

OSTSEEFISCHEREI

Laichen von Dorschen in Gefangenschaft Teil 2: Eiqualität und Befruchtungsrates

Martina Bleil und Rainer Oeberst, Institut für Ostseefischerei, Rostock

Bei Untersuchungen an Dorschen aus der westlichen Ostsee, die in Gefangenschaft gehalten wurden, zeigte sich, daß die Qualität der abgegebenen Eier sich im Verlauf der Laichzeit verändert. Die Veränderungen der mittleren Eidurchmesser und der mittleren Eitrockengewichte ist von der Größe, dem Gewicht sowie dem Alter der Elterntiere unabhängig. Im Gegensatz dazu sind die größeren Dorsche über einen längeren Zeitraum als die kleineren Individuen fähig Eier mit einer hohen Befruchtungsrates abzugeben. Ein Einfluß der Wassertemperatur und des Salzgehaltes auf die Veränderungen dieser Parameter konnte nicht festgestellt werden. Vielmehr wurden Größe, Gewicht und Befruchtungsfähigkeit der abgelaichten Eier maßgeblich davon beeinflusst, in welchem Stadium (Beginn, Mitte oder Ende) des Laichprozesses sich die jeweiligen Elterntiere befanden. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, daß in der westlichen Ostsee jeweils in der ersten Hälfte einer Laichsaison nicht nur der größte Anteil an befruchteten Eiern abgegeben wird, sondern auch die Eier, die die besten Entwicklungschancen haben.

In den Jahren 1993 - 1998 wurden im Institut für Ostseefischerei umfangreiche Untersuchungen zur Fortpflanzungsbiologie des Dorsches und zur natürlichen Sterblichkeit seiner Jugendstadien durchgeführt. Diese Arbeiten wurden im Rahmen zweier vom Bundesministerium für Landwirtschaft und Forsten finanzierter Projekte realisiert. Für diese Untersuchungen wurden Dorsche der westlichen Ostsee unter naturnahen Bedingungen in Gefangenschaft gehalten. Teilergebnisse dieser Untersuchungen wurden bereits in dieser Zeitschrift veröffentlicht (Bleil 1994, 1995, Bleil und Oeberst 1998).

In dem vorliegenden Artikel wird der Schwerpunkt auf die Parameter (Reproduktionsmerkmale) gelegt, die die Qualität der Dorscheier beschreiben. Zu diesen Parametern gehören der Eidurchmesser, das Trockengewicht der Eier und die Befruchtungsrates. Es wird der Einfluß von Länge, Gewicht und Alter der Elterntiere auf die Veränderung der Eiqualität diskutiert. Weiterhin wurden mögliche Zusammenhänge zwischen den Parametern der Eiqualität und der sich im Laufe der Laichaktivitäten verändernden Wassertemperatur und Salinität analysiert.

Die Darstellungen erfolgen am Beispiel der Ergebnisse des Jahres 1997, da hier die umfangreichste Datenbasis zur Verfügung steht. Alle praktischen Arbeiten wurden in der Aquakulturanlage „BUTT“ GbR in Strande bei Kiel durchgeführt. Abbildung 1 gibt Auskunft zur geographischen Lage der marinen Aquakulturanlage sowie zu den Fangplätzen der für diese Untersuchungen genutzten Dorsche.

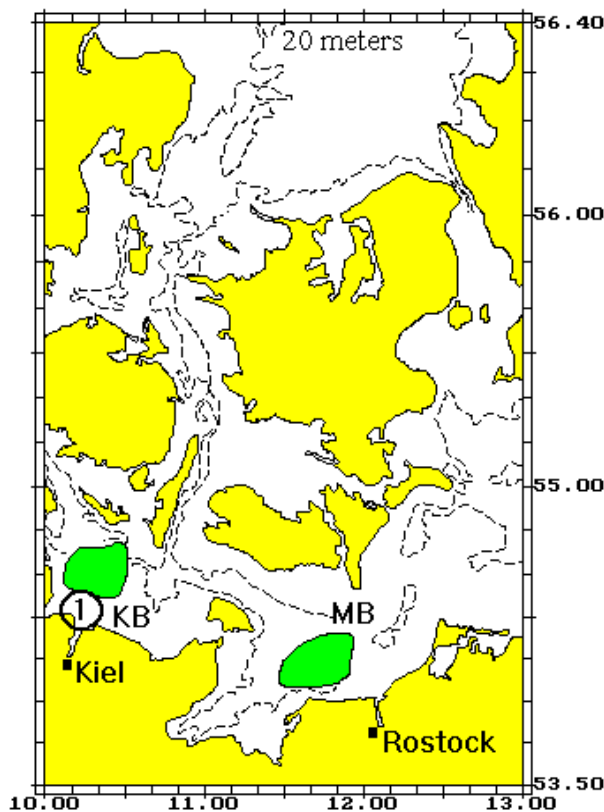
Eiqualität - Bedeutung und Begriffsbestimmung

