

Die Fruchtbarkeit von Dorschen in der Ostsee – was verrät sie uns?

Martina Bleil, Rainer Oeberst, Institut für Ostseefischerei, Rostock

Seitdem die Gründung des Instituts für Ostseefischerei (IOR) vor 10 Jahren bilden die verschiedenen Aspekte der Reproduktionsbiologie des Dorsches einen Schwerpunkt der durchgeführten Arbeiten. Das Ziel dieser Untersuchungen ist es, eine möglichst frühzeitige Einschätzung des Reproduktionserfolges des Dorsches zu ermöglichen, damit das Aufkommen guter oder schlechter Geburtsjahrgänge rechtzeitig erkannt wird und diese Erkenntnis für die Bewirtschaftung der Bestände genutzt werden kann.

Einen Schwerpunkt dieser Arbeiten bilden Untersuchungen zur Fruchtbarkeit weiblicher Dorsche. Diese Untersuchungen gliedern sich in internationale Aktivitäten ein, die vor dem Hintergrund allgemeiner und dramatischer Bestandsrückgänge in den zurückliegenden Jahren sich verstärkt den verschiedenen Aspekten der Reproduktionsbiologie von Kabeljau der wirtschaftlich bedeutendsten nordost- und nordwestatlantischen Bestände zugewandt haben.

Zwei Symposien, das NAFO-Symposium 1998 in Lissabon „Variations in maturation, growth, condition and spawning stock biomass production in groundfish“ (NAFO 1998) und das SAP-Symposium 2000 in Bergen „Fish stock assessments and predictions: Integrating relevant knowledge“ (Oeberst und Bleil 2002, in Vorbereitung), fassten den aktuellen Wissensstand zusammen und empfahlen die Intensivierung der Arbeiten zu den Reproduktionsprozessen von Fischbeständen.

Im vorliegenden Artikel sollen die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchungen des Instituts für Ostseefischerei (IOR) vorgestellt werden, die sich mit der absoluten und der relativen Fruchtbarkeit von Dorschen in der Ostsee befassen. Als Fruchtbarkeit eines Fisches wird dabei die Anzahl der in der Gonade angelegten Eier definiert. Es wurde der Einfluss von Totallänge (TL) und Gesamtkörpergewicht (W) auf die Fruchtbarkeit untersucht und analysiert, ob

- sich die beiden Dorschbestände der Ostsee (*Gadus morhua morhua* und *Gadus morhua callarias*) in ihrer Fruchtbarkeit von einander unterscheiden,
- sich die Fruchtbarkeit im Zeitraum von 1993 bis 1999 verändert hat, und ob
- dies im Zusammenhang mit dem dramatischen Rückgang des Dorschbestandes in der östlichen Ostsee steht.

Material und Methoden

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich von der westlichen Ostsee (Kieler Bucht und Mecklenburger Bucht) über die Arkonasee bis hin zur Bornholmsee und umfasst somit die ICES-Gebiete 22, 24 und 25 (Abbildung 1). Die Daten wurden im Zeitraum von 1992 bis 1999 gesammelt. Insgesamt wurden ca. 92 000 fangfrische Dorsche nach fischereibiologischem Standard untersucht und 1500 Ovarien präpariert.

Für die Auswertungen wurden

TL : Totallänge (in cm)

W : Gesamtkörpergewicht (in g)

MS : Reifegrad (nach 8-stufiger Skala)

verwendet.

Aus der Gesamtheit der präparierten Ovarien sind für die Analysen zur Fruchtbarkeit ausschließlich Tiere des

The fecundity of Baltic cod – what does it reveal?

