

## OSTSEEFISCHEREI

# 10 Jahre Untersuchungen zur Reproduktionsbiologie des Dorsches im Institut für Ostseefischerei

Martina Bleil, Rainer Oeberst, Institut für Ostseefischerei, Rostock (IOR)

Die Reproduktionsbiologie des Dorsches wurde als eine Schwerpunktaufgabe des IOR, das im Januar 1992 gegründet wurde, festgelegt. In den zurückliegenden 10 Jahren erfolgte die Bearbeitung verschiedener Aspekte dieser Aufgabenstellung. Die Ergebnisse sind in vielfältiger Form veröffentlicht. An dieser Stelle werden die wesentlichen Ergebnisse zusammenfassend dargestellt und ein Ausblick auf zukünftige notwendige Arbeiten gegeben.

Im Januar 1992 wurde das Institut für Ostseefischerei Rostock als Bestandteil der Bundesforschungsanstalt für Fischerei gegründet. Das Institut erarbeitet im Rahmen der Ressortforschung wissenschaftliche Grundlagen für die Beratung des BMVEL (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft) zu Fragen der Erhaltung und nachhaltigen Bewirtschaftung von Nutzfischbeständen der Ostsee. Ziel dieser Arbeiten ist es: „das Fischereimanagement zu verbessern um den Rückgang der Bestände umzukehren und eine nachhaltige Fischerei und gesunde Ökosysteme des Meeres sowohl in der EU als auch weltweit zu gewährleisten.“ (EU 2001). Aus diesen Anforderungen ergibt sich die Notwendigkeit, neben dem biologischen Monitoring der Nutzfischbestände, die verschiedenen Aspekte der Reproduktionsbiologie der Nutzfischbestände zu erforschen.

Seit der Wiedervereinigung hat der Dorsch der Ostsee die größte ökonomische Bedeutung für die Küstenfischerei der Bundesrepublik Deutschland in der Ostsee. Da diese Fischereiresource auch bei den baltischen Staaten und in Polen in den Mittelpunkt rückte, erhöhte sich der fischereiliche Druck auf diese Fischart. Die damit verbundene dramatische Abnahme des Bestandes, speziell des östlichen Dorschbestandes, führte in den zurückliegenden Jahren zu großen Problemen bei der Nutzung dieser Fischereiresourcen. Neben diesem Fischereidruck ist von Bedeutung, dass die Größe der nachwachsenden Jahressklasse nur ungenau vorhersagbar ist.

Um die äußerst komplexen Prozesse der Reproduktion von Fischbeständen zu verstehen sind umfangreiche, kontinuierliche und interdisziplinäre Untersuchungen notwendig (NAFO 1998).

Mit der Wiedervereinigung Deutschlands konnte erstmals seit 50 Jahren das Gebiet der westlichen Ostsee, das Hauptverbreitungsgebiet des westlichen Dorschbestandes, wieder in seiner Gesamtheit mit einheitlichen Methoden beprobt werden. Aus diesem Grunde und wegen der gestiegenen ökonomischen Bedeutung des Dorsches wurde bei der Gründung des IOR 1992 die Reproduktionsbiologie dieser Fischart als ein Schwerpunkt für das Institut festgelegt und die damit verbundenen umfangreichen Untersuchungen initiiert. Die kontinuierliche Sammlung umfangreicher Datenserien und deren schrittweise Analyse führte zu neuen Erkenntnissen bezüglich der multifaktoriell bedingten Wechselwirkungen zwischen Laicherbestand, biotischer und abiotischer Umwelt.

### **Studies concerning the reproduction biology of Baltic cod by the IOR during the last ten years**

The reproduction biology of cod is one of the main research topics of the Institute of Baltic Sea Fisheries at Rostock. It was defined 10 years ago when the Institute was formed. Since then results have been published in a number of publications. This paper summarizes the main results of the past decade and outlines necessities for future research in cod reproduction biology in the Baltic Sea.

Um die Aussagen aus den Felduntersuchungen zu unterstützen wurden zeitgleich Arbeiten in einer marinen Aquakulturanlage durchgeführt. Durch die Verknüpfung von Methoden der traditionellen Fischereibiologie mit den Möglichkeiten der marinen Aquakultur wurden Ergebnisse aus den Felduntersuchungen bestätigt und umfangreiche zusätzliche Erkenntnisse gewonnen, die nur durch die Verknüpfung von bekannten und bewährten Methoden aus scheinbar völlig verschiedenen Arbeitsrichtungen möglich waren.

In den zurückliegenden 10 Jahren sind so folgende Schwerpunkte bearbeitet worden:

- Zeitlicher und räumlicher Verlauf von Laichprozessen in verschiedenen Gebieten der Ostsee,
- Bestimmung und Charakterisierung der potenziellen Laichgebiete und Hauptlaichgebiete des westlichen Dorschbestandes,
- Quantität und Qualität von Dorscheiern und -larven in Beziehung zu den Elterntieren unter den kontrollierten Bedingungen einer marinen Aquakulturanlage und zeitgleich in Feldversuchen,
- Analysen zur Fruchtbarkeit des westlichen Dorschbestandes und des Dorsches in angrenzenden Seegebieten (Kattegat, Bornholmsee),
- Entwicklung einer Methode, um frühzeitig im Verlauf einer Laichsaison die Stärke des Nachwuchsjahrganges abzuschätzen.

Die langfristig geplanten Untersuchungen stimmen mit Aktivitäten anderer Länder überein, die sich vor dem Hintergrund allgemeiner und dramatischer Bestandsrückgänge verstärkt den verschiedenen Aspekten der Reproduktionsbiologie von Kabeljau des Nordost- und Nordwestatlantik zugewandt haben.

## Material und Methoden

### Untersuchungsgebiet

Schwerpunktgebiete der seit 1992 durchgeführten Arbeiten sind die Seegebiete vor der deutschen Ostseeküste (Kieler Bucht, Mecklenburger Bucht und Arkonasee). Die Kieler und Mecklenburger Bucht sind ein Teil der Beltsee, ICES-Gebiet 22. Die Dorsche dieses Gebietes werden auch als „Beltseedorch“ bezeichnet (Berner 1985; Berner und Müller 1990; Müller 1994). Abbildung 1 stellt das Untersuchungsgebiet dar.

