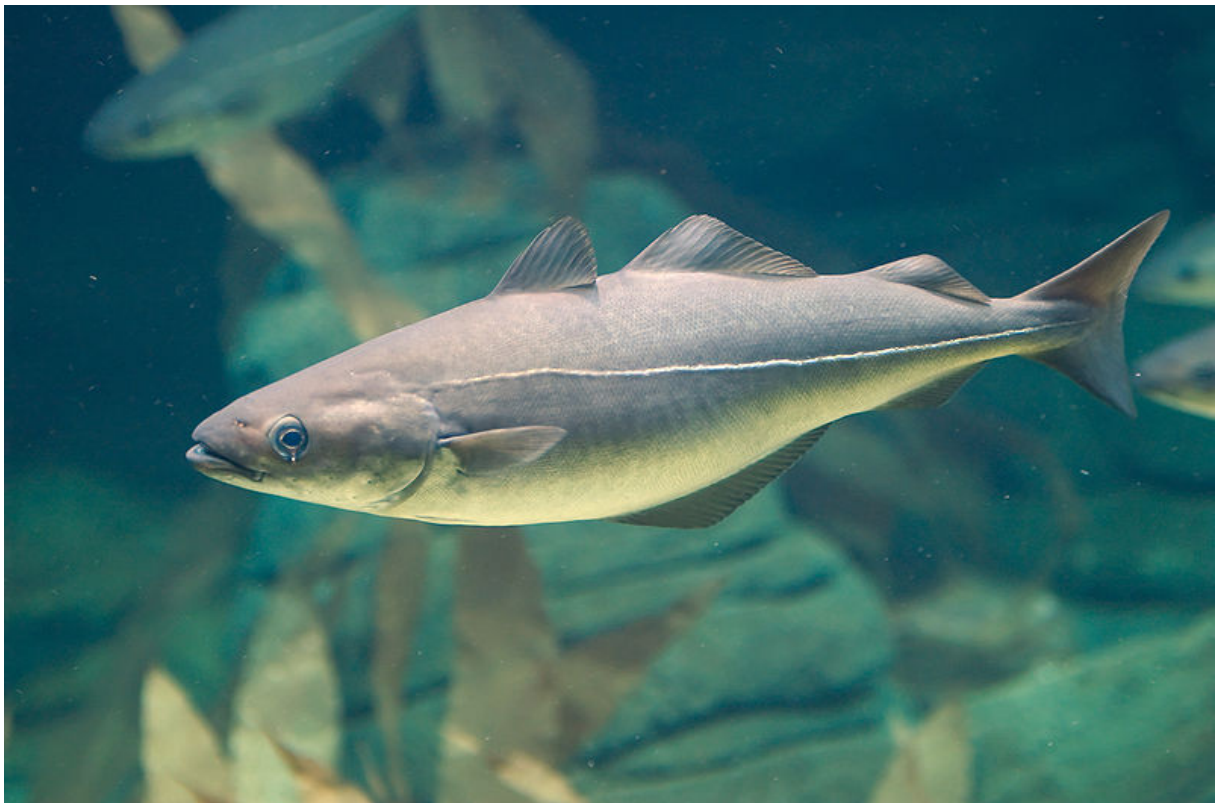


# Müssen wir dem Ostseedorsch ein Denkmal setzen?

---

Direkte und indirekte anthropogene Einflüsse auf den  
Dorschbestand der Ostsee.



Jugend-forscht-Arbeit 2012  
Stadtteilschule Bergstedt  
Niclas Blessin  
Lennart Hannemann

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>2</b>
<b>2. Der Dorsch in der Ostsee</b> .....	<b>2</b>
2.1 Charakteristika der Ostsee .....	2
2.2 Charakteristika des Dorsches.....	3
2.2.1 Plankton, Larven, Nahrungsketten.....	5
<b>3. Klimabedingte Einflüsse und deren Folgen auf den Dorschbestand der Ostsee</b> .....	<b>7</b>
3.1 Einfluss der globalen Erwärmung auf die Ostsee.....	7
3.1.1 Wassertemperatur .....	7
3.1.2 Salzgehalt.....	8
3.1.3 Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser .....	12
3.2 Mögliche Auswirkungen der globalen Erwärmung auf den Dorschbestand in der Ostsee .....	13
3.2.1 Biologische Invasion der Rippenqualle .....	13
3.2.2 Bedeutung der Salzwassereinbrüche für den Dorsch .....	14
<b>4. Einfluss der Ostsee-Fischerei auf den Dorsch</b> .....	<b>16</b>
4.1 Entwicklung des Fischfangs.....	16
4.2 Bedeutung für die Stabilität der Dorschpopulation .....	18
<b>5. Fazit</b> .....	<b>18</b>
<b>6. Literatur- und Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>19</b>

## 1. Einleitung

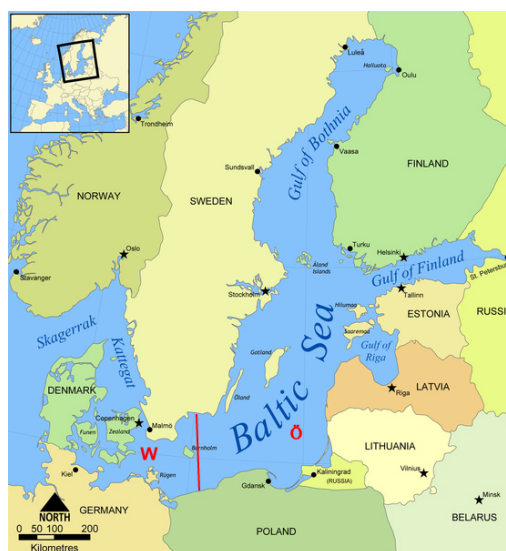
In den letzten Jahren berichten die Medien immer wieder von dem drohenden Zusammenbruch des Dorschbestandes in der Ostsee. Ursprünglich war der Dorsch zusammen mit dem Hering der typische „Brotfisch“ der Fischer, da sie stets auf die großen Bestände zurückgreifen konnten. Aufgrund der schwindenden Dorschbestände musste die Dorschfischerei in der Ostsee nun streng reglementiert werden. Ist dieses eine Folge der zu starken Befischung oder handelt es sich um die Folgen der sich verstärkt bemerkbar machenden globalen Erwärmung?

Dieser Frage wollen wir im Rahmen unserer Arbeit nachgehen. Dabei werden wir die Auswirkungen der globalen Erwärmung auf die Ostsee untersuchen, um deren Einfluss auf die Dorschpopulation differenzierter bewerten zu können. In diesem Zusammenhang spielen die Nahrungsbeziehungen und der Fortpflanzungszyklus des Dorsches eine zentrale Rolle. Die herausgearbeiteten Informationen nutzen wir, um die Einflüsse der Ostseefischerei in das komplexe Gebilde des Ökosystems Ostsee einordnen zu können und ihre Wirkung auf den Punkt gebracht zu verdeutlichen.

## 2. Der Dorsch in der Ostsee

### 2.1 Charakteristika der Ostsee

Die Ostsee ist ein relativ junges Meer. Vor rund 15.000 Jahren entstand durch den Rückzug der Eismassen am Ende der Weichsel-Eiszeit der erste Vorläufer der Ostsee, der Baltische Eisstausee<sup>1</sup>. Erst seit 1500 Jahren wird von der heutigen Ostsee gesprochen. Sie ist 413.000 km<sup>2</sup> groß und ihr Wasservolumen beträgt circa 22.000 km<sup>3</sup>. Damit ist die Ostsee das größte Brackwassermeer der Erde. Ihre tiefste Stelle ist das Landorttief mit 459 m, und die durchschnittliche Tiefe beträgt 52 m. Die Ostsee wird grob gesehen in zwei Bereiche unterteilt, in westliche und östliche Ostsee. Betrachtet man die Bodentopographie der Ostsee, erkennt man ein System von



**Abb. 1:** Die Ostsee, unterteilt in die westliche (W) und östliche (Ö) Ostsee.

Quelle: WikimediaCommons, Norman Einstein

<sup>1</sup> Lemke, Wolfram (ohne Jahr)

Untiefen, den Schwellen, welche den Wasseraustausch zwischen den dazwischen liegenden Becken behindern und somit auch den Wasseraustausch mit der Nordsee erschweren. Der Wasseraustausch mit der Nordsee prägt maßgeblich das Leben der Organismen in der Tiefenschicht der Ostsee.

Eine Eigenschaft der Ostsee ist es, dass mit zunehmender Tiefe der Salz- und Schwefelwasserstoffgehalt steigt und Sauerstoff abnimmt. Da Salzwasser bei gleicher Temperatur schwerer ist als Süßwasser, bilden sich zwei verschiedene Wasserschichten, die von der Halokline getrennt werden. Das Ökosystem der Ostsee weist nur eine geringe Artenvielfalt auf, welche größtenteils von der Salinität gesteuert wird.<sup>2</sup> So können selbst Süßwasserfische wie Barsch oder Hecht in Teilen der Ostsee leben, aber auch Meerwasserfische, wie der von uns behandelte Dorsch.

