieser Verschiebung und auch auf die Veränderungen der Räuber-Beute-Beziehungen eingegangen. Denn eine Art kann sowohl von dem Rückgang einer anderen profitieren, als auch die Erholung dieser Art verhindern oder verlangsamen.

Einige Beispiele für eingewanderte Fischarten sind: Wolfsbarsch, Streifenbarbe und der Graue Knurrhahn. Der Wolfsbarsch war früher eine Rarität in der Nordsee. Heute haben sich schon Fischer nur auf ihn spezialisiert. Vor Helgoland wurden zunehmend die Larven der Streifenbarbe gefunden, die ebenfalls eigentlich eine Fischart des mediterranen Raumes ist.

4.2.1. Der Graue Knurrhahn – Der Räuber des Räubers

Besonders der Graue Knurrhahn profitiert von dem Rückgang des Kabeljaubestands. Diese Fischart ist offensichtlich in der Lage, einen Teil der ökologischen Nische des Kabeljaus, die frei geworden ist, zu besetzen.

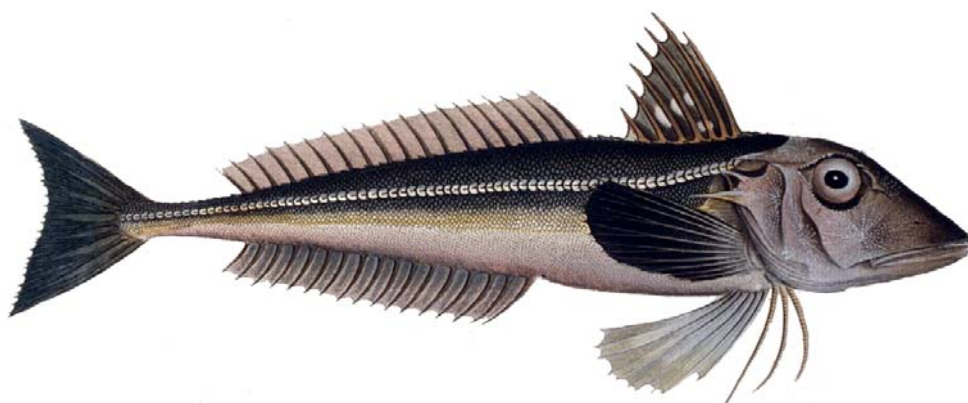


Abb. 12: Grauer Knurrhahn

Der Graue Knurrhahn erreicht maximal eine Körperlänge von 45 cm. Er gehört zu den kleineren Fischräubern und hat sich auf das Fressen von Fischbrut, speziell die des

⁶ Zitat aus Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung vom 05.10.2008, Warme Wogen

Kabeljaus, spezialisiert. Vom Johann Heinrich von Thünen-Institut für Seefischerei durchgeführte Mageninhaltsuntersuchungen belegen, dass der Knurrhahn vermehrt Kabeljaubrut erbeutet.

Bei Individuen mit einer Körperlänge über 30 cm ergaben die Untersuchungen, dass die gefressenen Kabeljaujuvenile⁷, die meisten unter 10 cm Länge, bis zu 32 % des Mageninhalts ausmachten. Dies zeigt, dass ein Großteil der Brut des Kabeljaus anderen Fischen wie z.B. dem Grauen Knurrhahn zum Opfer fällt. Die Chancen, dass sich ein größerer Jahrgang von Einjährigen des Kabeljaus entwickelt, sinken mit der ansteigenden Population des Grauen Knurrhahns in der Nordsee rapide.

Hinzu kommt, dass der Knurrhahn teilweise die frei gewordene ökologische Nische des Kabeljaus besetzt. Und zwar werden hauptsächlich vermutlich die jüngeren Kabeljauen übernommen. Die Nische von adulten, großen Kabeljauen im Nahrungsnetz wurde nicht ersetzt. Der Knurrhahn wird nicht einmal halb so groß wie der Kabeljau. Beide Fischarten beanspruchen nun dieselben Umweltansprüche und es kommt zu einer interspezifischen⁸ Konkurrenz.