Darüber hinaus werden aber auch die angrenzenden Seegebiete Arkonasee (ICES-Gebiet 24), Bornholmsee (ICES-Gebiet 25) und seit 1996 auch das Kattegat (ICES-Gebiet 21) in die Untersuchungen mit ein-

bezogen, um das gesamte Verbreitungsgebiet des westlichen Dorschbestandes zu erfassen. Durch die Einbeziehung der Gebiete Bornholmsee und Kattegat konnten Vergleichsdaten der angrenzenden Dorschbestände gewonnen werden. Die Bornholmsee gewann im Verlauf der Arbeiten als wichtigstes Laichgebiet für den Dorsch der zentralen Ostsee zunehmend an Bedeutung. Die Seegebiete wurden ab einer Wassertiefe von 7 m, ausschließlich der Seegebiete innerhalb von 3 Seemeilen vor den schwedischen und dänischen Küsten, mittels Standardstationen beprobt. In Gebiet 22 wurden 34 Stationen, im Kattegat 8, in der Arkonasee 33 und in der Bornholmsee 25 Stationen bei den Untersuchungen befishet.

### Felduntersuchungen

Das Datenmaterial für die Kieler und Mecklenburger Bucht wurde auf Surveys gewonnen, die jährlich in den Monaten Januar, März, Mai, Juni und November durchgeführt wurden und damit den gesamten Zeitraum der reproduktiven Phase der Dorsche erfasste. Das Seegebiet Kattegat ist ausschließlich im März, die Arkonasee und die Bornholmsee im März und Juni in die Surveys mit einbezogen worden. Für die Surveys standen die Fischereiforschungskutter „Solea“ und „Clupea“ zur Verfügung. Die Fischerei erfolgte mit Grundschleppnetzen mit Steertmaschenweiten von  $i = 105 \text{ mm}$ .

Für alle gefangenen Dorsche wurden die Parameter Totallänge, Gesamtkörpergewicht, Körpergewicht

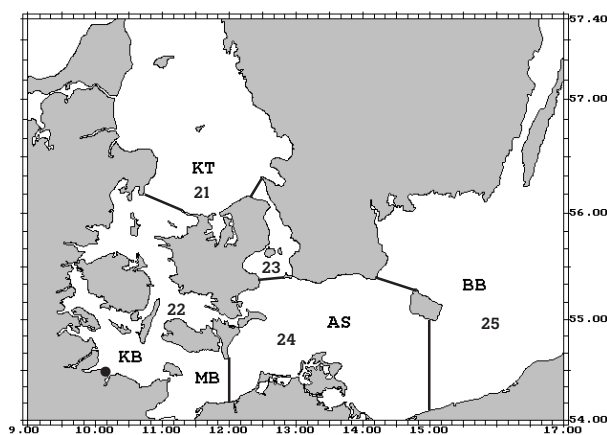


Abbildung 1: Untersuchungsgebiet  
 KT - Kattegat, KB - Kieler Bucht, MB - Mecklenburger Bucht, AS - Arkonasee, BB - Bornholmsee. ● = Aufzuchtanlage bei Kiel.

Area of investigation  
 KT - Kattegat, KB - Kiel Bight, MB - Mecklenburg Bight, AS - Arkona Sea, BB - Bornholm Basin. ● = Aquaculture plant near Kiel.

Tabelle 1: Anzahl der von 1992 bis 2002 bearbeiteten Dorsche nach Gebiet und Jahr. \* = Datensätze werden noch erweitert.  
*Number of analysed cod by ICES Sub-division and year.*  
*\* = Data sets will be further extended.*

Jahr	Gebiet 21	Gebiet 22	Gebiet 24	Gebiet 25
1992	0	246	84	530
1993	0	1053	782	324
1994	0	1163	1924	243
1995	0	1781	1070	662
1996	323	1257	1951	1430
1997	187	1930	1314	508
1998	257	2128	1746	782
1999	186	2058	1879	1235
2000	75	1486	1826	993
2001	57	1446	1639	1640
2002*	93	1789	2573	984
Gesamt	1178	16 337	16 788	9331

ohne innere Organe, Geschlecht, Entwicklungsstadium der Geschlechtsprodukte (makroskopisch nach 8-stufiger Skala von Maier 1908, für Dorsch angepasst durch Berner 1960), Gewicht der Ovarien, Anzahl der Strahlen in den Dorsalflossen und seit 2000 das Lebergewicht bestimmt.

Von 1992 bis 2002 wurden insgesamt 43 634 Dorsche gefangen sowie ihre meristischen und morphometrischen Parameter erfasst. Tabelle 1 gibt eine Übersicht der analysierten Dorsche unterteilt nach Jahren und ICES-Gebieten. Für die Auswertungen standen weiterhin Daten zur Verfügung, die bei kommerziellen Beprobungen und während der Grundtrawl-Surveys des IOR gewonnen wurden. Insgesamt basieren die Auswertungen auf ca. 100 000 Individuen. Die Altersbestimmung wurde an Gehörsteinen (Otolithen) vorgenommen und für die Analysen zur Fruchtbarkeit sind Ovarien präpariert und konserviert worden. Insgesamt wurden 2123 Ovarien präpariert. Aus dieser Gesamtheit sind für die Analysen zur Fruchtbarkeit 1744 Ovarien analysiert worden, die ausschließlich von Tieren mit dem Reifegrad 4 stammen.