Ein großes Problem der Ostsee stellt derzeit die starke Vermehrung der Cyanobakterien dar. Da zwischen 60 und 70 Prozent der Ostsee an agrarwirtschaftlich genutzte Flächen angrenzen<sup>3</sup>, gibt es einen sehr hohen, durch den Menschen verursachten Nährstoffeintrag, der das Algenblühen durch Eutrophierung verstärkt. Am Meeresgrund gibt es ein weiteres Charakteristika der Ostsee: Das vermehrte Auftreten von „Wüsten“, Bereiche an denen kein Leben aufgrund von Sauerstoffmangel mehr vorhanden ist. Wenn am Ende des Sommers die Cyanobakterien absterben, wird enorm viel Sauerstoff verbraucht und Schwefelwasserstoff wird gebildet. Dieser Prozess vergrößert die „Meeresgrundwüsten“.

## 2.2 Charakteristika des Dorsches

Der Kabeljau *Gadus morhua*, auf Englisch „atlantic cod“, wird im Ostseeraum häufig als „Dorsch“ bezeichnet. Dieser Knochenfisch ist mit einer Maximallänge von 2 Metern der größte Vertreter aus der Familie der Dorsche (Gadidae). *G. morhua* erreicht gewöhnlich eine Gesamtlänge von ca. einem Meter. Bis 1970 war der Dorsch noch eine der am weitesten verbreiteten Fischarten der Welt, und heute ist die Populationsmenge vermutlich unter die Arterhaltungsgrenze gesunken.<sup>4</sup>

**Habitat:** Der Dorsch bewohnt vorzugsweise die zirkumpolaren Küstengebiete, wobei seine Ausdehnung um die Arktis sehr viel größer ist als die um die Antarktis. Als benthopelagische Art lebt der Dorsch vorzugsweise in Tiefen von 150 - 200 m, wobei auch schon Tiere in 600 m gefangen wurden.

Das Habitat umfasst die komplette Ostsee, wobei diese Art kaum im Bottnischen-, Finnischen- und Rigaischen Meerbusen vorkommt. Aus dem

---

<sup>2</sup> Gerdes, Torben (2004)

<sup>3</sup> Ohne Autor (ohne Jahr)

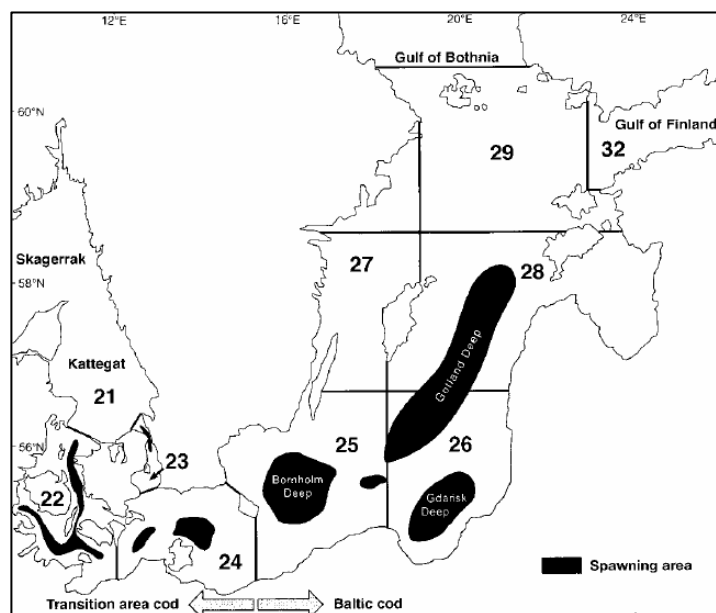
<sup>4</sup> Bülow, M. (ohne Jahr)

gerade dargestellten Verbreitungsgebiet lässt sich ablesen, dass *G. morhua* sowohl in Meerwasser (Salinität 35 g/kg) als auch in Brackwasser vorkommt. Außerdem zeigt das Verbreitungsgebiet, dass der Dorsch kältere Gebiete unter 15 °C Wassertemperatur präferiert.<sup>5</sup>

**Nahrung:** Als Larve ernährt sich der Dorsch von Phyto- und Zooplankton. Im Laufe seiner Entwicklung hin zum adulten Tier und somit hin zum Top-Prädator der Ostsee, wandelt sich sein Beuteschema. So stellt der juvenile Dorsch kleinen wirbellosen Bodenlebewesen wie Garnelen *Mysis* oder Meereswürmern nach. Mit zunehmender Größe werden Jungfische und größere Wirbellose wie Sandgarnelen und als adultes Tier Fische, wie Sprotten oder Sand-aalen erbeutet.<sup>6</sup>

**Fortpflanzung:** In der westlichen Ostsee laicht der Dorsch von Ende Februar bis Ende Mai in ca. 40 bis 60 m Tiefe. Seit den 1990er Jahren gibt es in der zentralen und östlichen Ostsee eine Hauptlaichaktivitätsverschiebung in die Sommermonate Juni bis September. Aufgrund der mangelnden Schwebefähigkeit der Dorscheier benötigen die Eier eine Salinität von 11 g/kg bis 16,9 g/kg.<sup>7</sup> Diese Salinität ist in der westlichen Ostsee an vielen Stellen wie in der Kieler Bucht gegeben, da dort die Nordseeeströme vermehrt ankommen. Basierend auf der für die Fortpflanzung des Dorsches notwendigen Salinitätsspanne beschränken sich die Laichplätze des Dorsches in der östlichen und zentralen Ostsee (Abb. 2.)<sup>8</sup> im Wesentlichen auf das Gotland-<sup>9</sup>, das Bornholmer- und das Gdanskief.<sup>10</sup>

Wenn die Eier nun in 40 - 60 m abgelegt werden und damit die Salinität in der zuvor angegebenen Salinitätsspanne liegt, schweben die Eier, was sie vor der Kontamination mit Bakterien oder Pilzen, dem Absinken in zu sauerstoffarme



**Abb. 2.:** Laichgebiete des Ostseedorsches

Quelle: Döring, R.; et al. (2005), S. 50

<sup>5</sup> M., Susan (2010)

<sup>6</sup> Hüsey, Karin (1996)

<sup>7</sup> Hüsey, Karin (1996)

<sup>8</sup> Döring, R.; et al. (2005), S. 50

<sup>9</sup> Wießmann, Ronja (2003)

<sup>10</sup> Bleil, Martina; Oberst, Rainer (2007)

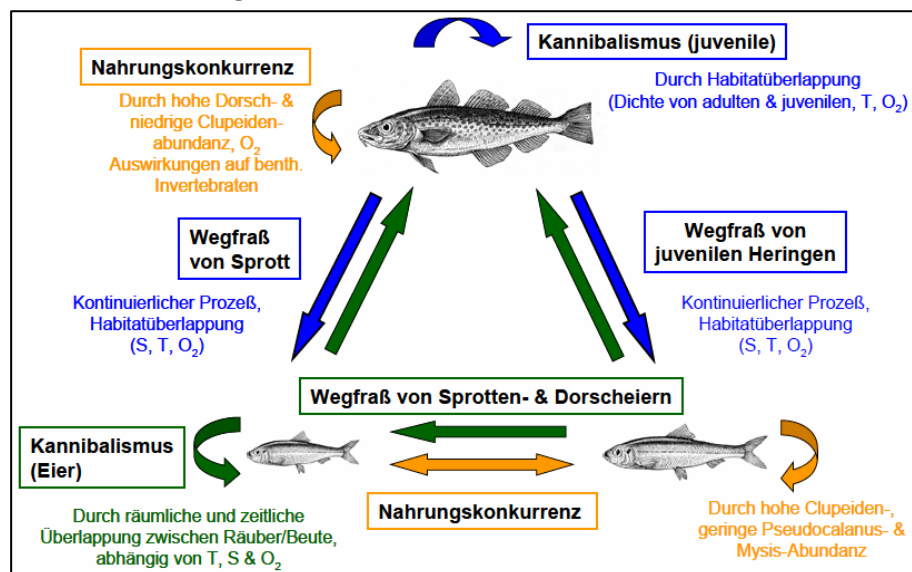
Bereiche sowie einigen Fress-feinden schützt. Die Metamorphose von Larve zum Jungfisch vollzieht sich sobald die Larve 20 mm groß geworden ist. Wie schnell die Larve diese Größe erreicht, hängt von der Temperatur und dem Planktonangebot ab. Nach wenigen Monaten gehen diese Jungfische zu ihrer arttypischen benthopelagischen Lebensweise über.<sup>11</sup>

**Ökonomische Bedeutung:** Da der Dorsch in gebackener oder gebratener Form ein sehr saftiges und zartes, dennoch mageres Fleisch bietet, wurde dieser Fisch sehr schnell zu einem der beliebtesten Speisefische.<sup>12</sup> Diese erhöhte Nachfrage, die immer effizienteren Fangmethoden und nicht zuletzt die Möglichkeit der Tiefkühlung auf hoher See führten zu einer immer intensiveren Ausbeutung der weltweiten Dorschbestände. Daraus resultiert eine rapide Abnahme dieser Dorschbestände: Der „König der Speisefische“ rutschte in 40 Jahren der Überfischung auf die Liste der gefährdeten Tierarten.<sup>13</sup> Die beispielhaften Fangrückgänge, von 414.000 t im Jahre 1984 auf 58.000 t im Jahre 1992 zeigen, dass die Ostsee-Dorsch-Fänge in nur 8 Jahren um ca. 85 % zurückgegangen sind, obwohl die Intensität der Fischerei annähernd gleich blieb.<sup>14</sup>

### 2.2.1 Plankton, Larven, Nahrungsketten

Wie in 2.1 und 2.2 vorbereitend erläutert, ist die Fortpflanzung und damit das Überleben des Ostseedorsches maßgeblich von den unregelmäßigen Frischwasserereignissen seitens der Nord-

see geprägt, da nur hierdurch die nötige Salinität und Sauerstoffkonzentration für eine erfolgreiche Laichentwicklung hervorgerufen werden.