About 1500 ovaries of Baltic cod were prepared for estimating the potential absolute and relative individual fecundity. The female cod were sampled in the Belt Sea, ICES Subdivision (SD) 22, in the Arkona Sea, SD 24, and in the Bornholm Sea, SD 25. The investigations started in 1992 and until 1999 cruises were carried out to catch female cod in the different sub-divisions every year. The results show that the potential fecundity is not a stable biological parameter, and that significant changes are possible within a relative short period. It was demonstrated that the developments of the potential individual fecundity of the western (*Gadus morhua morhua*) and eastern Baltic cod stocks (*Gadus morhua callarias*) were different. In contrast to the stable individual fecundity of the western cod the absolute and relative fecundity of the eastern repeat spawners increased from 1993 to 1999, significantly. The reason of this development seems to be the dramatic decrease of the eastern cod stock and the more successful reproduction of individuals that produce oocytes with a lower dry weight in combination with a higher relative fecundity.

Tabelle 1: Anzahl der analysierten Ovarien des Reifegrades IV nach Jahren und Gebieten.

Number of gonads analysed with maturity stage IV by sub-division and year.

Jahr	ICES-Gebiete			Gesamt
	SD 22	SD 24	SD 25	
1993	19	60	12	91
1994	135	84	131	350
1995	66	26	40	132
1996	60	93	100	283
1997	19	42	12	76
1998	21	68	12	103
1999	32	30	16	81
Gesamt	352	403	328	1121

Reifegrades 4 verwendet worden. Damit liegen den Auswertungen die Datensätze von 1 121 Ovarien zugrunde (Tabelle 1). Die Anzahl der Eier in einer Gona- de wurde mittels der Trockengewichts-Methode (Bleil et al. 1993) geschätzt.

Weiterhin wurden berechnet:

F_a = Potenzielle individuelle absolute Fruchtbarkeit (definiert als Anzahl sich entwickelnder Eier im Ovar eines Weibchens vor dem Beginn des Laichens (Bagenal 1973; Kjesbu et al. 1991; Kjesbu et al. 1994; Ma et al. 1998; Marshall et al. 1998)), im folgenden Artikel als „absolute Fruchtbarkeit“ bezeichnet.

$F_{el} = F_a/W$
= Potenzielle individuelle relative Fruchtbarkeit (definiert als Anzahl sich entwickelnder Eier im Ovar eines Weibchens pro Gramm Gesamtkörpergewicht), im folgenden Artikel als „relative Fruchtbarkeit“ bezeichnet.

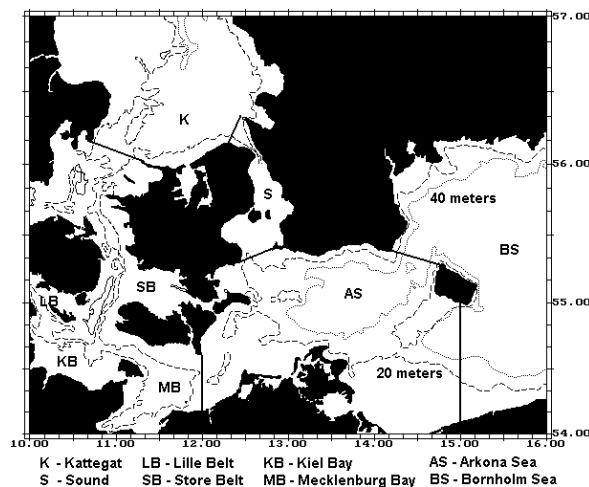


Abbildung 1: Untersuchungsgebiet mit den Bezeichnungen der Seegebiete

Area under investigations with the notation of the main sea areas

Ergebnisse und Diskussion

Absolute Fruchtbarkeit

Aus verschiedenen Veröffentlichungen (Botros 1959, 1962; Strzyzewska 1962; Kozior et al. 1979; Kraus et al. 2000) für Dorsch sowie für andere Fischarten und Gebiete (Oosthuizen et al. 1974; Kjesbu 1988; Kjesbu et al. 1991; Trippel et al. 1997) ist bekannt, dass die absolute Fruchtbarkeit (F_a) von Fischen mit zunehmender Länge und Körpergewicht zunimmt. Diese Erkenntnis ist wichtig, weil jährliche Veränderungen im Wachstum und in der Kondition der Tiere zu Veränderungen in der absoluten Fruchtbarkeit (F_a) der verschiedenen Altersgruppen führen.