Fortschreitend kann es möglicherweise zu einem Konkurrenzausschluss⁹ kommen. Also ist die Erholung des Kabeljaubestand wahrscheinlich durch den Grauen Knurrhahn behindert.

Das Hamburger Johann Heinrich von Thünen-Institut für Seefischerei befischt jedes Jahr so genannte Daueruntersuchungsgebiete und führt Zählungen der Arten durch. Danach hat der Kabeljaubestand seit 1992 abgenommen. Parallel nimmt der des Grauen Knurrhahns zu, was schließlich dazu führt, dass der Nordseekabeljau dem Grauen Knurrhahn etwa seit 2001 Platz macht.

4.3. Veränderungen im Planktonbestand

In Folgendem wird auf die Eigenschaften und die klimatischen Veränderungen im Planktonbestand in der Nordsee eingegangen. Das Ziel ist, später die möglichen Auswirkungen der Beispielart *Calanus finmarchicus* auf den Kabeljaubestand beurteilen zu können.

Zunächst etwas zu Plankton im Allgemeinen. Es ist in den meisten Gewässern allgegenwärtig. Die photoautotrophen (Fotosynthese betreibenden) Algen und Bakterien und das sich von ihnen ernährende Zooplankton bilden die Grundlage der marinen Nahrungskette.

In der Nordsee kommt es im Frühling und im Herbst bei hohem Nährsalzangebot in Kombination mit zunehmender Tageslänge und Wassertemperatur zu einer starken

⁷ Junge Kabeljaue

⁸ Bedeutet Konkurrenz zwischen zwei verschiedenen Arten

⁹ Bei gleichen Ansprüchen an abiotischen und biotischen Bedingungen unterliegt die eine Art der Konkurrenz.

Vermehrung des Phytoplanktons und somit des Zooplanktons. Die steigende Produktivität beruht einerseits auf einer Vollzirkulation, also einer guten Durchmischung des Wassers durch Herbststürme, andererseits auf den bestehenden günstigen Temperaturen.

Beide Planktonarten schweben frei in der Wassersäule des Meeres. Ihre Schweberichtung können diese Organismen nicht beeinflussen, sie wird ausschließlich von der Strömung bestimmt. Planktische Organismen zeichnen sich außerdem dadurch aus, dass sie eine kurze Lebensdauer haben. Dies führt dazu, dass bereits kleine Veränderungen der Umwelteinflüsse, wie z.B. der abiotische Faktor Temperatur, die Population entscheidend beeinflussen bzw. beeinträchtigen können.

Wenn sich die Temperatur verändert, können sich die Planktondichte und der Aufenthaltsbereich verschieben. Der nicht lineare sondern exponentielle Anstieg der Population zeigt, dass sich bereits geringe Schwankungen der Temperatur auf die Bestandsmasse auswirken. Aufgrund dessen ist Plankton ein sehr guter Indikator für Klimaveränderungen. Dies wird nun am Beispiel des Ruderfußkrebses *Calanus finmarchicus* dargestellt.

4.3.1. Veränderungen in der Planktondichte am Beispiel *Calanus finmarchicus*

Calanus finmarchicus ist eine heimische und kälteliebende Copepodenart der Nordsee. Copepoden sind planktisch lebende Ruderfußkrebse und bilden mit dem Phytoplankton eine wichtige Komponente im Nahrungsnetz der Nordsee. Sie ist daher ein Indikator für den Zustand der Nahrungskette. Die Art ist kälteliebend und sucht während ihres Lebenszyklus auch tiefe Wasserschichten auf.

C. finmarchicus stellt weltweit die größte Masse des marinen Zooplanktons dar und bildet demnach ein bedeutsames Glied in der Nahrungskette der Meere, besonders auch für den Kabeljau in der Nordsee. Dieser Ruderfußkrebs ist ausschlaggebend für die Entwicklung der Kabeljaujuvenile.