**Abb. 3:** Inter- und intraspezifische Beziehungen zwischen Dorsch, Sprotte und Hering

Quelle: Döring, R. et al. (2005), S. 15

<sup>11</sup> Hüsey, Karin (1996)

<sup>12</sup> Fisch-Informationszentrum e.V. (FIZ) (ohne Jahr)

<sup>13</sup> Sobel, J. (2011)

<sup>14</sup> Lange, Markus (2004)

Eben diese nicht konstanten abiotischen und bei fehlendem Nordseeestrom auch lebensfeindlichen Faktoren, beeinflussen die Nahrungsbeziehungen, in denen der Dorsch die oberste Trophieebene einnimmt, derart massiv, dass es immer wieder zu Bestandsverschiebungen kommt.

Der Dorsch *Gadus morhua*, die Sprotte *Sprattus sprattus* und der Hering *Clupea harengus* machen mehr als 90 % des Ostseefischbestandes aus und stehen somit in enger Wechselbeziehung zueinander, wobei man bedenken muss, dass selbst der größte Dorsch einmal eine winzige Larve war. Aus diesem Wechselspiel lassen sich 2 Kernaussagen formulieren:

1. Der Dorsch frisst die Clupeiden
2. Die Clupeiden fressen die Dorscheier und -larven

Daraus folgt, dass der Dorsch sowohl Sprotten als auch juvenile Heringe frisst, da diese in dem gleichen Biotop leben, wie der Dorsch (*Abb. 3.*). Je nach Salinität, Tiefe und Sauerstoffkonzentrationen in der Ostsee schwankt die Abundanz der Clupeiden. Sobald die Dichte der adulten Dorsche in Kombination mit einer hierfür günstigen Sauerstoffkonzentration eine Habitatsüberlappung mit dem sonst flacher lebenden juvenilen Dorsch hervorruft, werden diese gefressen. Die Dorschpopulation reguliert ihre Dichte über vorherrschende intraspezifische Konkurrenz, bezogen auf die Nahrung.

Eine weitere sehr entscheidende Rolle für diese Wechselbeziehung spielt die Tatsache, dass die Clupeiden die Dorscheier und -larven fressen. Der Fraßdruck auf die Dorscheier nimmt mit abnehmendem Sauerstoffgehalt des Umgebungswassers zu, da der Aufenthaltsbereich der Sprotten sehr stark vom Sauerstoffgehalt abhängt. Demnach herrscht bei guter Sauerstoffkonzentration ein geringerer Fraßdruck von der Sprotte, was sich positiv auf die Abundanz der juvenilen Dorsche auswirkt.

Zwischen Sprotte und Hering herrscht eine interspezifische Nahrungskonkurrenz, die abhängig von Wassertiefe, Salinität und Sauerstoffkonzentration dazu führen kann, dass die Sprotte viele ihrer Eier selber frisst.

So hält ein dominierender Dorschbestand den Fraßdruck der Clupeiden gering, was die Re-produktionserfolge des Dorsches signifikant erhöht. Durch den Fraßdruck der Clupeiden auf die Dorscheier, kann der Dorschbestand auf natürlichem Weg nie so stark zunehmen, dass das Gleichgewicht gestört werden würde.<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> Döring, R.; et al. (2005), S. 15



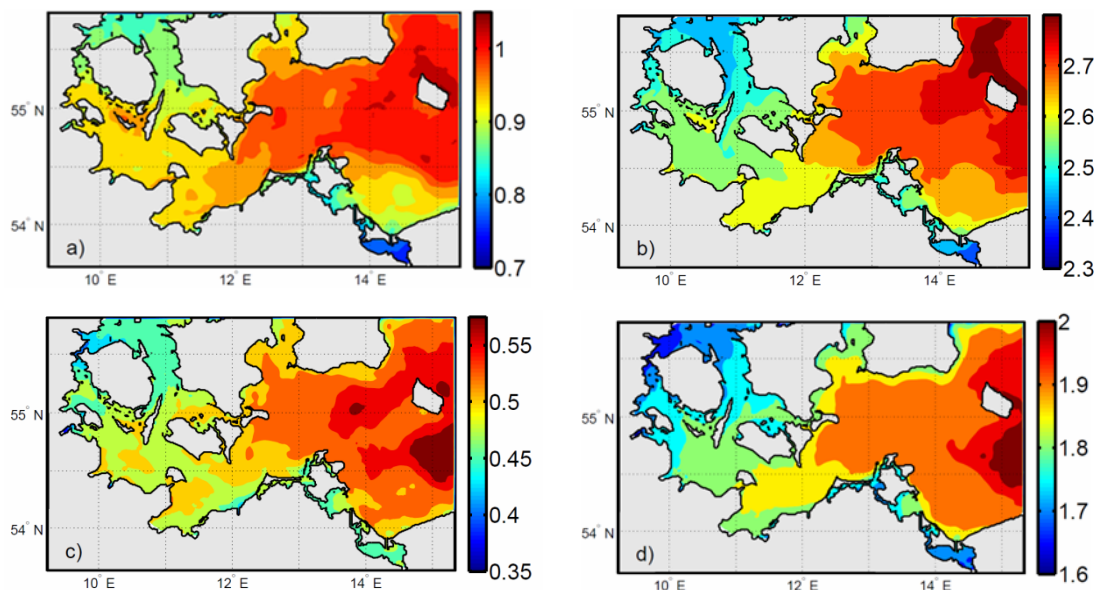
### 3. Klimabedingte Einflüsse und deren Folgen auf den Dorschbestand der Ostsee

#### 3.1 Einfluss der globalen Erwärmung auf die Ostsee

##### 3.1.1 Wassertemperatur

Die Wassertemperatur der Ostsee wird in diesem Jahrhundert auf Grund der globalen Erwärmung stark zunehmen. Unabhängig vom betrachteten Klimaszenario ist eine Erwärmung der Wassertemperatur auffallend. Im Rahmen unserer Arbeit werden wir uns überwiegend auf das A1B und B1 Szenario beziehen, da diese als Grundlage für andere aktuelle wissenschaftliche Arbeiten als wahrscheinlichstes Szenario und „Best Case“ Szenario heran gezogen werden.

Betrachten wir zuerst das ökonomisch orientierte A1B – Szenario, mit einer Balance zwischen technologischem Fortschritt und anhaltender Nutzung von fossilen Energien. In diesem Szenario ändert der Mensch sein Umweltbewusstsein nur gering, der Ausstoß an Treibhausgasen wird weiterhin zunehmen. Abb. 4 a zeigt die Veränderung der Durchschnittstemperatur der westlichen Ostsee für den Zeitraum von 2021-2050 gegenüber 1971-2000 nach Szenario A1B. Nach diesem Szenario muss mit einem Wassertemperaturanstieg von maximal 1°C nördlich von Bornholm und minimal 0.7°C Wassertemperaturanstieg im Stettiner Haff gegenüber dem Jahr 2000 ausgegangen werden. In dem Zeitraum von 2071-2100 wird die Ostsee nördlich von Bornholm bis zu 3°C wärmer sein als 1971-2000, das Stettiner Haff wird sich um 2,4°C erwärmt haben (Abb. 4 b).



**Abb. 4:** Durchschnittliche Veränderungen der Meeresoberflächen-temperatur nach dem A1B – Szenario (a + b) und nach dem B1 – Szenario (c + d) für den Zeitraum 2021 – 2050 (a + c) bzw. 2070 – 2100 (b + d) im Vergleich zum Zeitraum 1971 – 2000.

Quelle: U. Gräwe u.a. 2010



Verhält sich der Mensch zunehmend umweltbewusster, erhöht sich die Durchschnittstemperatur nicht so dramatisch wie in den oben gezeigten Abbildungen nach Szenario A1B. Abb.4 c zeigt die totale Durchschnittstemperaturveränderung der westlichen Ostsee für den Zeitraum 2021-2050 gegenüber 1971-2000 nach Szenario B1. Auf Basis dieses Szenarios würde sich die Ostsee im Zeitraum 2021 – 2050 um etwa 0,6° Celsius, minimal um 0,4°C erwärmen würde. Bis 2100 wird nach Szenario B1 im östlichsten Teil der westlichen Ostsee mit 2°C Temperaturanstieg die größte Temperaturdifferenz zu messen sein und im Kattegat die kleinste Temperaturdifferenz mit 1,6°C (Abb. 4 d).