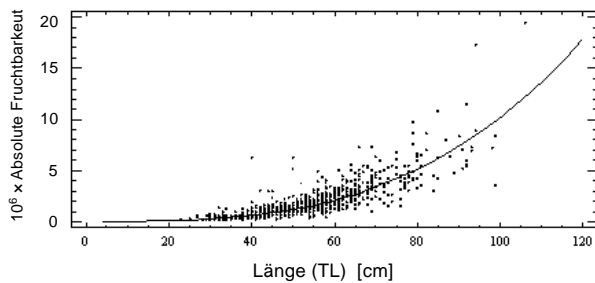


Abbildung 2: Nichtlineare Regression zwischen der absoluten Fruchtbarkeit und der Gesamtlänge aller weiblichen Dorsche mit einem Reifegrad IV aus den Gebieten 22, 24 und 25 der Jahre 1993 bis 1999

Power regression of the absolute fecundity (F_a) with the total length (TL) of female cods with maturity stage IV of the Sub-divisions 22, 24 and 25 from 1993 to 1999.

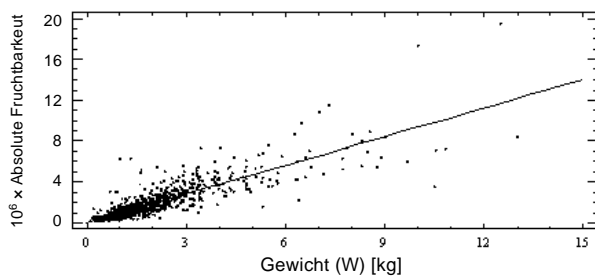


Abbildung 3: Lineare Regression zwischen der absoluten Fruchtbarkeit und dem Körpergewicht aller weiblichen Dorsche mit einem Reifegrad IV aus den Gebieten 22, 24 und 25 der Jahre 1993 bis 1999

Linear regression of the absolute fecundity (F_a) with the total body weight (W) of female cods with maturity stage IV of the Sub-divisions 22, 24 and 25 from 1993 to 1999.

In einem ersten Schritt wurde die absolute Fruchtbarkeit (F_a) in Beziehung zur Totallänge (TL) (Abbildung 2) und zum Gesamtkörpergewicht (W) (Abbildung 3) gesetzt. Den Berechnungen liegen jeweils 1069 Datensätze von Weibchen mit dem Reifegrad 4 und einer Totallänge von < 60 cm sowie einem Körpergewicht von < 6000 g aus dem gesamten Untersuchungszeitraum der Jahre 1993 bis 1999 und aus allen Gebieten zugrunde. Die

Einschränkung der Analysen auf Tiere, deren Körpergewicht kleiner als 6000 g war, da die Einbeziehung der wenigen verfügbaren Tiere zu fehlerhaften Interpretationen führen kann. Es sind folgende Regressionsgleichungen berechnet worden:

$$F_a = 7,05 \times TL^{3,079} \quad r = 0,89$$

$$F_a = 23102 + 933,2 \times W \quad r = 0,86$$

Neben den Regressionsfunktionen sind die Korrelationskoeffizienten (r) angegeben.

Die Abbildungen und die Korrelationskoeffizienten zeigen, dass die absolute Fruchtbarkeit sehr stark durch das Längen- und Gewichtswachstum beeinflusst wird.

Die niedrigste im Untersuchungszeitraum beobachtete absolute Fruchtbarkeit lag bei 131 209 Eiern. Das Weibchen wurde in der Arkonasee gefangen, war 30 cm lang und 260 g schwer. Die höchste gezählte Eizahl in diesem Zeitraum wies mit 25 784 161 ein Weibchen von 118 cm Länge und 24 500 g Gewicht im gleichen Gebiet auf. Ähnlich hohe Werte wurden in der Arkonasee und auch in der Bornholmsee an großen Individuen mehrfach beobachtet.