Aus Untersuchungen in der Aquakultur ist bekannt, daß die Qualität des Eimaterials die erfolgreiche Produktion lebensfähiger Larven und Jungfische maßgeblich beeinflusst (Kjørsvik et al. 1990, Chambers 1997). Damit ist die Eiqualität auch eine wesentliche Einflußgröße für das Aufkommen guter oder schlechter Jahrgänge der Wildfischbestände.

Spawning of cod in captivity

Part 2: Egg quality and rate of fertilisation of Baltic cod

The quality of eggs spawned by cod of the western Baltic Sea, which were kept in captivity, varies during spawning season. These changes were independent of total length, weight and age of the parental individuals. Diameter, dry weight and fertilisation rate of the spawned eggs decreased during the spawning activities. An influence of water temperature and salinity on the variability of these parameters could not be detected. Diameter, weight and fertilisation rate were, however, influenced by the stage of the spawning process of the parental individuals. These results point out that within the first half of the spawning season not only the largest portion of the fertilised eggs was spawned but also those eggs with the best chance of a successful development.



- 1 Marine Aquakulturanalage „BUTT“ GbR
 - KB Kieler Bucht
 - MB Mecklenburger Bucht
- Fanggebiete der Laichergruppen

Abb. 1: Fanggebiete der Laichergruppen
Catching areas of the brood fishes

Um die Qualität von Eiern zu charakterisieren, gibt es verschiedene Methoden. In diesem Artikel wird die Definition von Kjörsvik et al. (1990) zugrunde gelegt. Danach erfolgt die Bestimmung der Eiqualität zu dem Zeitpunkt, an dem die Eier vom Weibchen abgelaicht wurden und der Prozeß der Befruchtung abgeschlossen ist. Als Parameter zur Bestimmung der Qualität der Eier sollen das Trockengewicht und der Durchmesser, im folgenden Text auch als Eiggröße bezeichnet, sowie die tägliche Befruchtungsrate der abgelaichten Eier betrachtet werden.

Aus Untersuchungen von Bleil und Oeberst (1996) ist bekannt, daß die potentielle absolute Fruchtbarkeit des Dorsches durch das Gewicht und die Größe der Fische bestimmt wird. Weiterhin wiesen Kjesbu et al. (1992) und Bromage et al. (1995) nach, daß die Menge und die Qualität der abgelaichten Eier des Atlantischen Kabeljaus durch die Größe und das Alter der Elterntiere beeinflusst werden.

Auf Grund dieser Ergebnisse wurden 1997 folgende Laichergruppen gebildet:

- Gruppe A Tiere mit Totallängen(TL) ≤40 cm
- Gruppe B Tiere mit Totallängen(TL) > 40 - 50 cm
- Gruppe C Tiere mit Totallängen(TL) > 50 cm
- Gruppe E Tiere mit Totallängen(TL) von 39-63 cm
(nach dem Zufallsprinzip zusammengesetzt)

Weiterführende Informationen zu den Laichergruppen können in Bleil und Oeberst (1998) nachgelesen werden.

Die Gewinnung abgelaichter Eier

Mit Hilfe einer Eisammelvorrichtung im Beckenablauf wurden die abgelaichten Eier gesammelt. Diese Vorrichtung bestand aus einem Zylinder, in dem ein Sieb mit einer Maschenweite von 500 mm eingebunden war.