### **3.1.2 Salzgehalt**

Die Ostsee ist ein Brackwassermeer. Ein Großteil des Süßwasserzuflusses der Ostsee erfolgt über die großen Flüsse, die in die Ostsee münden, wie Oder, Weichsel, Memel, Düna, Newa und Torneälven. Die gesamte Süßwasserzufuhr durch die Flüsse beläuft sich auf 440 km<sup>3</sup> pro Jahr.<sup>16</sup> Die zweite wichtige Eintragsquelle sind die Niederschläge über der Ostsee mit 225 km<sup>3</sup> Süßwasser pro Jahr. Ein Salzwassereintrag erfolgt nur über das Kattegat, der einzigen Verbindung zwischen der von Landmassen eingeschlossenen Ostsee zum offenen Meer. Die Oberflächenschicht der Ostsee neigt aufgrund von topographischen Verhältnissen dazu, in die Nordsee zu strömen. Zu diesem Ausstrom gibt es in der Tiefe einen gegenläufigen Einstrom, welcher kühleres Salzwasser in die Ostsee strömen lässt und zu einer ausgeglichenen Salzbilanz im Jahresmittel führt.

Eine für die Ostsee und die dortigen Lebensgemeinschaften wichtige Eigenschaft von Brackwasser ist es, dass bei zunehmender Tiefe der Salzgehalt steigt und der Sauerstoff abnimmt. Da Salzwasser bei gleicher Temperatur schwerer ist als Süßwasser, setzt sich Brackwasser mit hohem Salzgehalt von dem Brackwasser mit niedrigem Salzgehalt ab. Dadurch entstehen zwei verschiedene Wasserschichten in der Ostsee, die durch die Halokline voneinander getrennt werden. Diese verhindert, dass Sauerstoff aus der oberen Schicht in die Tiefe gelangen kann.

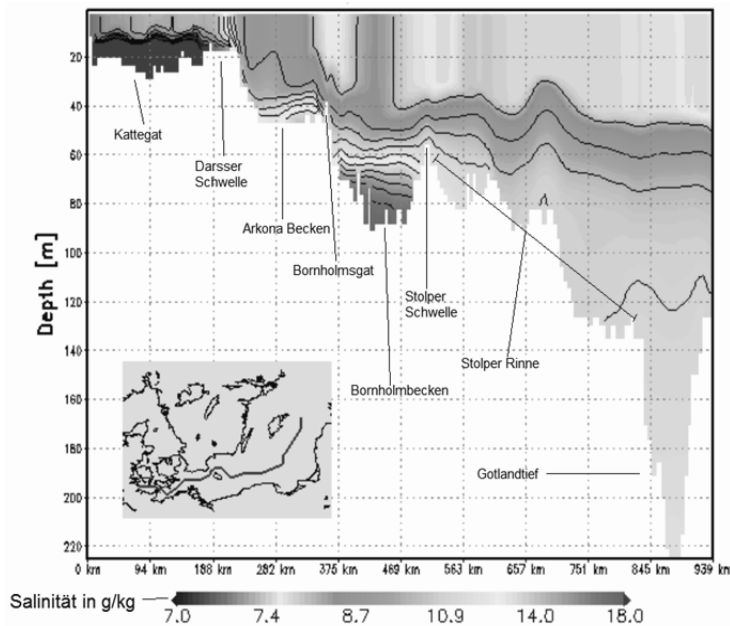
Aufgrund der steigenden Dichte bei steigendem Salzgehalt variiert der Salzgehalt der Ostsee vertikal. Je tiefer gemessen wird, desto höher ist der Salzgehalt. Da die Ostsee nur an ihrem westlichsten Ende eine Verbindung zur Nordsee aufweist, durch die Salzwasser einströmen kann, variiert auch der

---

<sup>16</sup> Ahrenberg, Mathias (2007)

Salzgehalt horizontal. Je nordöstlicher gemessen wird, desto geringer ist auch der Salzgehalt.

Der horizontale Salzwassertransport aus der Nordsee wird von topographischen Bedingungen beeinträchtigt. Betrachtet man eine Tiefenkarte der Ostsee, so erkennt man eine Reihe von Schwellen mit dazwischen liegenden Becken. Damit das salzreiche Nordseewasser in die Ostsee vordringen kann, muss dieses gegenüber dem Ostseewasser eine höhere Dichte haben,

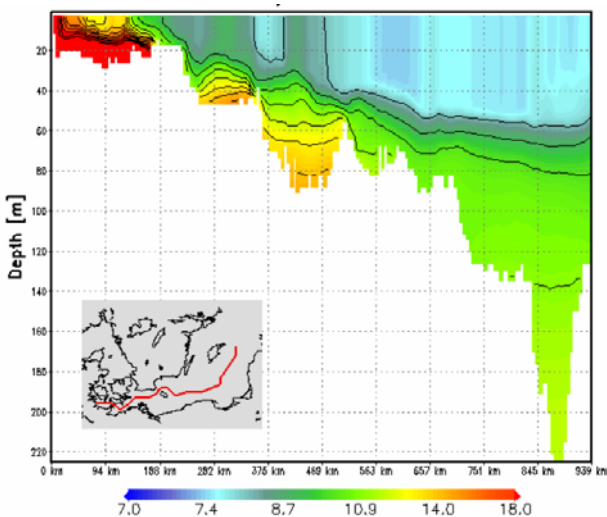


wodurch sich eine Schwelle nach der anderen füllen muss, damit das Wasser in tiefere Gefilde der Ostsee vordringen kann. Unter normalen Bedingungen überwiegt der Ausstrom aus der Ostsee, da der Meeresspiegel in der Ostsee höher ist als der in der Nordsee. In diesem Fall wird es nur zu einem geringen Einstrom kommen, der nicht über die Darsser Schwelle hinaus gelangen kann. Um

**Abb. 5:** Schwellen und Becken zwischen dem Kattegat und dem Gotlandtief östlich von Gotland. Quelle: T. Neumann IOW

einen stärkeren Einstrom von salzhaltigem Wasser in die Ostsee zu ermöglichen, sind

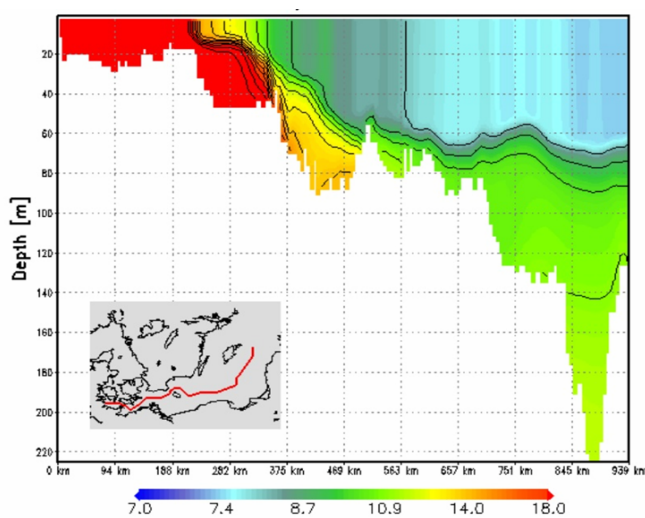
eine Kombination von länger anhaltenden Ostwinden und daran anschließend starken Westwinden notwendig. Durch den Ostwind wird verstärkt Wasser aus der Ostsee herausgedrückt, wodurch der Meeresspiegel in der Ostsee gesenkt wird. Ein daran anschließender Westwind kann dann Nordseewasser über die Darsser Schwelle hinein in die Ostsee drücken.



**Abb. 6** Salzgehalt zwischen dem Kattegat und dem Gotlandtief am Beginn des Einstromereignisses am 05.01.1993; Quelle: T. Neumann IOW

Die Oberflächenschicht der Ostsee hat im Übergangsbereich von der Nordsee zur Ostsee einen Mittelwert von 15-25 g/kg, die zentrale Ostsee weist einen durchschnittlichen Salzgehalt von 6-8 g/kg auf, und die nördliche Ostsee hat nur noch einen Salzgehalt von etwa 2 g/kg. Die Oberflächenschicht unterliegt zeitlichen Schwankungen und variiert aus dem Grund zwischen 20-25 m im Arkonabecken und 50-60 m im Gotlandtief.<sup>17</sup> Die Tiefenschicht weist im Osten eine Sa-linität von 10-15 g/kg auf und im Westen, nahe der Nordsee, eine Salinität zwischen 20 und 25 g/kg.<sup>18</sup>

Die Abb. 6 bis 8 zeigen einen Salzwassereinbruch im Frühjahr 1993 während einer circa zwei Monate langen Westwindperiode. Auf der Abb. 5 sind die Namen der Schwellen und Becken eingetragen. Die Messungen beginnen im Westen am Kattegat. Dieses ist die direkte Verbindung zur Nordsee, sodass hier verglichen mit der Ostsee stets ein hoher Salzgehalt in der gesamten Wassersäule vorhanden ist. Östlich vom Kattegat folgt als erste markante Erhebung die Darsser Schwelle. Nach Osten folgen dann das Arkonatief, das Bornholm-gat, das Bornholmbecken, die Stolper Schwelle, die Stolper Rinne und am Ende der Messreihe das Gotlandtief.



**Abb. 7** Salzgehalt zwischen dem Kattegat und dem Gotlandtief 20 Tage nach Beginn des Einstromereignisses am 25.01.1993  
Quelle: T. Neumann IOW

Die Salzkonzentration im Bereich des Kattegat und der Arkonabeckens hat sich angeglichen.