Weitere Untersuchungen sollten nun zeigen, ob die absolute Fruchtbarkeit ein stabiler biologischer Parameter ist oder ob sich die Fruchtbarkeit im Untersuchungszeitraum von 7 Jahren verändert hat und ob sich die Fruchtbarkeit in den beiden Dorschbeständen der Ostsee unterscheidet.

Das ICES-Gebiet 22 (Kieler und Mecklenburger Bucht) ist das Hauptverbreitungs- und -laichgebiet des Beltseebestandes, das Gebiet 25 (Bornholmsee) wird vom Bestand der östlichen Ostsee besiedelt und das Gebiet 24 (Arkonasee) wird als ein Mischgebiet klassifiziert, in dem beide Bestände in wechselnder Konzentration vorkommen (Berner 1960; Müller 1994; Bagge et al. 1994).

Mit Hilfe von multiplen linearen Regressionen konnte nachgewiesen werden, dass sich die Fruchtbarkeit im Beltseebestand im Untersuchungszeitraum nicht änderte (Abbildung 4). Die statistischen Analysen bestätigen dieses Ergebnis.

Im Gegensatz dazu stieg die Fruchtbarkeit des östlichen Dorschbestandes signifikant an (Abbildung 5). Die Ergebnisse der Regressionsanalyse sind in Tabelle 2 dargestellt. Die p -Werte des Regressionsparameter Jahr lagen für die Gebiete 24 und 25 unter 0,05. Diese Kontrollwerte zeigen an, dass diese Veränderung der absoluten Fruchtbarkeit nicht nur zufällige Ursachen hat.

Man kann somit feststellen, dass sich seit Mitte der 90er Jahre die absolute Fruchtbarkeit im Dorschbestand der östlichen Ostsee deutlich verändert hat, während die

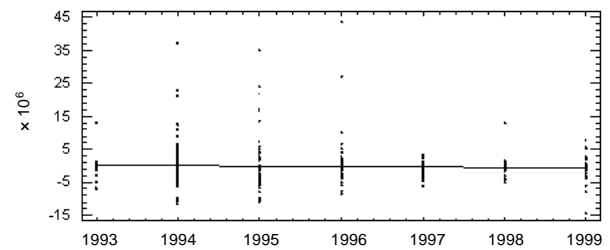


Abbildung 4: Einfluss des Parameter Jahr der multiplen Regression $F_a = a + b \times \text{Jahr} + c \times \text{Gewicht}$, für das Gebiet 22
Component and residuals plot of the parameter year of the multiple regression $F_a = a + b \times \text{Year} + c \times W$ for Subdivision 22

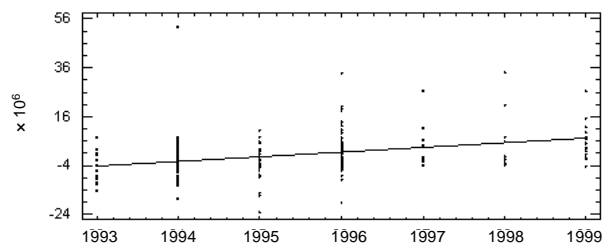


Abbildung 5: Wirkung des Parameter Jahr der multiplen Regression $F_a = a + b \times \text{Jahr} + c \times \text{Gewicht}$, für das Gebiet 25
Component and residuals plot of the parameter year of the multiple regression $F_a = a + b \times \text{Year} + c \times \text{Weight}$, for Subdivision 25

absolute Fruchtbarkeit im Beltseebestand stabil geblieben ist.

Relative Fruchtbarkeit

Zusätzlich zur absoluten Fruchtbarkeit (F_a) wurde auch die relative Fruchtbarkeit (F_{el}) berechnet.