Die Entnahme der abgelaichten Eier erfolgte täglich. Folgende Parameter wurden täglich für jede Laichergruppe bestimmt:

- das Gesamtvolumen der Eier (ml)
- die Befruchtungsrate der Eier (%)
- die Verteilung der Entwicklungsstadien der Eier
- der Durchmesser an lebenden und fixierten Eiern (mm)
- das mittlere Trockengewicht der Eier (µg)

Die Schätzung der mittleren Eidurchmesser erfolgte nach der Methode von Hislop et al. (1987) an Unterproben von 15 bis 50 lebenden Eiern für jede Laichergruppe. Zusätzlich wurden jeden Tag ca. 500 Eier in Formalin (4%ig) fixiert. Von diesen Eier wurden nach Ablauf von mindestens 4 Wochen ebenfalls Durchmesser und Trockengewicht bestimmt.

Für die Bestimmung der Eigewichte wurden jeweils 9 Unterproben mit je 50 Eiern bei 105 °C getrocknet und anschließend gewogen.

Die doppelte Bestimmung der Eidurchmesser an lebenden und an fixierten Eiern wurde durchgeführt, um die Daten von fixiertem wie auch unfixiertem Material aus der Literatur mit unseren Ergebnissen vergleichen zu können. Die Analyse unserer Daten zeigte, daß die Eidurchmesser von lebenden (MeanD) und von fixierten (MeanD_f) Eiern vergleichbar sind.

Als Regressionsgerade wurde

$$\text{MeanD}_f = -6,35 + 1,04 \times \text{MeanD}$$

berechnet. Der Korrelationskoeffizient der Regression war 0,86. Für die Analyse standen 200 Wertepaare zur Verfügung.

Tab. 1: Mittlere Eidurchmesser (mm) für unterschiedliche Abschnitte des Laichprozesses für die Laicherguppen 1997
Mean egg diameters (mm) for different periods of the spawning for broodstocks 1997

Gruppe	Zeitabschnitte								
	1 .. 15			16 .. 45			46 .. 70		
	Mittelw.	Min.	Max.	Mittelw.	Min.	Max.	Mittelw.	Min.	Max.
A	1,49	1,45	1,53	1,47	1,43	1,5	1,43	1,39	1,49
B	1,49	1,46	1,51	1,46	1,40	1,52	1,45	1,40	1,51
C	1,52	1,50	1,55	1,49	1,44	1,54	1,47	1,38	1,51
E	1,50	1,48	1,52	1,49	1,44	1,54	1,44	1,34	1,47

Ist die Qualität der abgegebenen Eier in den Laicherguppen unterschiedlich?

Es ist bekannt, daß lebensfähige Larven nur aus Eiern schlüpfen, die eine gute Qualität aufweisen (Knutsen et al. (1985), Kjørsvik et al. (1990), Solemdal et al. (1992, 1993) und Marteinsdottir et al. (1996)). Eier schlechter Qualität sind dadurch charakterisiert, daß im Verlauf der Embryonalentwicklung hohe Sterblichkeitsraten zu verzeichnen sind und daß die schlüpfenden Larven oftmals Deformationen aufweisen. Um die Qualität der abgelaichten Eier bereits frühzeitig abschätzen zu können, erfolgte täglich die Messung der Eidurchmesser.

Eidurchmesser

Den hier diskutierten Ergebnissen liegen die täglichen Messungen zugrunde, die über die gesamte Laichperiode der Elterntiergruppen durchgeführt wurden. Für die Messungen wurden nur befruchtete Eier genutzt. Informationen zu den mittleren Eidurchmessern der verschiedenen Laicherguppen des Jahres 1997 sind in Tabelle 1 zusammenfassend dargestellt. Um eine bessere Vergleichbarkeit zu ermöglichen, wurde die gesamte

Laichperiode in drei Abschnitte (1. - 15. Tag, 16. - 45. Tag und 46. - 70. Tag) unterteilt.

Die statistischen Analysen zeigen, daß sich die mittleren Durchmesser der von den verschiedenen Laicherguppen abgegebenen Eier nicht signifikant unterscheiden. Sie lagen in den ersten 15 Tagen der Laichaktivitäten bei 1,49 mm (Gruppe A), 1,49 mm (Gruppe B), 1,52 mm (Gruppe C) und 1,50 mm (Gruppe E). Auffällig ist jedoch eine für alle Laicherguppen zu beobachtende Abnahme der Eigrößen im Verlauf der Laichperiode.