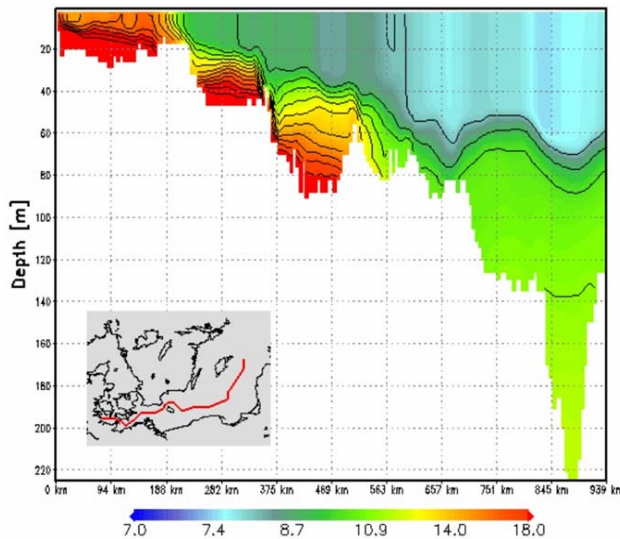
Abb. 6 zeigt das ungefähre Mittel der Salinität zur Winterzeit während des „normalen“ Ausstroms unmittelbar bevor ein länger anhaltender Weststurm das Nordseewasser in die Ostsee drückt. Deutlich erkennbar ist die Zunahme des Salzgehaltes in den Becken mit steigender Tiefe, wie auch die Abnahme der Salzkonzentration in den Becken von Westen nach Osten.

20 Tage nach Beginn des Einstromereignisses hat das Nordseewasser das Arkonabecken erreicht (Abb. 7). Das salzhaltige Nordseewasser strömt über die Drasser Schwelle.

<sup>17</sup> Kraatz, Stefan (2004)

<sup>18</sup> Ohne Autor 2 (2006)

Nach 50 Tagen kann man schon erkennen, dass an der Oberfläche das Ostseewasser wieder ausströmt und in der Tiefe der Zustrom von Nordseewasser weitgehend unterbunden wird (Abb. 8). Das Bornholmief wurde noch mit sauerstoffreichem, salzigem Nordseewasser versorgt. Die Stolper Schwelle konnte jedoch nicht mehr überwunden werden, so dass das Gotlandtief kein Frischwasser mehr erhalten hat.



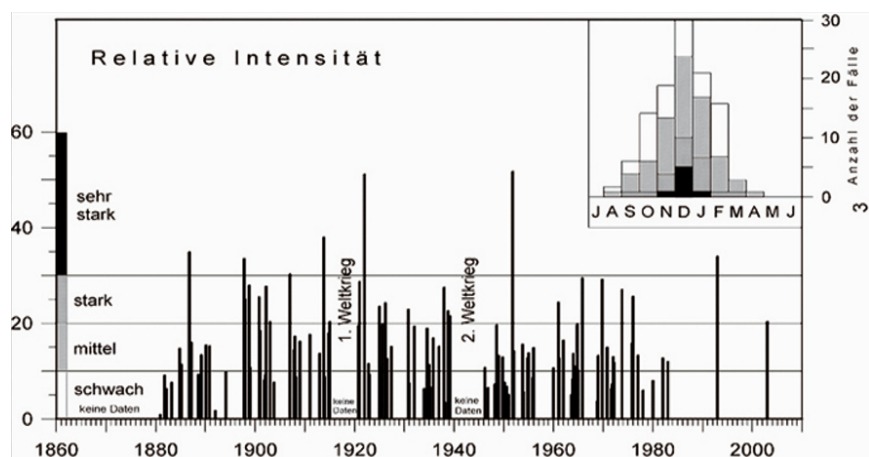
**Abb. 8** Salzgehalt zwischen dem Kattegat und dem Gotlandtief 50 Tage nach Beginn des Einstromereignisses am 24.02.1993  
Quelle: T. Neumann IOW

Wie die Abbildungen 4 – 6 zeigen, haben Einstromereignisse einen bedeutenden Einfluss auf die Versorgung der tiefen Bereiche des Beckens mit salzhaltigem und sauerstoffreichem Wasser.

Abb. 9 zeigt wie oft es seit 1880 zu Einstromereignissen kam und wie intensiv diese Ereignisse waren. Zwischen 1880 und 1980 kam es durchschnittlich zu ungefähr 10 Salzwassereinbrüchen pro Jahrzehnt, also zu einem Salzwassereinbruch pro Jahr. Zwischen 1983 und 2005 gab es allerdings nur noch zwei Salzwassereinbrüche. Die Ursachen

für diese Veränderungen sind bisher nicht genau bekannt. Denkbar ist hier ein Zusammenhang zwischen der Nordatlantischen Oszillation und den Einstromereignissen.

Einstromereignisse treten insbesondere in den Wintermonaten auf. Günstige Bedingungen sind eine länger anhaltende Ostwindwetterlage, in deren Verlauf viel Wasser aus der Ostsee in die Nordsee gedrückt wird. Ein daran anschließende stürmische Westwindwetterlage führt dann dazu, dass von der Nordsee Wasser in die Ostsee gedrückt werden kann.<sup>19</sup> Die letzten Jahrzehnte



**Abb. 9** Anzahl und Stärke der Einstromereignisse zwischen 1880 und 2005  
Quelle: W. Matthäus (2005)

<sup>19</sup> Reidt, Lutz (2010)

zeichneten sich allerdings durch einen positiven Winter-NAO-Index aus. Dieser hatte zur Folge, dass das sibirische Hochdruckgebiet durch starke Westwinde zurückgedrängt wurde und damit längerfristige Ostwindwetterlagen ausblieben. Die unter diesen Bedingungen vorherrschenden Westwinde verringern die Wahrscheinlichkeit eines Einstromereignisses erheblich. Längerfristig führt das Ausbleiben von Einstromereignissen zu einem Rückgang des Salzgehalts in der Ostsee. Belegt werden kann dieses anhand von Messungen vor Warnemünde, die 1979 einen Salzgehalt von 9 g/kg ergaben. 20 Jahre später konnte, nach einer Zeit mit sehr wenigen Einstromereignissen, nur noch ein Salzgehalt von 8 g/kg gemessen werden.<sup>20</sup>

### **3.1.3 Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser**

Drei Faktoren beeinflussen die Bildung von sehr sauerstoffarmen Zonen, sogenannten Todeszonen, in den tieferen Bereichen der Ostsee. Betrachtet man den Wasserkörper der Ostsee, so kann man diesen in eine Oberflächenschicht und eine Tiefenschicht unterteilen, die durch die halokline Sprungschicht voneinander getrennt sind. Diese trennt die leichtere Oberflächenschicht von der dichteren Tiefenwasserschicht und verhindert eine Durchmischung beider Wasserkörper. Somit ist ein vertikaler Sauerstoffaustausch zwischen der gesättigten Oberflächenschicht (Sauerstoffzufuhr durch Austausch mit der Luft und Photosynthese von Plankton, Algen und Wasserpflanzen) und der sauerstoffarmen Tiefenschicht fast ausgeschlossen. In den wärmeren Monaten wird die halokline Sprungschicht noch durch die Ausbildung einer Thermoschichtung verstärkt. Herbst- und Winterstürme können zu einer stärkeren Durchmischung führen, doch reicht ihre Wirkung nicht bis in die tieferen Bereiche der Becken hinab. Abgestorbene organische Substanzen sinken auf den Grund und werden dort unter Sauerstoffverbrauch zersetzt. Dieser Vorgang trat verstärkt in den letzten Jahren aufgrund der starken Eutrophierung und der damit einhergehenden starken Vermehrung von Algen auf, die im Winter absterben, auf den Grund sinken und bei aeroben Abbauprozessen, wie z.B. bakteriell bedingter Oxidation (Nitrifikation), viel Sauerstoff aus dem Tiefenwasser verbrauchen. Dementsprechend sind die landwirtschaftlichen Einleitungen, bei denen Reste von Düngungen den beschriebenen Vorgang hervorrufen, maßgeblich an einer schlechten Sauerstoffkonzentration im Tiefenwasser beteiligt. Da in der Tiefenschicht kein Sauerstoff nachproduziert werden kann, hängt der Sauerstoffgehalt stark von den oben genannten Salzwassereinbrüchen mit sauerstoffreichem Wasser ab. Das bedeutet, dass wenn Salzwassereinbrüche seltener werden, der Sauerstoff in der Tiefenschicht

---

<sup>20</sup> Feistel, Rainer (2006)

immer schnell verzehrt sein wird. Das Tiefenwasser wird ca. 1 - 2 Jahre nach dem letzten Salzwassereinbruch suboxisch und danach anoxisch sein.<sup>21</sup> 2002 waren nach neun Jahren ohne Salzwassereinbruch 10% der gesamten Ostsee anoxisch, also ohne jeglichen Sauerstoff in den tieferen Bereichen. Bleiben die Salzwassereinbrüche in den kommenden Jahrhunderten weiterhin so rar, werden sich die anoxischen Bereiche weiter ausweiten.