Die Anzahl der Eier in einer Gonade und damit die potenzielle individuelle absolute Fruchtbarkeit ( $F_a$ ) ist definiert als Anzahl sich entwickelnder Eier im Ovar eines Weibchens vor dem Beginn des Laichens (Bagenal 1973; Kjesbu et al. 1991; Kjesbu und Holm 1994; Ma et al. 1998; Marshall et al. 1998). Im Folgenden als „absolute Fruchtbarkeit“ bezeichnet, wurde  $F_a$  mittels einer Trockengewichts-Methode geschätzt (Bleil und Oeberst 1993, 1996, 2001). Die

so gewonnenen Daten wurden genutzt, um weitere Parameter zu berechnen:

- Potenzielle individuelle relative Fruchtbarkeit (definiert als Anzahl sich entwickelnder Eier im Ovar eines Weibchens pro Gramm Gesamtkörpergewicht), im folgenden Artikel als „relative Fruchtbarkeit“ bezeichnet.
- Potenzielle Populationsfruchtbarkeit, die Anzahl von Eiern, die in einem Laicherbestand heranreifen.

Zusätzlich wurden auf den Surveys Experimente durchgeführt, um die Befruchtungsfähigkeit und die Embryonalentwicklung reifer Eier in Beziehung zur aktuellen hydrographischen Situation und zu den Parametern der Elterntiere zu analysieren sowie Eiprüfen laichender Weibchen gewonnen, um die Eidualmesser und die mittleren Eigewichte (Trockengewicht) zu bestimmen. Im Verlauf der Surveys erfolgten insgesamt 84 Befruchtungsexperimente mit ca. 2 940 000 befruchtungsfähigen Eiern. Mehr als 34 000 lebende Eier sind gemessen und von 84 150 konservierten reifen Eiern, von 187 weiblichen Dorschen, ist das mittlere Trockengewicht bestimmt worden.

Auf jeder Fischereistation erfolgte die Messung der hydrographischen Parameter Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ), Salzgehalt (PSU) und **Sauerstoffsättigung** (%) mit Hilfe verschiedener CTD-Sonden kontinuierlich von der Wasseroberfläche bis zum Boden. Auch die Daten von ca. 1035 hydrographischen Stationen, die während der Surveys durchgeführt worden sind, wurden bei den Analysen berücksichtigt. Weiterhin konnten die hydrographischen Daten, die bei Routinefahrten des Institutes für Ostseeforschung im Auftrag des BSH gewonnen wurden, in die Auswertungen einbezogen werden. Für spezielle Fragestellungen wurden zusätzlich die Daten der hydrographischen Dauerstationen in der Kieler Bucht, dem Fehmarn Belt und auf der Darßer Schwelle genutzt.

### **Experimentelle Arbeiten**

Neben den Feldarbeiten wurden im Zeitraum von 1993 bis 1998 spezielle Analysen zur Fortpflanzungsbiologie des Dorsches in der kommerziellen marinen Aquakulturanlage „BUTT“ GbR in Strande bei Kiel durchgeführt. Diese Untersuchungen waren allerdings nur durch zusätzliche Mittel des BMVEL möglich.

Die gefangenen Tiere wurden in Rundbecken mit durchfließendem Ostseewasser unter naturnahen Bedingungen und unter kontrollierten Bedingungen

gehalten. Durch die günstige geographische Lage der Aquakulturanlage im Übergangsbereich zwischen Kieler Förde und Kieler Bucht änderten sich Temperatur und Salzgehalt in den Becken ebenso wie die hydrographischen Bedingungen in der Kieler Bucht, die ein Teil des natürlichen Verbreitungsgebietes des Beltseedorsches ist. Außerdem waren die Tiere dem natürlichen Tag-Nacht-Rhythmus ausgesetzt.

Die Experimente in der Anlage erfolgten in 2 Phasen: In der ersten Phase (April 1993 bis August 1994) wurden Grundlagen zum Aufbau eines Elterntierbestandes, zur Elterntierhaltung sowie zur Eigewinnung, Befruchtung, Erbrütung, Aufzucht von Larven und juvenilen Dorschen, einschließlich der Nährtierproduktion entwickelt (Bleil 1995). In der 2. Phase (Februar 1996 bis Dezember 1998) konnten auf dieser Grundlage vier Aufzuchtexperimente realisiert werden. Die dabei gewonnenen Daten ergänzten die umfangreichen Feldversuche.

Um Laicherbestände für Experimente zur Reproduktionsbiologie aufzubauen, wurden von 1995 bis 1998 Dorsche in der westlichen Ostsee gefangen und über mehrere Stufen an die Bedingungen der Gefangenschaft gewöhnt.

Für die Gewinnung von befruchtungsfähigen Eiern ist das Verfahren der natürlichen Befruchtung genutzt worden. Diese Methode basiert auf der Annahme, dass Tiere, die unter naturnahen Bedingungen in Gefangenschaft gehalten werden, die Geschlechtsprodukte bis zur Laichreife weiter entwickeln und normal ablaichen, so dass eine natürliche Befruchtung stattfinden kann. Die Methode der Gewinnung und Erbrütung von Eiern und die damit verbundenen Versuchsanordnungen sind in Bleil (1994) und Bleil und Oeberst (1998) dargestellt.

In der Aquakulturanlage wurden vor Beginn der Laichzeit nach Körperlänge strukturierte Laichergruppen gebildet. Insgesamt konnten 858 adulte Dorsche in 16 unterschiedlich zusammengesetzten Laichergruppen gehalten und zum natürlichen Abbläichen gebracht werden. Bleil und Oeberst (1998a, 1998b, 1999) und Bleil (1999) beschreiben die Größe und Struktur dieser Laichergruppen. Die Dorsche laichten über Zeiträume von bis zu 113 Tagen jeweils in den Monaten Februar bis Anfang Mai und gaben insgesamt ca. 116 Mio. Eier ab, die für Untersuchungen zur Eiqualität (Eidurchmesser, Trockengewicht, Befruchtungsraten) genutzt wurden. Aus der Gesamtheit der abgelaichten Eier wurden ca. 21,65 Mio. Eier mit verschiedenen Methoden erbrütet und für spezielle Untersuchungen genutzt.

Im Rahmen einer Diplomarbeit zur Aufzucht von Dorschlarven wurden mehr als 1,3 Mio. Larven gehalten und für Untersuchungen zur larvalen und postlarvalen Entwicklung (Kühn 1998) sowie für Fütterungsexperimente genutzt. Im Verlauf der Arbeiten gelang es, Dorsche bis zum Erreichen der Geschlechtsreife aufzuziehen (Bleil 1999).