Für den Zeitraum vom 16. bis 45. Tag wurden durchschnittliche Eigrößen von 1,47 mm (Gruppe A), 1,46 mm (Gruppe B), 1,49 mm (Gruppe C) und 1,49 mm (Gruppe E) geschätzt. Bei Fortschreiten der Laichperioden (46. bis 70. Tag) nehmen die mittleren Durchmesser der abgelaichten Eier weiter ab. Die Messungen ergaben mittlere Eidurchmesser von 1,43 mm für Gruppe A, 1,45 mm für Gruppe B, 1,47 mm für Gruppe C und 1,44 mm für Gruppe E.

Um diesen Trend zu verdeutlichen, wurde in Abbildung 2 die zeitliche Entwicklung des mittleren

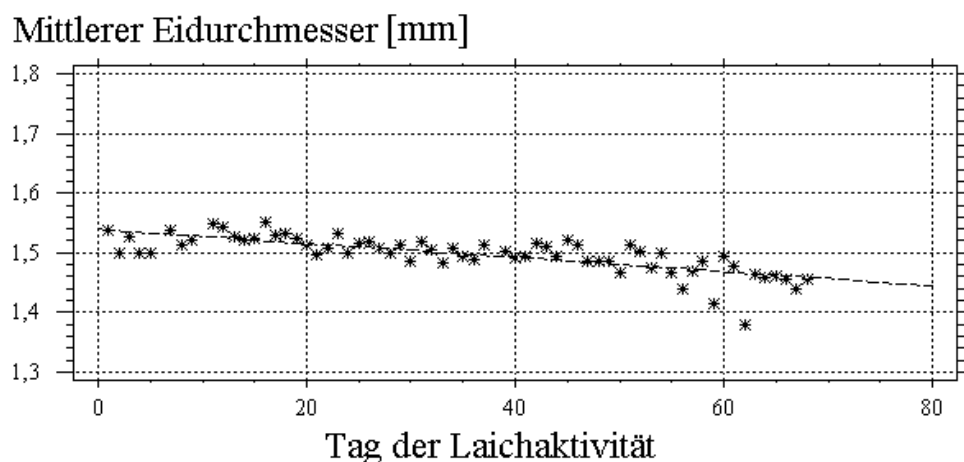


Abb. 2: Zeitliche Entwicklung des mittleren Eidurchmessers (mm) während der Laichaktivitäten der Laicherguppe C

Temporal development of the mean egg diameter (mm) during the spawning activities of the broodstock C

Eidurchmessers (Anzahl der Tage nach dem Beginn der Laichaktivität (Tag der Laichaktivitäten)) am Beispiel der Laicherguppe C dargestellt.

Der mittlere Eidurchmesser aller Laicherguppen über die gesamte Laichperiode lag bei 1,49 mm. Kändler et al. (1965) gibt für die westliche Ostsee Eigrößen von 1,50 mm an.

Im Verlauf der Experimente waren die abgelaichten Eier Wassertemperaturen und Salzgehalten ausgesetzt, die den hydrographischen Bedingungen der westlichen Ostsee während der natürlichen Laichzeit entsprachen. In den Monaten mit Laichaktivitäten stiegen die Wassertemperaturen an. Sie lagen im Mittel, entsprechend der Jahreszeit, Mitte Februar und in der ersten Hälfte des März bei 4,2 °C und stieg bis auf 14,4 °C im Juni. Signifikante Korrelationen zwischen der im Verlauf der Laichaktivitäten ansteigenden Wassertemperatur und den Eigrößen waren nicht feststellbar.

Der Salzgehalt in den Becken schwankte zwischen 11 und 24 PSU und lag damit nach v. Westernhagen (1970)

an der unteren Grenze für eine normale Befruchtung. Tendenziell war im Verlauf der Laichaktivitäten eine Abnahme der Salinität zu verzeichnen. Korrelationen zwischen den sich verändernden Eigrößen und der Salinität waren nicht zu erkennen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Größe der abgelaichten Eier nicht mit der Totallänge und dem Körpergewicht der weiblichen Elterntiere korreliert ist. Vergleichbare Ergebnisse wurden von Solemdal (1992, 1993), Schopka (1971), Hislop et al. (1987) und Hislop (1989) beschrieben. Kjesbu et al. (1992, 1996) und Chambers (1997) dokumentierten entgegengesetzte Resultate.