### **3.2 Mögliche Auswirkungen der globalen Erwärmung auf den Dorschbestand in der Ostsee**

#### **3.2.1 Biologische Invasion der Rippenqualle**

Aufgrund der globalen Erwärmung lässt sich schon heute eine Erwärmung der Ostsee beobachten. Auf Basis der Szenarien A1B und B1 kann davon ausgegangen werden, dass bis zum Ende dieses Jahrhunderts in der östlichen Ostsee mit einem Anstieg der Durchschnittstemperatur des Oberflächenwassers von 2 - 3°C gerechnet werden muss. Global gesehen verzeichnet man in jedem Meer einen Wassertemperaturanstieg, was zur Folge hat, dass weltweite Populationsverschiebungen in Polrichtung beobachtet werden können. Dieses legt den Schluss nahe, dass in die Ostsee immer mehr Tierarten aus südlicheren Verbreitungsgebieten einwandern, was im Falle des Dorsches zu neuen Nahrungskonkurrenten, wie der aus dem Mittelmeer stammenden Meerbarbe *Mullus surmuletus*, führt.<sup>22</sup>

Dieses Phänomen der Faunenverschiebung wird mit der zunehmenden wirtschaftlichen Globalisierung und der daraus entstehenden biologischen Invasion weiter beschleunigt, da durch die wärmeren Wassertemperaturen eingeschleppte Arten länger oder für immer überleben können.<sup>23</sup>

---

<sup>21</sup> Feistel, Rainer 2 (ohne Jahr)

<sup>22</sup> Simpson, Stephen; et al. (2011)

<sup>23</sup> ebd.

Ein für die Ostseedorsch-Population sehr relevanter Neozoon ist die von der nordamerikanischen Ostküste stammende Rippenqualle *Mnemiopsis leidyi*. Erste Forschungsergebnisse dieser erstmals 2006 in der Ostsee festgestellten Quallenart belegen, dass *M. leidyi* Dorscheier frisst, wie Wissenschaftler des IFM-Geomar in Kiel 2008 publizierten.<sup>24</sup> Diese potentielle Bedrohung nimmt immer weiter zu, weil die Abundanz von *M. leidyi* stetig steigt. So wurden Ende 2006 ca. 80 Individuen pro Kubikmeter erfasst, was bereits einem Drittel der Abundanz entspricht, die 1989 im Schwarzen Meer ausreichte, um viele dort heimische Fischarten massiv zu verdrängen.<sup>25</sup> In diesem Fall würde eine weitere Wassererwärmung dazu führen, dass sich die Rippenquallen noch stärker vermehren könnten, da sich so die Wassertemperatur der ihrer Heimat weiter angleiche. Dies könnte wiederum dazu führen, dass sich die Räuber-Beute-Beziehungen der Ostsee grundlegend zu Ungunsten des Dorsches verändern würden.

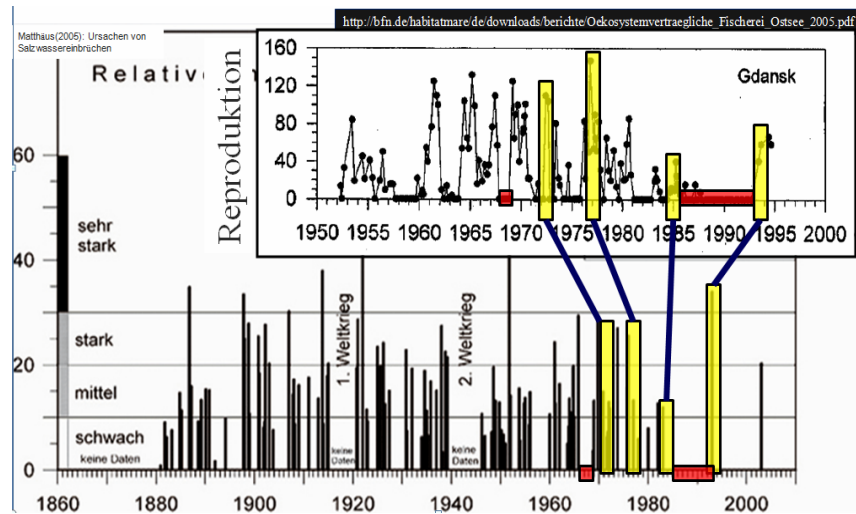


Abb. 10: Korrelation von Dorschreproduktion und Salzwassereinbrüchen (1968 -2000)

Quelle: Matthäus 2005 und Döring R. et al (2005) S. 51 (verändert)

### 3.2.2 Bedeutung der Salzwassereinbrüche für den Dorsch

Vergleicht man die Reproduktionsrate des Dorsches (*Abb. 10 oben*) und die relative Intensität der Salzwassereinbrüche (*Abb. 10 unten*), so zeigt sich, dass diese eine deutliche Korrelation zeigen. Demnach liegt die Reproduktionsrate nahe 0, wenn kein nennenswerter Salzwassereinbruch in den Jahren vermerkt wurde (rot). Im Umkehrschluss verlaufen die Reproduktionspeaks (gelb) im Zeitintervall 1968 bis 2000 nahezu parallel (blaue Verbindungen) zu den Salzwassereinbrüchen (gelb) im gleichen Zeitintervall (*Abb. 10*). Beim Betrachten dieser in den letzten Jahren noch eindeutigeren Wechselbeziehung stellt sich die Frage nach der biologischen Begründung.

**Salinitätsbedingt:** Der erste zu nennende Grund für die ausbleibende Reproduktion bei fehlenden Salzwassereinbrüchen ist, dass die Dorscheier eine relativ schlechte Schwebefähigkeit aufweisen, so dass die Eier bei einer

<sup>24</sup> Villwock, Andreas (2008)

<sup>25</sup> Villwock, Andreas (2006)

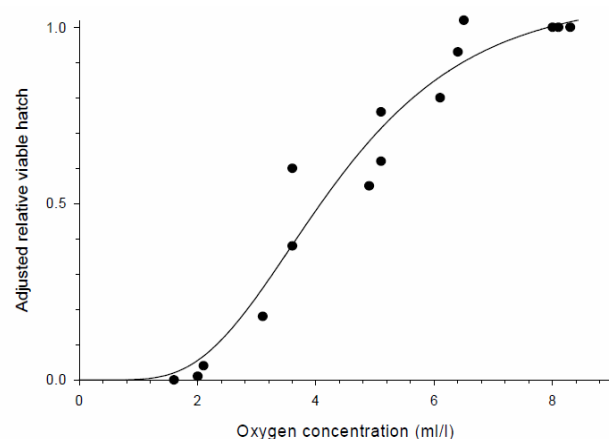


Salinität unter 11 g/kg, welche sich durch den nicht vorhandenen Nachschub von Nordseewasser mit hoher Salinität zunehmend bildet, auf den Meeresboden absinken. Sobald die Eier auf den Boden sinken, werden sie von benthischen Organismen wie Krebsen gefressen oder von Bakterien zersetzt.

Die zunehmend geringen Salinitätswerte führten und führen jedoch auch dazu, dass sich die Zooplanktonzusammensetzung im Pelagial verändert. Das Pelagial der Ostsee wird von den calanoiden Copepoden der Gattungen *Acartia*, *Eurytmora*, *Pseudocalanus* und *Temora* dominiert. Langzeitstudien zeigen, dass *Pseudocalanus elongatus* höhere Salzgehalte und niedrige Temperaturen präferiert. Da die Ostsee durch die globale Erwärmung einen gegenteiligen Trend erlebt, konnte anhand der Biomasse ein signifikantes Zurückgehen von *P. elongatus* nachgewiesen werden.<sup>26</sup> Antiproportional zu dem Rückgang von *P. elongatus* verzeichnen Forscher eine Zunahme der Biomasse von den anderen calanoiden Copepoden, was mit der Affinität dieser Arten zu höheren Temperaturen und niedrigeren Salzgehalten zusammenhängt. Aus der Verschiebung der Abundanz der relevanten Zooplanktonarten resultiert wahrscheinlich das von Forschern verzeichnete „verminderte Wachstum“ von Sprotte und Hering.<sup>27</sup> Da Sprotte und Hering nun länger in der Beutegröße der Dorsche sind, führt die Zooplanktonverschiebung indirekt zu einem erhöhten Nahrungsangebot für die Ostseedorschpopulation und einen verminderten Fraßdruck auf die Dorscheier.

**O<sub>2</sub>-Konzentrationsbedingt:** Durch ausbleibende Salzwassereinbrüche sinkt der Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser sehr stark, was zu folgenden zwei Phänomenen führt, die sich negativ auf die Dorschreproduktion auswirken:

Die Sprotte ist ein Fisch, der im Pelagial lebt und dort überwiegend in der größt möglichen Tiefe (bis 250 m) jagt, wobei sie nur in diesen Tiefen überleben kann, wenn dort noch relativ viel Sauerstoff vorhanden ist. So ergaben Untersuchungen, dass die Sprotten