### Ergebnisse

Die speziellen hydrographischen Bedingungen der Ostsee haben dazu geführt, dass räumlich deutlich abzugrenzende Laichgebiete des Dorsches entstanden sind (Kändler 1941). Getrennte Laichgebiete dieser Art existieren in der Nordsee und im Atlantik nicht, weil die hydrographischen Bedingungen dieser Seegebiete keine die Reproduktion des Kabeljaus begrenzenden Faktoren darstellen.

In der Literatur gibt es widersprüchliche Angaben zu den Hauptlaichgebieten von Dorschen in der westlichen Ostsee. Es deutete einiges daraufhin, dass von Beginn des vergangenen Jahrhunderts bis zum heutigen Zeitpunkt Veränderungen stattgefunden haben. Eine aktuelle Analyse zur Beschreibung der Laichplätze und ihrer hydrographischen Charakteristik erschien somit notwendig.

Die Untersuchungen der zurückliegenden 10 Jahre ergaben, dass in der westlichen Ostsee regelmäßige Laichaktivitäten von Dorschen in der Kieler Bucht, im Fehmarn Belt, in der Mecklenburger Bucht und in der Arkonasee stattfanden. Die in diesen Seegebieten von der 20-m-Tiefenlinie (Arkonasee, 40-m-Tiefenlinie) begrenzten Areale sind die Hauptlaichgebiete des Dorsches der westlichen Ostsee (Abbildung 2). In diesen Gebieten wurden in allen Jahren während

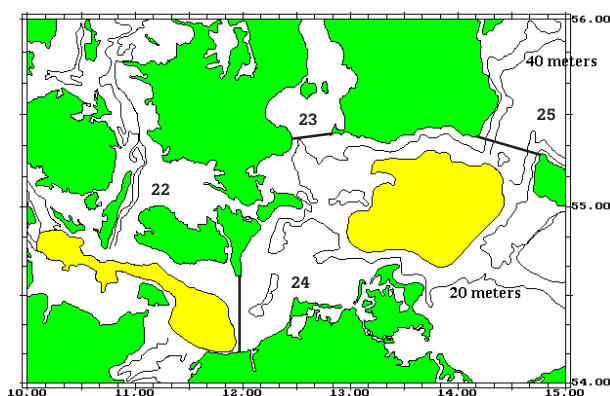


Abbildung 2: Hauptlaichgebiete des Dorsches in der westlichen Ostsee = hellgraue Flächen.

*Main spawning areas of cod in the western Baltic Sea = light grey areas.*



der Laichzeit hydrographische Bedingungen beobachtet, die eine erfolgreiche Befruchtung und Entwicklung von Eiern und Larven ermöglichten (Bleil und Oeberst 2000a, 2000b, 2001b). Für die Gebiete Kieler Bucht, Fehmarn Belt und Arkonasee stimmen diese Ergebnisse mit den Beobachtungen von Thurow (1970), Bagge et al. (1994) and Aro (2000) überein. Dagegen ist die Bedeutung der Mecklenburger Bucht als Hauptlaichgebiet des Dorsches neu. Das Ergebnis ist von großer Bedeutung, da in diesem Gebiet die 20-m-Tiefenlinie sehr nahe an der Küste liegt. Durch diese geringe Entfernung ist dieses Laichgebiet besonders durch antropogene Einflüsse gefährdet.

Dorsche führen in der Ostsee ausgeprägte Wanderungen zwischen Weidegebieten und Laichgebieten aus (Bagge et al. 1994; Aro 2000). Das hauptsächlich auf Markierungsexperimenten und die Auswertung meristischer Merkmale basierende Modell ging davon aus, dass eine Einwanderung des östlichen Dorschbestandes in die westliche Ostsee vorkommt, aber der Einfluss des westlichen Dorsches im Gebiet des östlichen Bestandes vernachlässigt werden kann. Analysen der Mikrostruktur von Otolithen juveniler Dorsche sowie Analysen mit Hilfe von Strömungsmodellen wiesen aber nach, dass eine Drift von embryonalen und larvalen Stadien, die in der Kieler Bucht gelaicht wurden, bis in die Bornholmsee möglich ist (Oeberst und Böttcher 1998; Hinrichsen et al. 1999, 2001). Quantitative Analysen zeigten, dass die Reproduktion des Dorschbestandes der westlichen Ostsee nicht nur von lokaler Bedeutung ist (Oeberst 2001). Es konnte nachgewiesen werden, dass 20 bzw. 50 % der in der Bornholmsee gefangenen Dorsche der Altersgruppen 2 und 3 in der westlichen Ostsee gelaicht wurden.

Die Analysen zum zeitlichen Verlauf der Laichaktivitäten wiesen charakteristische Abläufe für den Dorsch der westlichen Ostsee nach, für die im Untersuchungszeitraum nur eine geringe Variabilität beobachtet wurde und die auch im Vergleich zu zurückliegenden Jahrzehnten keine generellen Veränderungen erkennen ließen (Bleil und Oeberst 1997a, b).

Die Laichaktivitäten begannen jeweils im Februar und dauerten bis Ende Mai an. Hauptlaichzeit war jeweils der Monat März. Im Gebiet Arkonasee dagegen, die im Bestandsmanagement als Teil der westlichen Ostsee betrachtet wird, waren im März lediglich vereinzelt Laichaktivitäten zu verzeichnen. Regelmäßiges Laichen konnte hier jedoch im Sommer beobachtet werden. Diese Sommerlaicher sind somit bezüglich ihrer Laichzeit eher dem Bestand

der zentralen Ostsee zuzuordnen, in dessen Hauptlaichgebiet, der Bornholmsee, regelmäßige Laichaktivitäten im Sommer beobachtet wurden.