Diese Analysen widersprechen somit der mehrfach diskutierten Hypothese, daß große Weibchen große Eier produzieren. Es sei jedoch darauf verwiesen, daß die Daten lediglich von Gruppen weiblicher Tiere, nicht von Einzelfischen, gewonnen werden konnten. Weiterhin wurde bei allen Laicherguppen nachgewiesen, daß die Größe der abgelaichten Eier im Verlauf der Laichperiode abnahm.

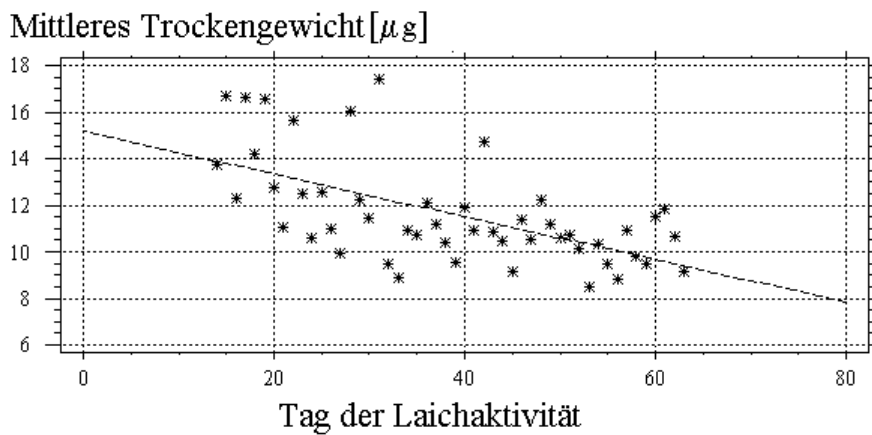


Abb. 3: Mittlere Trockengewichte (µg) während der Laichaktivitäten der Laicherguppe C
Mean dry weight (µg) during the spawning activities of the broodstock C

Tab. 2: Mittlere Eitrockengewichte (in µg) für unterschiedliche Abschnitte des Laichprozesses
Mean dry weight (in µg) of eggs for different period of the spawning process

Gruppe	Zeitabschnitte								
	1 .. 15			16 .. 45			46 .. 70		
	Mittelw.	Min.	Max.	Mittelw.	Min.	Max.	Mittelw.	Min.	Max.
A	21	11	34	13	8	26	9	8	11
B	13	10	15	11	7	17	9	7	13
C	15	14	17	12	9	17	10	9	12
E	12	9	16	11	8	31	9	6	11

Trockengewichte

Da die Ermittlung von zuverlässigen Schätzungen für das Trockengewicht der Eier aufwendige Laborarbeiten erfordern, ist die auswertbare Datenbasis nicht so umfangreich wie die zu den Eigrößen. In Tabelle 2 sind die mittleren Eitrockengewichte für die verschiedenen Laichgruppen dargestellt. Es zeigt sich, daß am Beginn der Laichaktivitäten die mittleren Eitrockengewichte aller Laichgruppen vergleichbar hoch sind. Sie liegen zwischen 12 und 21 µg, was eine hohe Variabilität erkennen läßt. Gegen Ende der Laichperiode sind die mittleren Trockengewichte bis auf 9 µg (Gruppe A, B, E) bzw. 10 µg (Gruppe C) abgesunken. Vergleichbare Beobachtungen werden auch von Kjesbu et al. (1996) für Eitrockengewichte des Atlantischen Kabeljaus beschrieben.

Wie auch bereits für die Eidurchmesser wird in Abbildung 3 die zeitliche Veränderung des mittleren Trockengewichtes der Eier am Beispiel der Laichgruppe C dargestellt. Die Abbildung 3 veranschaulicht noch einmal, daß im Verlauf der Laichaktivitäten die mittleren Eigewichte abnehmen. Dieser Trend wurde für alle Laichgruppen gleichermaßen festgestellt und ist signifikant.