Auf der Basis aller Datensätze ist eine mittlere relative Fruchtbarkeit (F_{el}) von 910 Eiern pro Gramm Körpergewicht für den Untersuchungszeitraum berechnet worden. Diese Zahl stellt aber nur einen groben Schätzwert dar, da die Unterschiede zwischen den Gebieten und die Veränderungen von 1993 bis 1999 nicht berücksichtigt wurden.

Tabelle 2: Parameter der multiplen linearen Regression $F_a = a + b \times \text{Jahr} + c \times \text{Gewicht}$ nach Gebieten (N = Anzahl der Beobachtungen, r^2 = Bestimmtheitsmaß).

Parameter of the multiple linear regressions $F_a = a + b \times \text{Year} + c \times W$ by sub-division (N = number of observations, r^2 = coefficient of determination).

Gebiet	a	p-Wert von a	b	p-Wert von b	c	N	r^2
22	1.63×10^6	0.38	-16508	0.40	836.8	315	60
24	-4.32×10^6	0.01	44991	0.01	994.6	375	79
25	-1.81×10^7	0.00	189745	0.00	984.6	316	73

Detaillierte Analysen zeigen jedoch, dass es bestandspezifische Veränderungen im Untersuchungszeitraum gegeben hat. Die Abbildungen 6 und 7 verdeutlichen die unterschiedlichen Entwicklungen. Im Jahr 1994 war die relative Fruchtbarkeit in den ICES-Gebieten 22, 24 und 25 gleich. Sechs Jahre später unterschieden sich die relativen Fruchtbarkeiten im Beltseebestand und im östlichen Dorschbestand signifikant. Die relative Fruchtbarkeit im östlichen Dorschbestand hatte sich wesentlich erhöht.

Aus Untersuchungen in marinen Aquakulturanlagen (Kjesbu et al. 1994) gibt es Hinweise darauf, dass es bezüglich der relativen Fruchtbarkeit Unterschiede zwischen Erstlaichern und Wiederholungslaichern (Tieren, die bereits mehrfach in ihrem Leben gelaicht haben) geben könnte. Da dies auch für die Wildfischbestände der Ostsee eine wichtige Fragestellung ist, wurde analysiert, ob derartige Differenzen zu beobachten sind.

Die Analysen zeigen, dass sich die relative Fruchtbarkeit von Erst- und Wiederholungslaichern aus der Beltsee im Untersuchungszeitraum nicht wesentlich änderte. Weiterhin konnte nachgewiesen werden, dass die relative Fruchtbarkeit der Erstlaicher aus der Beltsee und der östlichen Ostsee vergleichbar ist. Zu völlig anderen Ergebnissen kommt man, wenn man die zeitliche Entwicklung der Fruchtbarkeit von Wiederholungslaichern aus der Bornholmsee betrachtet (Abbildung 8). Die Analysen, in Bleil und Oeberst (2001) ausführlich beschrieben, wiesen nach, dass die relative Fruchtbarkeit signifikant anstieg.

Diese Ergebnisse unterstützen die Beobachtungen von Kjesbu et al. (1994), der ausführt, dass die relative Fruchtbarkeit von Erstlaichern wahrscheinlich genetisch fixiert ist und damit unabhängig vom Ernährungszustand und vom Nahrungsangebot ist.

Im Gegensatz dazu scheint die relative Fruchtbarkeit von Mehrfachlaichern in direkter Abhängigkeit zur Bestandssituation zu stehen. Der Beltseebestand war im Untersuchungszeitraum durch eine stabile Situation gekennzeichnet.

Im Gegensatz dazu steht der gegenwärtig zu beobachtende Prozess des dramatischen Bestandsrückganges des Dorsches in der östlichen Ostsee und die Veränderungen der hydrographischen Bedingungen in den Hauptlaichgebieten, die in Zusammenhang gesehen werden können mit einer Zunahme der relativen Fruchtbarkeit von Mehrfachlaichern.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die absolute und relative potenzielle individuelle Frucht-

barkeit keine stabilen biologischen Parameter sind. Es konnte nachgewiesen werden, dass innerhalb kurzer Zeiträume signifikante Veränderungen möglich sind.