Weiterhin konnte nachgewiesen werden, dass im Jahresverlauf jeweils die größten Individuen mit dem Laichen beginnen. Veränderungen in den Strukturen von Beständen, die zur Dominanz kleiner und jüngerer Individuen im Laicherbestand führen, wie im Bestand der zentralen Ostsee derzeit zu beobachten, können somit eine Verschiebung der Laichzeit hervorrufen. Auf der Basis dieser Analysen konnte der optimale Zeitpunkt geschätzt werden, zu dem Daten für die Berechnung der Reifungskurve gesammelt werden sollten. Für die Frühjahrslaicher ist das der Monat März und für die Sommerlaicher der Monat Juni.

Diese Ergebnisse aus den Feldarbeiten wurden unterstützt von Daten, die bei Untersuchungen an Dorschen aus der westlichen Ostsee, die in einer marinen Aquakulturanlage durchgeführt wurden, gewonnen werden konnten.

Die in Gefangenschaft gehaltenen Tiere zeigten ein natürliches Laichverhalten. Sie laichten in den Monaten Februar bis Anfang Juni, der Laichperiode, die auch im natürlichen Verbreitungsgebiet beobachtet wurden. Auch hier begannen die größten Tiere mit den Laichaktivitäten (Bleil und Oeberst 1998a, b).

Weiterhin zeigten die Feldarbeiten, dass die Reifeentwicklung von Dorschen geschlechtsspezifisch verläuft, wie Abbildung 3 schematisch veranschaulicht. Männliche Dorsche beginnen im Jahresverlauf früher mit den Laichaktivitäten als die Weibchen. Im Gegensatz zu weiblichen Tieren ist der Anteil fließender Männchen (Reifegrad 6) während der gesamten Laichzeit hoch. Weibliche Tiere erreichen das Reifestadium 6 später, laichen über einen kürzeren Zeitraum und verlassen den Laichplatz auch wieder schneller als die Männchen (Bleil und Oeberst 1997a, b).

Die Untersuchungen in der Aquakulturanlage zeigten darüber hinaus, dass größere Dorsche nicht nur früher mit dem Laichen beginnen, sondern dass ein Zusammenhang besteht zwischen der Dauer der Laichperioden, der Länge und dem Gewicht der Weibchen. Große weibliche Dorsche weisen signifikant längere Laichperioden auf und laichen in dieser Zeit mehr Eiportionen mit insgesamt mehr Eiern ab als kleinere Tiere. Dazu sind die Laichperioden von Erstlaichern kürzer als die von Wiederholungslaichern. Durch diesen ausgedehnteren Zeit-

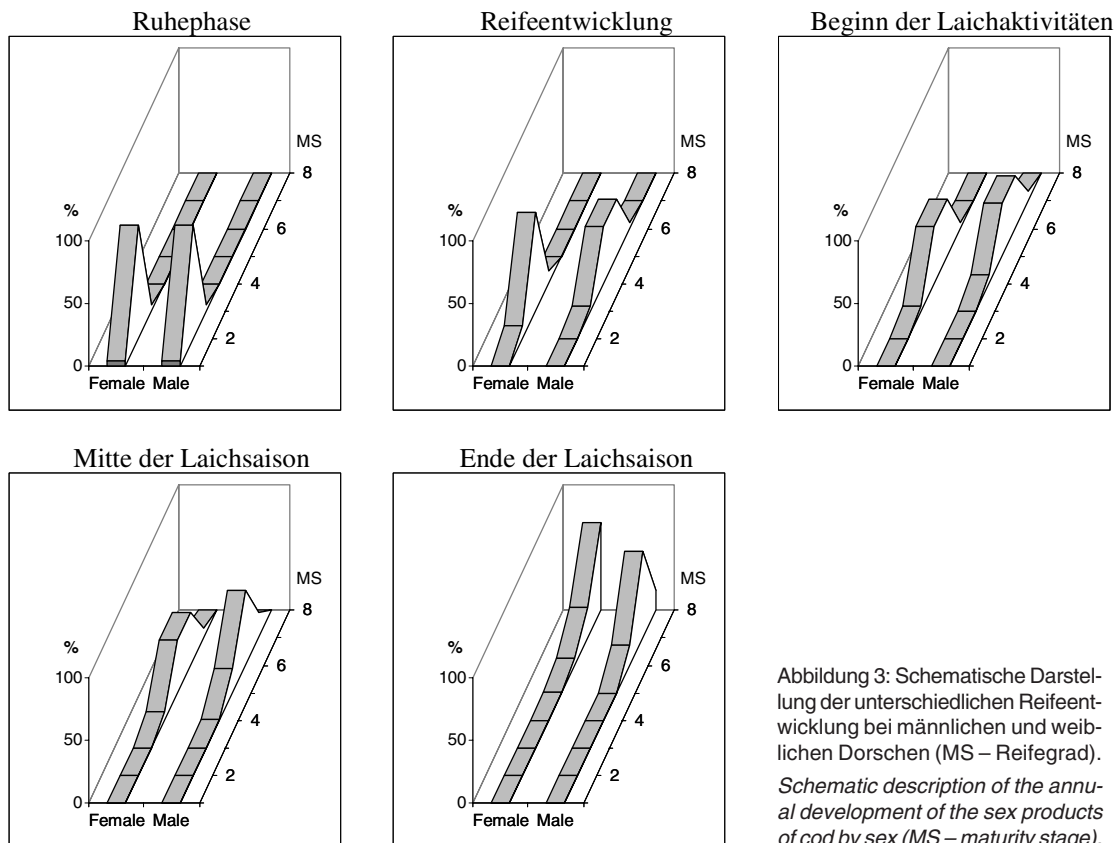


Abbildung 3: Schematische Darstellung der unterschiedlichen Reifeentwicklung bei männlichen und weiblichen Dorschen (MS – Reifegrad).  
Schematic description of the annual development of the sex products of cod by sex (MS – maturity stage).

raum der Abgabe von befruchtungsfähigen Eiern steigt die Wahrscheinlichkeit, dass ein größerer Anteil der gelaichten Eier befruchtet werden kann und optimale hydrographische Bedingungen für die embryonale und larvale Entwicklung antrifft. Diese Strategie der Reproduktion ist im Ökosystem Ostsee von besonderer Bedeutung, weil abiotische Faktoren sich hier schnell verändern können.