**Abb. 11:** Relative Überlebensfähigkeit von Dorschlarven pro Sauerstoffkonzentration

Quelle: Döring, R.; et al. (2005), S. 54

<sup>26</sup> Döring, R.; et al. (2005), S. 13

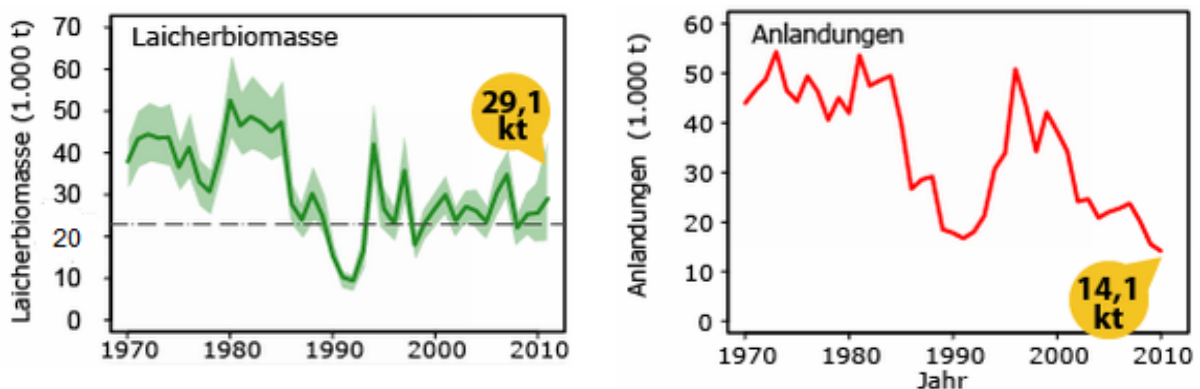
<sup>27</sup> Döring, R.; et al. (2005), S. 13

bei immer schlechter werdenden Sauerstoffgehalten im Tiefenwasser weiter aufsteigen und somit in die Laichtiefe des Dorsches vordringen. Diese durch Sauerstoffmangel-Situationen hervorgerufene Habitatsüberlappung führt gegebenenfalls dazu, dass beinahe alle Dorscheier von der Sprotte weggefressen werden. Bei besseren Sauerstoffgehalten im Tiefenwasser grenzt das Habitat der Sprotten nur an die Laichtiefe des Dorsches, so dass erheblich weniger Eier gefressen werden.<sup>28</sup>

Bei geringeren Salinitäts- und Sauerstoffgehalten, hervorgerufen durch ausbleibende Salzwassereinbrüche, sinken die Dorscheier in immer tiefere Wasserschichten, wo immer weniger Sauerstoff vorhanden ist. Die frisch geschlüpften Larven benötigen aber einen Sauerstoffgehalt von mindestens 2 ml/l O<sub>2</sub>, damit überhaupt einige wenige der Larven überleben können. Ab 2 ml/l O<sub>2</sub> steigt die relative Überlebensfähigkeit der Dorschlarven annähernd linear und somit proportional zum Sauerstoffgehalt an. Demnach überleben im Intervall von 2 ml/l - 8 ml/l O<sub>2</sub>, mit steigender Sauerstoffkonzentration, immer mehr Dorschlarven (Abb. 11). Im Umkehrschluss lässt sich daraus ableiten, dass bei geringen Sauerstoffgehalten im Tiefenwasser viele der frisch geschlüpften Larven gleich sterben.<sup>29</sup>

## 4. Einfluss der Ostsee-Fischerei auf den Dorsch

### 4.1 Entwicklung des Fischfangs



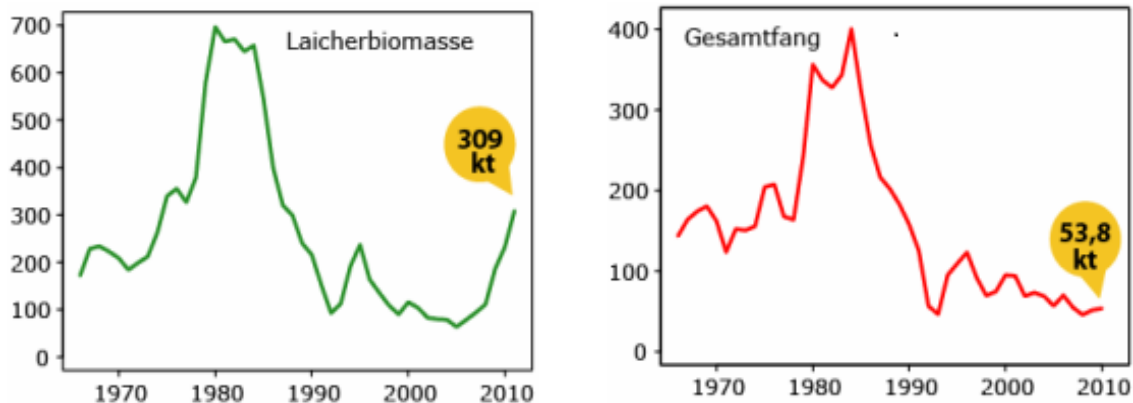
**Abb. 12:** Laicherbiomasse und Anlandungen von Dorsch in der Westlichen Ostsee  
Quelle: K. Bartz u. C. Zimmermann, vti

Bei Betrachtung der Entwicklung des Dorschfangs der westlichen und der östlichen Ostsee wird deutlich, dass immer weniger Dorsch in der Ostsee für die Fischer zu fangen ist, da der Rückgang der Fangquoten nicht auf

<sup>28</sup> Döring, R.; et al. (2005), S. 14

<sup>29</sup> Döring, R.; et al. (2005), S. 54/ 177

erlassene Gesetze zurückzuführen ist, sondern auf den Rückgang der Dorschpopulation.



**Abb. 13:** Laicherbiomasse und Anlandungen von Dorsch in der Östlichen Ostsee

Quelle: K. Bartz u. C. Zimmermann, vti

Um die Dorschpopulationen zu schonen und ihnen die Chance zu gewähren, sich zu reproduzieren, hat man 2003 neue Gesetze erlassen, allerdings nur in der östlichen Ostsee. Dort wurde die vorgeschriebene Mindestmaschengröße von 130 mm auf 140 mm erhöht<sup>30</sup>, um es den kleinen Dorschen zu ermöglichen, ungehindert den Netzen entkommen zu können.

In der östlichen Ostsee ist seit 2003 eine deutliche Erholung der Dorschpopulation zu erkennen.<sup>31</sup> Diese ist zum einen auf den verbesserten Schutz des Dorsches durch die Einführung der Fangquoten und zum anderen auf das Ergebnis eines starken Einstromereignisses 2003 zurückzuführen. Im Zuge dieses Einstromereignisses strömte Nordseewasser bis in das Bornholmbecken und veränderte dort den Salz- und Sauerstoffgehalt nachhaltig zugunsten des Dorsches, sodass die Dorschreproduktion die anhaltend starke Ostseefischerei periodisch besser kompensieren konnte.

<sup>30</sup> AID Infodienst(2003)

<sup>31</sup> Spiegel Online, a. a. o.

## **4.2 Bedeutung für die Stabilität der Dorschpopulation**

Das ohnehin schon durch die klimabedingten Veränderungen belastete Gleichgewicht zwischen Dorsch und Sprotte/Hering wird durch die nicht ausbalancierte Fischerei noch weiter belastet.

Die Fischer passen das, was sie fangen (Angebot), der Nachfrage an, sodass die wirtschaftlich interessanteren Fische, wie der Ostseedorsch, bis zum Erschöpfen ausgebeutet werden und die wirtschaftlich weniger interessanten Fische, wie die Sprotte, können sich immer weiter vermehren. Anders gesagt: Die Fischer fangen auf der einen Seite „nur“ die Eierproduzenten (Dorsche), so dass weniger Eier entstehen können, und lassen auf der anderen Seite die Eierjäger (Sprotten) „völlig unberührt“. Dies führt zu einem immer weiter ansteigenden Fraßdruck auf die Dorscheier, welcher durch hohe Reproduktionsausfälle nicht mehr kompensiert werden kann. Demnach wird das Gleichgewicht zwischen Dorsch und Sprotte/(Hering) immer weiter zu Ungunsten des Dorsches in Richtung Sprotte verschoben, wenn nicht ein erneuter Salzwassereinbruch, das Verhältnis wieder zu Gunsten des Dorsches herstellt.

## **5. Fazit**

Wie unsere Arbeit ganz deutlich zeigt, korrelieren Salzwassereinbrüche und Dorschreproduktion proportional sehr stark. Demnach sind die durch die Salzwassereinbrüche geschaffenen höheren Sauerstoffkonzentrationen und Salinitätswerte im Tiefenwasser essentiell für die Dorschreproduktion (3.2.2). Verantwortlich für einen nennenswerten Salzwassereinbruch ist ein, seit Anfang der 1990 Jahre, immer seltener verzeichnetes Wechselspiel aus intensiver Ostwindperiode und direkt darauf folgenden Westwindstürmen. Daraus resultiert seit 1978 ein, analog zu den abnehmenden Salzwassereinbrüchen, stetiger Rückgang der Dorschpopulation in der Ostsee, welcher nur durch einen einzigen signifikanten Salzwassereinbruch im Jahre 2003 vorerst gestoppt wurde. Bleiben durch die globale Erwärmung die für einen Salzwassereinbruch günstigen Wetterlagen weiterhin eine Rarität, wird sich der Trend des abnehmenden Ostseedorschbestandes weiter fortsetzen. Dementsprechend werden sich die derzeit wieder stabilisierenden Nahrungsbeziehungen zwischen Dorsch und Sprotte/Hering erneut zu Ungunsten des Dorsches verschieben. Hiermit wird die Ostseefischerei das Aus der ohnehin, seitens der globalen Erwärmung, geschwächten Dorschpopulation in der Ostsee bedeuten, was den Ostseedorsch seinem Denkmal gefährlich nahe bringt.