Dies ist von Bedeutung, weil Veränderungen im Wachstum und in der Kondition der Individuen zu Verschiebungen in der potenziellen Fruchtbarkeit führen. Ein gutes Wachstum hat somit eine höhere absolute Fruchtbarkeit zur Folge.

Da die potenzielle individuelle Fruchtbarkeit die Grundlage bildet für die Abschätzung des Reproduktionspotenziales der Dorschbestände, ist es notwendig sie jährlich neu zu bestimmen.

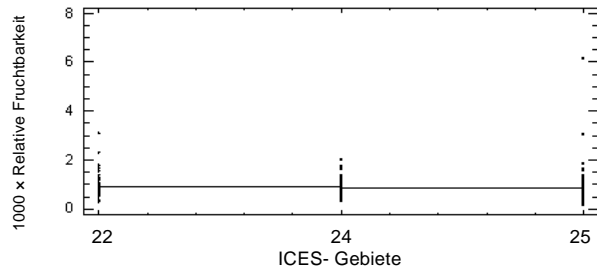


Abbildung 6: Einfluss des Parameter Gebiet der multiplen Regression $F_{el} = a + b \times \text{Gebiet}$, für das Jahr 1994
Component and residuals plot of the parameter sub-division of the multiple regression $F_{el} = a + b \times \text{subdivision}$, for 1994

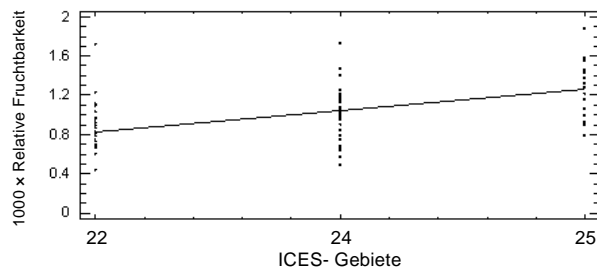


Abbildung 7: Einfluss des Parameter Jahr der multiplen Regression $F_{el} = a + b \times \text{Gebiet}$, für das Jahr 1999
Component and residuals plot of the parameter sub-division of the multiple regression $F_{el} = a + b \times \text{subdivision}$, for 1999

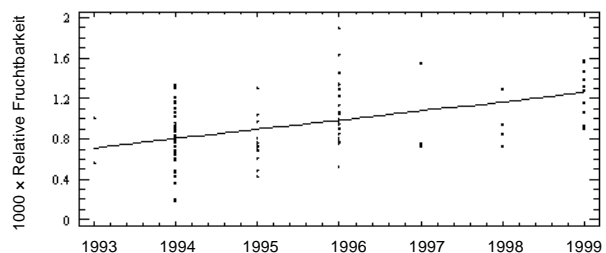


Abbildung 8: Zeitliche Entwicklung der relative Fruchtbarkeit von Mehrfachlaichern zwischen 1993 und 1999 im Gebiet 25
Temporal development of the relative fecundity of repeat spawners in subdivision 25 from 1993 to 1999

Die diskutierten Daten sind für den Dorschbestand der östlichen Ostsee gegenwärtig von besonderer Bedeutung. Der starke Rückgang dieses Bestandes erfordert dringend einen Aktionsplan für seinen Wiederaufbau. Die hier dargestellten Ergebnisse zeigen, dass das dafür notwendige Reproduktionspotential durch den Anstieg der potenziellen individuellen Fruchtbarkeit der Individuen des Bestandes bereits bereitgestellt wird. Eine durchgreifende Verbesserung der hydrographischen Situation in den Laichgebieten und eine Reduzierung der fischereilichen Sterblichkeit können somit zu einer Verbesserung der Situation des Bestandes führen.