Die Beobachtungen ergaben auch, dass weibliche Dorsche ihre Laichaktivitäten auch dann fortsetzen, wenn die abiotischen Bedingungen eine Befruchtung und Entwicklung der abgegebenen Eier nicht zulassen.

Die Untersuchungen in der Aquakulturanlage erbrachten erstmalig für Dorsche der Ostsee Hinweise darauf, dass lediglich ein Teil der im vorlaichreifen Zustand als potenzielle Fruchtbarkeit geschätzten Eizahlen auch tatsächlich bis zur Vollreife entwickelt und abgelaicht werden. Abhängig von der Totallänge der Weibchen lag dieser Anteil lediglich bei 30 bis 70 %. Größere Weibchen weisen nicht nur eine größere Anzahl von Oozyten im heranreifenden Ovar auf, sondern sind ebenfalls in der Lage, einen höheren Anteil dieser heranreifen-

den Oozyten bis zur Vollreife zu entwickeln und abzulaichen.

Darüber hinaus gelang es erstmalig Erkenntnisse zur Variabilität von Quantität und Qualität abgelaichter Eier (Größe, Trockengewicht, Befruchtungsrate) in Beziehung zu den meristischen und morphometrischen Parametern der Elterntiere in kleinen Laichgruppen zu gewinnen.

Der Ablauf der Laichaktivitäten kann danach wie folgt beschrieben werden: dem Beginn des Laichens folgt ein schneller Anstieg der Laichaktivitäten bis zu einem Höhepunkt, dann setzt eine langsame Verringerung der abgegebenen Eimengen ein, die sich über mehrere Wochen erstreckt (Bleil und Oeberst 1998a, b).

Die Qualität der abgegebenen Eier veränderte sich in diesem Zeitraum ebenfalls charakteristisch, unabhängig von Größe, Gewicht und Alter der Elterntiere. Die analysierten Qualitätsparameter der abgelaichten Eier nahmen im Verlauf der Laichaktivitäten tendenziell ab (Abbildung 4, 5). Größe, Gewicht und Befruchtungsfähigkeit der abgelaichten Eier wurden somit maßgeblich davon beeinflusst,

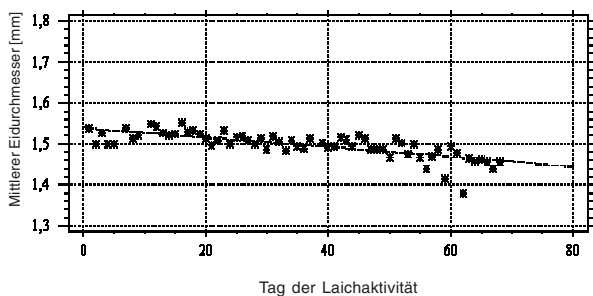


Abbildung 4: Mittlerer Eidurchmesser (mm) während der Laichaktivitäten am Beispiel einer Laicherguppe (Bleil und Oeberst 1999).

*Mean egg diameter (mm) during the spawning activities a broodstock.*

in welchem Stadium (Beginn, Mitte oder Ende) des Laichprozesses sich die jeweiligen Dorsche befanden.

Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass in der ersten Hälfte einer Laichsaison – in der westlichen Ostsee sind das die Monate März und Anfang April – nicht nur der größte Anteil an befruchteten Eiern abgelaicht wird, sondern auch die Eier, die die besten Entwicklungschancen haben. Dies ist eine wichtige Erkenntnis für Entscheidungen zu Laichschonzeiten.

Um das Reproduktionspotenzial von Dorschen in der Ostsee abschätzen zu können, wurde in den zurückliegenden 10 Jahren Probenmaterial zur Fruchtbarkeit des Dorsches gesammelt und ausgewertet. Die bisherigen Analysen zeigen, dass die absolute und relative Fruchtbarkeit, entgegen früherer Annahmen, kein stabiler biologischer Parameter ist und dass signifikante Veränderungen innerhalb kurzer Zeiträume möglich sind (Bleil und Oeberst 1996, 2001a).

Es wurde nachgewiesen, dass die Entwicklung der potenziellen individuellen Fruchtbarkeit im Untersuchungszeitraum für die in der Ostsee vorkommenden Dorschbestände unterschiedlich war. Seit Mitte

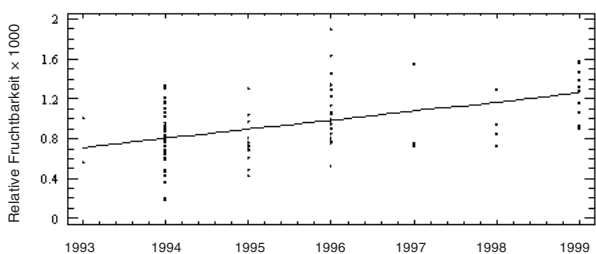


Abbildung 6: Veränderung der relativen Fruchtbarkeit von Mehrfachlaichern von 1993 bis 1999 im Untergebiet 25 (Bleil und Oeberst 2001b).

*Change of the relative fecundity of repeat spawners in subdivision 25 from 1993 to 1999.*

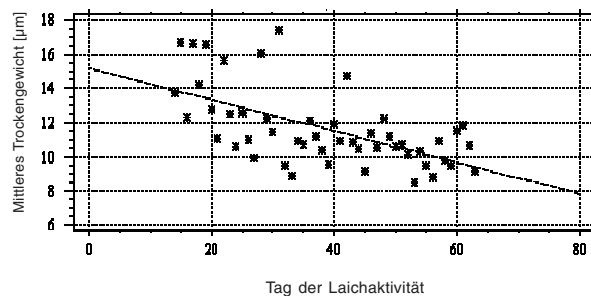


Abbildung 5: Mittlere Trockengewichte ( $\mu\text{g}$ ) der abgelaichten Eier während der Laichaktivitäten am Beispiel einer Laicherguppe (Bleil und Oeberst 1999).