Aus den vom Johann Heinrich von Thünen-Institut zur Verfügung gestellten Analysen der Planktonzusammensetzungen in der Nordsee ist ersichtlich, dass in dem Zeitraum von 1963 bis 1983 sehr günstige Bedingungen für die Entwicklung des *C. finmarchicus* herrschten. Während der 1960er Jahre machte die Art *Calanus finmarchicus* 70% des gesamten Zooplanktons der Nordsee aus.

Jedoch nahm die Abundanz¹⁰ in den darauffolgenden dreißig Jahren ab, bis diese Art in den 1990er Jahren nur noch einen Anteil von 50% des Zooplanktons bildete. Man beobachtete eine Verschiebung des Verbreitungsgebiets des Copepoden nach Norden.

¹⁰ Biologische Dichte

Nun stellt sich die Frage, wie der Bestand in der Nordsee um 20% zurückgehen konnte. Dies liegt zum einen wahrscheinlich an der sich verändernden Strömungen in der Nordsee: Einige der *Calanus finmarchicus* schlüpfen im Nordatlantik. Da das Wasser der Nordsee relativ flach ist (siehe Kapitel 2.1 Charakteristik der Nordsee), gelangen die meisten *Calanus finmarchicus* über Strömungen in die Nordsee. Nur in der Norwegischen Rinne ist das Wasser tief genug für eine lokale Population, welche aber nicht für die Verbreitung über die gesamte Nordsee ausreicht. Nun haben sich aber die Strömungen verändert und somit werden weniger *Calanus finmarchicus* in die Nordsee getrieben.

Zum anderen ist die Temperatur ein ausschlaggebender Faktor für die Verschiebung der Ruderfußkrebspopulationen, was man deutlich an der Entwicklung in den letzten Jahrzehnten erkennen kann: Die Art ist, wie bereits erwähnt, kälteliebend.

Bis Mitte der 1960er Jahre war die Abundanz des *C. finmarchicus* im Verhältnis zu den anderen Jahrzehnten noch relativ hoch, nahm sogar kurzzeitig zu. Zu dieser Zeit sind also die Temperaturen für die Planktonart optimal.

Zudem lag der nahrungsbedingte, also auf der Phytoplanktonproduktivität beruhende, Entwicklungszyklus der Copepoden so günstig, dass sich ihr Auftreten mit dem Entwicklungszyklus des Kabeljaus zunehmend überschneidet. Folglich gab es ein großes Angebot an Nahrung, was letztlich dazu führte, dass der Bestand des Kabeljaus rasant zunahm. Somit konnten die großen Fangraten ausgeglichen werden.

Doch seit Ende der 1960er Jahre ist ein deutlicher Trend zu erkennen. Es findet eine Erwärmung des Nordseewassers statt (siehe Kapitel 4.1 Veränderung der Wassertemperatur). Die Planktondichte des *C. finmarchicus* nimmt, mit wenigen Ausnahmejahren, in der Nordsee stetig ab. Das Verbreitungsgebiet verschiebt sich aufgrund der Temperaturabhängigkeit nach Norden.

Die ansteigende Meerestemperatur der Nordsee bewirkte zudem eine zeitliche Verschiebung des Produktionszyklus von Phytoplankton. Bei höheren Temperaturen treten die Phytoplanktonblüten früher auf. Es kann folglich zu einem sogenannten Mis-match¹¹ zwischen dem Zeitpunkt, wenn Copepoden, hier *Calanus finmarchicus*, Nahrung benötigen, und der Planktonblüte kommen. Aufgrund des Temperaturanstiegs in der Nordsee und des zeitlich verschobenen Entwicklungszyklus des Phytoplanktons nahm die Abundanz von *Calanus finmarchicus* ab. So verringerte sich auch stark die Nahrung für die Kabeljaujuvenile, die zu dieser Zeit auf Lebewesen dieser Größe angewiesen sind.

Zudem kommt es durch den Temperaturanstieg in der Nordsee zu einer deutlichen Vermehrung der Arten, die sich aufgrund der niedrigeren Temperaturen in der Nordsee bislang nicht so stark ausbreiten konnten.