Zusammenfassung

Für Untersuchungen zur potenziellen individuellen absoluten und relativen Fruchtbarkeit wurden 1121 Ovarien von Dorschen aus der Ostsee analysiert. Die Dorsche entstammen den Seegebieten der westlichen Ostsee (ICES-Gebiet 22 = Kieler und Mecklenburger Bucht), der Arkonasee (ICES-Gebiet 24) und der Bornholmsee (ICES-Gebiet 25) und wurden im Zeitraum von 1992 bis 1999 gefangen.

Die Ergebnisse zeigen, dass die potenzielle Fruchtbarkeit kein stabiler biologischer Parameter ist und dass signifikante Veränderungen innerhalb kurzer Zeiträume möglich sind.

Es wurde bewiesen, dass die Entwicklung der potenziellen individuellen Fruchtbarkeiten im Untersuchungszeitraum für die in der Ostsee vorkommenden Bestände (*Gadus morhua morhua* und *Gadus morhua callarias*) unterschiedlich war. Für den Beltseebestand konnte nachgewiesen werden, dass absolute und relative Fruchtbarkeit sich im Untersuchungszeitraum nicht verändert haben. Im Gegensatz dazu zeigte sich, dass die absolute und relative Fruchtbarkeit von Mehrfachlaichern des Bestandes der östlichen Ostsee im Untersuchungszeitraum signifikant zugenommen und das Eitrockengewicht abgenommen hatte. Diese Veränderungen werden im Zusammenhang gesehen mit dem gegenwärtig zu beobachtenden dramatischen Rückgang des Bestandes.

Zitierte Literatur

Bagenal, T. B.; 1973: Fish fecundity and its relations with stock and recruitment. Rapp. P.-v. Réun. 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 Hilfswiss. 9: 481–602.

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

Bleil, M.; Oeberst, R., 2001: Fecundity of Baltic cod – differences between ICES sub-divisions and variation from 1993 to 1999. ICES C.M. 2001/U 01: 19 pp.

Botros, G. A., 1959: A comparative study on the fecundity of Norwegian and Baltic cod. ICES Counc. Meet. Pap./99: 15 pp.

Kjesbu, O. S., 1988: Fecundity and maturity of cod (*Gadus morhua*) from Northern Norway. ICES C.M./G 28: 11 pp.

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. 51: 1893–1898.

Kosior, M.; Strzyzewska, K., 1979: Fecundity of Baltic cod. ICES Counc. Meet. Pap.. 1979/J 10: 11 pp.

Kraus, G.; Müller, A.; Trelat, L.; Köster, F. W., 2000: Fecundity of Baltic cod: temporal and spatial variation. J. Fish Biol. 56: 1327–1341.

Ma, Y.; Kjesbu, E. 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.

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.

May, A. W. 1967: Fecundity of Atlantic Cod J. Fish. Res. Bd. Canada, 24(7): 1531–1551.

Müller, H. 1994: Recruitment of Western Baltic Cod. ICES Counc. Meet. Pap./J 14: 21 pp.

NAFO, 1998: Report of the symposium: Variation in Maturation, Growth, Condition and spawning stock biomass production in groundfish.

Oeberst, R., Bleil, M., 2000: Early estimates of recruitment of the Belt Sea cod stock. Sci. Mar., SAP Symposium: Fish stock assessments and predictions: Integrating relevant knowledge. Bergen, Norway, 4–6 December 2000. 22pp (eingereicht)

Oosthuizen, E.; Daan, N., 1974: Eggs fecundity and maturity of North Sea cod, *Gadus morhua*. Netherlands J. Sea Res. 8: 378–397.

Strzyzewska, K. 1962: The changes in the fecundity of cod from the Gdansk Bay in the years. 1959–1961. ICES Counc. Meet. Pap./G 119: 2 pp.

Trippel, R. C.; Kjesbu, O. S.; Solemdal, P. 1997: Effect of adult age and size structure on reproductive output in marine fishes. In: Chambers, R. C.; Trippel, E. A. (eds.): Early life history and recruitment in fish populations. London: Chapman and Hall. Fish Fisheries Ser. 21: 31–62.