*Mean dry weight ( $\mu\text{g}$ ) of spawned eggs during the spawning activities of a broodstock.*

der 90er Jahre stieg die absolute und relative Fruchtbarkeit von Mehrfachlaichern im Dorschbestand der zentralen Ostsee signifikant an (Abbildung 6). Weiterhin konnte für den gleichen Zeitraum eine Abnahme des mittleren Eitrockengewichtes nachgewiesen werden. Im Gegensatz dazu blieb die Fruchtbarkeit des Beltseedorsches konstant. Da die absolute Fruchtbarkeit einen wesentlichen Parameter bei der Abschätzung des Reproduktionspotenzials der Dorschbestände darstellt, ist es notwendig, sie jährlich neu mit einer hohen Genauigkeit zu bestimmen und die Kenntnisse bezüglich der Einflussfaktoren zu erweitern.

Bei den Untersuchungen zur Reifeentwicklung des Dorsches der westlichen Ostsee wurde deutlich, dass nur ein von Jahr zu Jahr stark variierender Anteil der potenziellen Laicher auch tatsächlich an den Laichaktivitäten teilnimmt und daher das Reproduktionspotential des Bestandes stark schwankte. Dieser Anteil des Laicherbestandes wurde als „aktive Laicher“ definiert. Dadurch konnte bewiesen werden, dass ein enger Zusammenhang zwischen der Jahresklassenstärke des Dorsches der westlichen Ostsee und dem Anteil der „aktiven Laicher“ existiert (Oeberst und Bleil 1999, 2002). Die Schwankungen des Anteils der „aktiven Laicher“ werden mit großer Wahrscheinlichkeit durch zwei Faktoren maßgeblich beeinflusst, dem Temperaturverlauf in den tiefen Wasserschichten der Beltsee und Arkonasee im Herbst und Winter sowie der Stärke der Jahresklassen 0 und 1 des Rügenschens Frühjahrsherings.

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass für das Aufkommen einer neuen Jahresklasse des Dorsches in der westlichen Ostsee Faktoren maßgeblich bestimmend sind, die vor dem Beginn der Laichsaison und damit vor der Abgabe der Eier liegen. Dieses Ergebnis unterscheidet sich von den für andere Seegebiete allgemein diskutierten Zusammenhängen

(zentrale Ostsee, Atlantik). Für diese Gebiete wird beschrieben, dass die Hauptfaktoren, die eine Jahresklassenstärke bestimmen, erst nach dem Ablai-chen im Verlauf der embryonalen und larvalen Ent-wicklung einwirken.

Basierend auf den vorliegenden Erkenntnissen wur-de eine Methode entwickelt, mit deren Hilfe früh-zeitig im Verlauf eines jeden Jahres ein Index der aufkommenden Jahresklasse geschätzt werden kann. Die notwendige Datensammlung könnte meth-odisch leicht durch eine jährlich zu wiederholen-de genaue Schätzung des Anteils der aktiven weib-lichen Laicher im Monat März realisiert werden. Dazu müsste im März eines jeden Jahres im Gebiet der westlichen Ostsee auch weiterhin ein speziel-les Trawlsurvey zur Bestimmung der Reifevertei-lung durchgeführt werden.

## Ausblick

Ausgehend von den derzeit vorliegenden Ergebnis-sen werden folgende Schwerpunkte als notwendiger Bestandteil der weiteren Arbeiten zur Reproduk-tionsbiologie des Dorsches angesehen:

- Jährliche Schätzung des Anteils der „aktiven Laicher“ im März (westliche Ostsee) und Juni (Bornholmsee) mit Hilfe von Surveys,
- Jährliche Schätzung der absoluten und relativen Fruchtbarkeit des Dorsches sowie der Qualitätsparameter der Dorscheier, um Änderungen frühzeitig zu erkennen,
- Bestimmung der Hauptfaktoren, die die Stärke einer Jahresklasse des Dorsches in der westlichen Ostsee bestimmen,
- Untersuchungen zur Bestandszuordnung von Einzelfischen mittels genetischer Methoden.

Alle diese Untersuchungen liefern Ergebnisse, die für die Einschätzung der Bestandssituation und für deren nachhaltige Bewirtschaftung von Bedeutung sind.

## Zitierte Literatur

Aro, E., 2000: The spatial and temporal distribution patterns of cod (*Gadus morhua callarias* L.) in the Baltic Sea and their dependence on environmental variability-implications for fishery management. Academic Dissertation, 1–76.

Bagenal, T. B., 1973: Fish fecundity and its relations with stock and recruitment. Rapp.P.-v. Reun. Cons. int. Explor. 164: 186–198.

Bagge, O.; Thurow, F.; Steffensen, E.; Bay, J., 1994: The Baltic cod. Dana, 10: 1–28.

Berner, M., 1960: Untersuchungen über den Dorschbestand der Bornholm- und Arkonasee 1953-1955. Z. Fischerei und Hilfswissenschaften 9: 481–602.

Berner, M., 1985: Die periodischen Veränderungen der Gonadenmasse und der Laichzyklus des Ostsee- und Beltseedorsches (*Gadus morhua morhua* / *Gadus morhua callarias*) in verschiedenen Regionen der Ostsee. Fischerei-Forschung 23, 4: 49–57.

Berner, M.; Müller, H., 1990: Zur Trennung von „eigentli-chem Ostseedorsch“ (*Gadus morhua callarias* L.) und „Beltseedorsch“ (*Gadus morhua morhua* L.) mittels Diskriminanzanalyse. Fischerei-Forschung 28, 3: 46–49.

Bleil, M., 1995: Untersuchungen zur Fortpflanzungsbiologie des Dorsches und zur natürlichen Sterblichkeit seiner Jugendstadien. Teil I; Abschlußbericht zum Projekt des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft and Forsten. 33 pp. (unveröff.)

Bleil, M., 1999: Untersuchungen zur Fortpflanzungsbiologie des Dorsches und zur natürlichen Sterblichkeit seiner Jugendstadien. Teil II, Abschlußbericht zum Projekt des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft and Forsten. 86 pp. (unveröff.)