¹¹ ein Auftreten zu verschiedenen Zeitpunkten

Deutlich zugenommen hat in der Nordsee im Bezug auf Populationsgröße und Verbreitungsgebiet eine andere Copepodenart, die wärmeliebere Art *Calanus helgolandicus*. Diese Art der Ruderfußkrebse gehört auch zu denen vom Kabeljau konsumierten Organismen. Bedeutet dies also, dass diese Art nun *Calanus finmarchicus* als Nahrungsquelle für die jungen Kabeljaue ersetzen könnte? Nein, denn dieser Krebs ist durch einen anderen Entwicklungszyklus gekennzeichnet.

Die größte Population dieser Zooplanktonart tritt im Herbst auf, zu einem Zeitpunkt, an dem die juvenilen Kabeljaue auf größere Beutetiere angewiesen sind, somit stellt diese Art keinen Ersatz für *Calanus finmarchicus* dar. Die Nahrungsquelle *Calanus finmarchicus* könnte möglicherweise für den Kabeljau nicht mehr genügen.

Zusammenfassend kann gesagt werden: Plankton ist ein guter Indikator für Klimaveränderungen. Die Kabeljaujuvenile sind auf den heimischen Ruderfußkrebse *Calanus finmarchicus* angewiesen, doch infolge ihrer Temperaturabhängigkeit hat die einheimische Copepoden-Art eine Verschiebungstendenz nach Norden. Hinzu kommt, dass sich eine nicht heimische wärmeliebere Art der Copepoden in der Nordsee vermehrt, die aufgrund eines anderen Zyklus nicht als Nahrung für den Kabeljau dienen kann und eventuell noch den *Calanus finmarchicus* verdrängen könnte.

5. Fazit und Prognosen für die Entwicklung des Kabeljaus

Der Kabeljau wird seit Anfang der 1960 intensiv in der Nordsee gefischt, was zu einem drastischen Rückgang im Bestand führte. Nun ist der Kabeljau nicht nur mehr von der Überfischung beeinträchtigt, sondern auch noch von der Klimaerwärmung. Diese verursacht, dass es nicht mehr genug Nahrung für die Kabeljaujuvenile gibt. Infolge der Temperaturabhängigkeit des für den Kabeljau wichtigen Ruderfußkrebse hat diese einheimische Copepodenart eine Verschiebungstendenz nach Norden. Eine andere Copepodenart kommt aufgrund eines nicht passenden Entwicklungszyklus als Nahrung nicht in Frage. Es fällt also eine wichtige Nahrungsquelle für den Fisch weg.

Hinzukommt, dass durch den Regime-Shift ein erheblicher Konkurrent für den Kabeljau, der Graue Knurrhahn, eingewandert ist. Dieser hat schon teilweise die ökologische Nische des Kabeljaus besetzt und profitiert von dessen Rückgang.

Im Zuge unserer Analyse sind wir außerdem zu folgendem Ergebnis gekommen: Durch die Überfischung wurde der Bestand so erheblich dezimiert, dass eine Erholung nur langsam und schwer vonstattengehen kann. Die Überfischung war also stärker verantwortlich für den Rückgang als der Klimawandel, jedoch behindern oder sogar verhindern die Erwärmung der Nordsee und die damit verbundenen Faktoren eine Erholung des Kabeljaubestands in der Nordsee.

Sollte die Oberflächentemperatur der Nordsee wie prognostiziert weiterhin ansteigen, werden sich die klimabedingten Faktoren die auf den Kabeljau wirken, z.B. die Nahrungssituation noch weiter verschlechtern. Unter diesen Umständen wird

der Kabeljau möglicherweise nicht einmal mehr in der nördlichen Nordsee zu finden sein. Es gibt derzeit schon Bestandskonzentrationen in der Barentssee, die wahrscheinlich auf einem hohen Nahrungsangebot beruhen.