## 6. Literatur- und Abbildungsverzeichnis

- Ahrenberg, Mathias (2007): Skalenabschätzung von Transporten in der westlichen Ostsee, [www.io-warnemuende.de/tl\\_files/.../Diplomarbeit\\_Ahrenberg.pdf](http://www.io-warnemuende.de/tl_files/.../Diplomarbeit_Ahrenberg.pdf), letzter Zugriff: 05.11.2011
- AID Infodienst (2003): Dorschbestand in der Ostsee gefährdet, [http://www.umweltjournal.de/AfA\\_naturkost/5290.php](http://www.umweltjournal.de/AfA_naturkost/5290.php), letzter Zugriff 01.01.2012
- Bleil, Martina; Oberst, Rainer (2007): Dorsche in der Ostsee, [http://literatur.vti.bund.de/digbib\\_extern/dk039458.pdf](http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/dk039458.pdf), letzter Zugriff: 17.11.2011
- Bülow, M. (ohne Jahr): Wussten sie schon, dass er globale Fischbestand und damit auch die Fischerei durch die Folgen des Klimawandels drastisch bedroht ist?, <http://www.marco-buelow.de/energie-klima/klima-kompakt/fischbestaende.html>, letzter Zugriff: 16.11.2011
- Döring, R.; et al. (2005): Wege zu einer natur- und ökosystemverträglichen Fischerei am Beispiel ausgewählter Gebiete der Ostsee, [http://bfn.de/habitatmare/de/downloads/berichte/Oekosystemvertraegliche\\_Fischerei\\_Ostsee\\_2005.pdf](http://bfn.de/habitatmare/de/downloads/berichte/Oekosystemvertraegliche_Fischerei_Ostsee_2005.pdf), letzter Zugriff 09.04.2012
- Feistel, Rainer (2006): Wird die Ostsee zum Süßwassermeer?, <http://www.io-warnemuende.de/wird-die-ostsee-zum-suesswassermeer.html>, letzter Zugriff: 24.01.12
- Feistel, Rainer 2 (ohne Jahr): Faktenblatt zur Sauerstoffsituation am Boden der Ostsee, <http://www.io-warnemuende.de/sauerstoff.html>, letzter Zugriff: 20.11.2011
- Fisch- Informationszentrum e.V. (FIZ) (ohne Jahr): Kabljau/ Dorsch, <http://www.fischinfo.de/pdf/KABELJAU.pdf>, letzter Zugriff: 30.10.2011
- Gerdes, Torben (2004): Die ökologische Charakteristik der Ostsee, <http://de.wikipedia.org/wiki/Ostsee#Gr.C3.B6.C3.9Fe>, letzter Zugriff: 30.10.11
- Hüssy, Karin (1996): The ecology of juvenile cod, Aarhus University, Ny Munkegad, DK- 8000 Aarhus C
- Kraatz, Stefan (2004): Hydrographie und Wasseraustausch der Ostsee, [http://www.ikzmd.de/seminare/pdf/MS\\_Ostseeregion\\_Kraatz.pdf](http://www.ikzmd.de/seminare/pdf/MS_Ostseeregion_Kraatz.pdf), letzter Zugriff: 04.04.12

- Lange, Markus  
(2004): Ökologische und ökonomische Probleme der Ostseefischerei,  
[http://www.ikzm-d.de/seminare/pdf/MS\\_Ostseeregion\\_Lange.pdf](http://www.ikzm-d.de/seminare/pdf/MS_Ostseeregion_Lange.pdf),  
letzter Zugriff: 17.11.2011
- Lemke, Wolfram  
(ohne Jahr): Wie alt ist die Ostsee,  
[http://www.io-warnemuende.de/Antworten\\_Fragen\\_zum\\_Meer.html?frage=39](http://www.io-warnemuende.de/Antworten_Fragen_zum_Meer.html?frage=39), letzter Zugriff  
03.12.2011
- M., Susan  
(2010): Gadus morhua ,  
<http://www.fishbase.org/summary/Gadus-morhua.html>,  
letzter Zugriff: 30.10.2011
- Ohne Autor  
(2011): Dorsch östliche/westliche Ostsee,  
[http://fischbestaende.portal-fischerei.de/Fischarten/?c=stock&a=detail&stock\\_id=120](http://fischbestaende.portal-fischerei.de/Fischarten/?c=stock&a=detail&stock_id=120)  
und [http://fischbestaende.portal-fischerei.de/Fischarten/?c=stock&a=detail&stock\\_id=121](http://fischbestaende.portal-fischerei.de/Fischarten/?c=stock&a=detail&stock_id=121),  
letzter Zugriff: 07.01.2012
- Ohne Autor  
(ohne Jahr): Baltic Sea Quiz,  
<http://baltic.yta52.net/BalticQuiz.html> letzter Zugriff:  
28.10.2011
- Ohne Autor 2  
(ohne Jahr): Salzwassereinbruch Ostsee, [http://www.ikzm-d.de/infos/videos/146\\_sal93.avi](http://www.ikzm-d.de/infos/videos/146_sal93.avi),  
letzter Zugriff: 20.12.2011
- Ohne Autor 2  
(2006): CTD-Messungen,  
<http://www.ifm-geomar.de/index.php?id=3067>,  
letzter Zugriff: 24.01.2012
- Reidt, Lutz  
(2010): Die Rückkehr der Ostsee-Dorsche,  
<http://www.dradio.de/dkultur/sendungen/wissenschaft/1216208/>,  
letzter Zugriff: 07.04.2012
- Simpson,  
Stephen; et al.  
(2011): Continental Shelf-Wide Response of a Fish Assemblage to Rapid Warming of the Sea,  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982211008918>, letzter Zugriff: 09.04.2012
- Sobel, J.  
(2011): Gadus morhua,  
<http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/8784/0> ,  
letzter Zugriff: 30.10.2011
- Spiegel online  
(2012): Forscher staunen über Rückkehr der Dorsche,  
Spiegel online vom 02.01.2012.  
<http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,806641,00.html>,  
letzter Zugriff: 04.01.2012

- Villwock, Andreas (2006): Potentiell gefährliche Invasion, <http://www.ifm-geomar.de/index.php?id=3444>, letzter Zugriff: 08.12.2011
- Villwock, Andreas (2008): Verspeist die Rippenqualle Den Dorschnachwuchs?, <http://www.ifm-geomar.de/index.php?id=4058>, letzter Zugriff: 08.12.2011
- Wißmann, Ronja (2003): Der Dorsch in der Ostsee, [http://www.ifm-geomar.de/index.php?id=oz-on\\_dorsch](http://www.ifm-geomar.de/index.php?id=oz-on_dorsch), letzter Zugriff: 04.04.2012

## Abbildungen:

- **Titelblatt:** Urheber Tino Strauss: *Pollachius virens*; WikimediaCommons: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pollachius\\_virens\\_01.jpg?uselang=de](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pollachius_virens_01.jpg?uselang=de) (19.6.2012)
- **Abb. 1:** Urheber NormanEinstein: Baltic Sea Map; WikimediaCommons: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Baltic\\_Sea\\_map.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Baltic_Sea_map.png) (19.6.2012)
- **Abb. 2 & Abb. 3 & Abb. 10 & Abb. 11:** Döring, R.; et al. (2005): Wege zu einer natur- und ökosystemverträglichen Fischerei am Beispiel ausgewählter Gebiete der Ostsee, [http://bfm.de/habitatmare/de/downloads/berichte/Oekosystemvertraegliche\\_Fischerei\\_Ostsee\\_2005.pdf](http://bfm.de/habitatmare/de/downloads/berichte/Oekosystemvertraegliche_Fischerei_Ostsee_2005.pdf) (8.12.2011)  
Copyright angefragt bei R. Döring: keine Einwände, Verweis auf BfN; dort angefragt: genehmigt durch Mail am 18.6. 2012 an D. Kasang von P. Hübner, BfN
- **Abb. 4:** Ulf Gräwe, Rene Friedland, Hans Burchard (2010): The future of the Western Baltic Sea  
angefragt am 18.6. bei U. Gräwe; genehmigt durch Mail am 18.6.2012 an D. Kasang
- **Abb. 5 & Abb. 6 & Abb. 7 & Abb. 8:** ohne Autor (ohne Jahr): Salzwassereinbruch Ostsee, [http://www.ikzm-d.de/infos/videos/146\\_sal93.avi](http://www.ikzm-d.de/infos/videos/146_sal93.avi) (20.12.11)  
Startseite für das Video:  
<http://www.ikzm-d.de/main.php?page=5,1658>  
Modellierung von *Dr. Thomas Neumann IOW*;  
Genehmigung zur Veröffentlichung erteilt durch Thomas Neumann (IOW) mit Mail vom 14.6.2012 an D. Kasang
- **Abb. 9:** Matthäus, Leibniz-Institut für Ostseeforschung (2005): Ursachen von Salzwassereinbrüchen, <http://www.io-warnemuende.de/ursachen-von-salzwassereinbruechen-in-die-ostsee.html> (24.01.12)



Genehmigung zur Veröffentlichung erteilt durch W. Matthäus (IOW) mit Mail vom 18.6.2012 an D. Kasang

- **Abb. 12 & Abb. 13**: Barz. K., C. Zimmermann (Hrsg.): Fischbestände online. Thünen-Institut für Ostseefischerei. Elektronische Veröffentlichung auf <http://www.fischbestaende-online.de>, Zugriff am XX. Juni 2012 (Quellenangabe in dieser Form auf Wunsch von C. Barz), Genehmigung zur Veröffentlichung mit Mail vom 18.6.2012 an D. Kasang durch Christina Barz