Bleil, M.; Oeberst, R., 1993: On the accuracy of cod fecundity estimations. ICES Council. Meet. Pap./D 48, Ref.: J, G, 18 pp.

Bleil, M.; Oeberst, R., 1996: The fecundity of cod in ICES Sub-divisions 22, 24 and 25 in the years 1992 to 1995 (preliminary results). ICES Council. Meet. Pap./J 8, 22 pp.

Bleil, M.; Oeberst, R., 1997: The timing of the reproduction of cod (*Gadus morhua morhua*) in the western Baltic and adjacent areas. ICES Council. Meet. Pap./CC 02, 33 pp.

Bleil, M.; Oeberst, R., 1997: Forschungsreisen 1997 erbrin-gen erste Ergebnisse zum Verlauf der Laichsaison von Dor-schen in der westlichen Ostsee. Inf. Fischw. 44 (3): 103–109.

Bleil, M.; Oeberst, R., 1998a: The spawning of cod (*Gadus morhua morhua*) under controlled conditions of captivity, quantity and quality of spawned eggs. ICES Council. Meet. Pap./ DD 3, 27 pp.

Bleil, M.; Oeberst, R., 1998b: Laichen von Dorschen in Gefangenschaft Teil I: Verlauf der Laichaktivitäten. Inf. Fischw. 45 (4): 164–170.

Bleil, M.; Oeberst, R., 1999: Laichen in Gefangenschaft Teil 2: Eiqualität und Befruchtungsrate von Dorschen. Inf. Fischw. 46(1): 10–16.

Bleil, M.; Oeberst, R., 2000a: Reproduction areas of the cod stock in the western Baltic Sea. ICES C.M. 2000 / N 02. 20 pp.

Bleil, M.; Oeberst, R., 2000b: Laichgebiete des Dorsches in der westlichen Ostsee. Inf. Fischw. 47 (4): 186–190.

Bleil, M.; Oeberst, R., 2001a: Die Fruchtbarkeit von Dor-schen in der Ostsee- was verrät sie uns? Inf. Fischw. 48 (4): 166–170.

Bleil, M.; Oeberst, R., 2001b: Reproduction areas of the cod stock in the western Baltic Sea and minimum length of maturation. Arch. Fish. Mar. Res. 49(3): 243–258.



- EU, 2001: Ökosystem-Ansatz im Fischereimanagement (EAFM): Chancen und Prioritäten für die internationale Zusammenarbeit. Kommissionsdokument SEK(2001) 1696, S. 1-12.
- Hinrichsen, H.-H.; Böttcher, U.; Oeberst, R.; Voss, R.; Lehmann, A., 1999: Drift patterns of cod early life stages in the Baltic: exchange between the western and eastern stock, a physical modelling approach. ICES Counc. Meet. Pap./ Y 04, 23 pp.
- Hinrichsen, H.-H.; Böttcher, U.; Oeberst, R.; Voss, R.; Lehmann, A., 2001: The potential for advective exchange of the early life stages between the western and eastern Baltic cod (*Gadus morhua* L.. stocks. Fisheries Oceanography 10 (3): 249–258.
- Kändler, R., 1941: Die Fortpflanzung der Meeresfische in der Ostsee und ihre Beziehungen zum Fischereiertrag. Monatshefte für Fischerei 11: 158–163.
- Kjesbu, O. S.; Klungsöyr, J.; Kryvi, H.; Witthames, P. R.; Greer Walker, M., 1991: Fecundity, Atresia and egg size of captive Atlantic cod (*Gadus morhua*) in relation to proximate body composition. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 48: 2333–2343.
- Kjesbu, O. S.; Holm, J. C., 1994: Oocyte recruitment in first time spawning Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) in relation to feeding regime. Can. J. Fish. Aquat. Sci., Vol. 51: 1893–1898.
- Kühn, C., 1998: Untersuchungen zum Wachstum, zur Entwicklung und zur Mortalität von Larven des Ostseedorsches (*Gadus morhua* L.) unter definierten Bedingungen. Diplomarbeit Universität Rostock. 110 pp. (unveröff.)
- Ma, Y.; Kjesbu, O. S.; Jørgensen, T., 1998: Effects of ration on the maturation and fecundity in captive Atlantic herring (*Clupea harengus*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 55: 900–908.
- Maier, H. N., 1908: Beiträge zur Altersbestimmung der Fische. I. Allgemeines. Die Altersbestimmung nach den Otolithen bei Scholle und Kabeljau. Wiss. Meeresuntersuch. Abt. Helgoland, 8.
- Marshall, C. T.; Kjesbu, O. S.; Yaragina, N. A.; Solemdal, P.; Ulltang, O., 1998: Is spawner biomass a sensitive measure of the reproductive and recruitment potential of Northeast Arctic cod? Can. J. Fish. Aquat. Sci. 55: 176–178.
- Müller, H., 1994: Recruitment of Western Baltic cod. ICES Counc. Meet. Pap./J 14: 23 pp.
- NAFO., 1998: Report of the symposium : Variation in Maturation, Growth, Condition and spawning stock biomass production in groundfish.
- Oeberst, R., 2001: The importance of the Belt Sea cod for the eastern Baltic cod stock. Arch. Fish. Mar. Res. 49(2): 83–102.
- Oeberst, R.; Böttcher, U., 1998: Development of juvenile Baltic cod described with meristic, morphometric and Sagitta otolith parameters. ICES Counc. Meet. Pap./CC 15, 29 pp.
- Oeberst, R.; Bleil, M., 1999: Relations between the year class strength of the western Baltic cod and inflow events in the autumn. ICES Counc. Meet. Pap./Y 32, 25 pp.
- Oeberst, R.; Bleil, M., 2002: Early estimates of recruitment of the Belt Sea cod stock. Sci. Mar., (in press).
- Thurow, F., 1970: Über die Fortpflanzung des Dorsches *Gadus morhua* (L.) in der Kieler Bucht. Ber. Dt. Wiss. Komm. Meeresforsch. 21, H. 1-4: 170–192.