6. Quellenverzeichnis

Der Kabeljau in der Nordsee:

- <http://www.hast-du-ahnung.de/geografiegewaessernordsee.htm> (8.11.10)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Nordsee> (8.11.10)
- Dr. Philipp, Eckehard, Berlin, Starke, Anje, Leipzig, Prof. Dr. Verbeek, Bernhard, Dortmund, Wellinghorst, Rolf, Quakenbrück (2005): Grüne Reihe Materialien S II Ökologie, keine Angabe, Westermann Schroedel Diesterweg, S. 123
- Söder, Cornelius und Fiederling, Felix: Die Nordsee Überblick <http://www.ikzm-d.de/main.php?page=146>:
- Vilcinskas, Andreas (1996), Meeresfische Europas, Naturbuch-Verlag, S. 108
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Kabeljau>
- Muus, Bent; J. Nielsen, Jorgen G. Die Meeresfische Europas in Nordsee, Ostsee und Atlantik, S.120-122
- <http://wwf-arten.wwf.de/detail.php?id=253> (8.11.10)
- Söder, Cornelius und Fiederling, Felix:Wirtschaftsfaktor Fischerei <http://www.ikzm-d.de/main.php?page=123,2839> (3.12.2010)

Anthropogene Einflüsse auf den Kabeljaubestand der Nordsee:

- Söder, Cornelius und Fiederling, Felix:Wirtschaftsfaktor Fischerei <http://www.ikzm-d.de/main.php?page=123,2839> (3.12.2010)
- Dr. Bernreuther, Matthias und Dr. Zimmermann, Christopher (Johann Heinrich von Thünen-Institut,vTI) (Januar 2010): Klima und Kabeljau, S.2 Forschungsreport
- Vesper, Heike basierend auf Recherchen von Brendel, Frank (2002): Das Kabeljau-Dilemma, <https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/pdf-alt/kampagnen/kabeljaustudie.pdf> (1.12.10)

Klimabedingte Faktoren und ihre Folgen für den Kabeljaubestand:

- <http://wwf-arten.wwf.de/detail.php?id=253> (8.11.10)
- <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,421549,00.html>
- <http://www.faz.net/s/RubC5406E1142284FB6BB79CE581A20766E/Doc~E290C5A6FBE064B0C96F25FD6361739DE~ATpl~Ecommon~Scontent.html>
- Berliner Zeitung v. 04.12.2008 – Die Wolfsbarsche kommen
- Bild der Wissenschaft v. 01.08.2010 – Saurer, Wärmer, Artenärmer
- Schröder, Bernd 19.06.2005, <http://www.heise.de/tp/r4/artikel/20/20302/1.html>
- Max-Planck-Institut, Christian Weder, Herr Dr. Kasang, mdl. Mitteilung
- Roeckner, Erich; Lautenschlager, Michael; Schneider, Heiko 2006; IPCC-AR4 MPI-CHAM5_T63L31 MPImet/MaD Germany. World Data Center for Climate.

- Fisheries Research Services is an agency of the Scottish Executive (2004): Zooplankton and Climate Change – the Calanus Story, <http://www.frs-scotland.gov.uk>, (30.11.2010)
- Dr. Alexander Kempf, vTI: Dr. Bernreuther, Matthias und Dr. Zimmermann, Christopher (Johann Heinrich von Thünen-Institut,vTI) (Januar 2010): Klima und Kabeljau, S.1-2 Forschungsreport

7. Abbildungsverzeichnis

- Abb.1: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:North_Sea_map-en.png
- Abb. 2: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kabeljau.jpg?uselang=de>
- Abb. 3: Eigene Darstellung nach <http://www.geschichteinchronologie.ch/natur/fisch/fischfang.html> -
- Abb. 4: Bernreuther, M. und C. Zimmermann (2010): Klima und Kabeljau, S.2 Forschungsreport (http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/dn046604.pdf) (Copyright erteilt durch M. Bernreuther, vTi, Mail vom 14.4.2011)
- Abb. 5-11: Lautenschlager, 2006: Climate Simulation with CLM, Data Stream 3: European region MPI-M/MaD. World Data Center for Climate.
- Abb. 12: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eutrigla_gurnardus1.jpg?uselang=de