Befruchtungsraten

Die tägliche Bestimmung der Befruchtungsrate erfolgte an der Gesamtmenge abgelaichter Eier der jeweiligen Laichgruppe. In Tabelle 3 sind die mittleren Befruchtungsraten für die verschiedenen Zeitintervalle zusammengefaßt. Für eine weitere Veranschaulichung sind in Abbildung 4 die täglichen Befruchtungsraten für die vier Laichgruppen dargestellt. Die höchste tägliche Befruchtungsrate wurde mit 85 % in der Laichgruppe A beobachtet. Es sei hier jedoch darauf hingewiesen, daß in diesem Fall die abgegebene Eimenge sehr gering war.

Die mittleren Befruchtungsraten der Laichgruppen A, B und E sind in den ersten 15 Tagen vergleichbar (ca. 50 %). Der Wert der Gruppe C liegt in diesem Zeitraum wesentlich niedriger bei ca. 18 %. Dieses Verhältnis ändert sich dann aber im Verlauf der weiteren Laichaktivitäten deutlich. Bei den Laichgruppen A, B und E nimmt die mittlere Befruchtungsrate ab. Dabei liegen

die Werte für die Laichgruppe E in den beiden folgenden Zeitintervallen vom 16. bis 45. und vom 46. bis 70. Tag über den Werten der Laichgruppen A und B. Im Gegensatz hierzu steigt die mittlere Befruchtungsrate der Laichgruppe C nach den ersten Tagen auf durchschnittlich 45 % für den Zeitraum zwischen dem 16. und 45. Tag an. Dieser Wert ist zu diesem Zeitpunkt wesentlich höher als bei den anderen Laichgruppen. Auch in den folgenden Tagen bleibt die mittlere Befruchtungsrate für die Laichgruppe C hoch.

Aus der Abbildung 4 wird deutlich, daß für die Laichgruppen A, B und E ein vergleichbarer Trend besteht. Am Anfang sind die Befruchtungsraten hoch, nach kurzer Zeit wird ein Maximum erreicht. Dieses hohe Niveau der Befruchtungsraten von ca. 50 % wird über ca. 20 (Gruppe A) bis 35 (Gruppe E) Tage aufrechterhalten, um dann langsam über einen Zeitraum von mehreren Wochen bis zum Ende der Laichaktivitäten hin abzufallen. Das Ende der Laichaktivitäten war jeweils von niedrigen aber extrem schwankenden Befruchtungsraten gekennzeichnet.

Bei der Laichgruppe C dagegen wird ein etwas anderer Trend deutlich. Die Befruchtungsraten liegen in den ersten 20 Tagen der Laichaktivitäten im unteren Bereich, steigen in den folgenden Tagen dann jedoch rasch auf Werte um 50 %. Dieses hohe Niveau wird im Vergleich zu den anderen Laichgruppen über einen längeren Zeitraum gehalten. Zu ähnlichen Ergebnissen für den Atlantischen Kabeljau kommen auch Solemdal et al. (1992) sowie Kjesbu (1989) und Jobling et al. (1997).

Hervorzuheben ist weiterhin, daß nach dem Erreichen des Laichhöhepunktes die Befruchtungsraten zum Ende der Laichperioden für die beobachteten Laichgruppen in unterschiedlichem Maße abnehmen. Dies sollen Tabelle 4 und Abbildung 5 darstellen, wobei sich Abbildung 5 auf die Darstellung der Laichgruppen B und C beschränkt. Um diesen Trend zu verdeutlichen, blieben jeweils die ersten Tage des Laichens vor dem Erreichen des Laichhöhepunktes unberücksichtigt, da sich, wie schon oben beschrieben, die Befruchtungsraten in den Anfangsphasen der Laichaktivitäten der verschiedenen Laichgruppen unterschieden.

Tab. 3: Mittlere Befruchtungsrate für unterschiedliche Laichgruppen und Abschnitte des Laichprozesses
Mean fertilisation rates for different broodstocks and periods of the spawning

Gruppe	Zeitabschnitte								
	1 .. 15			16 .. 45			46 .. 70		
	Mittelw.	Min.	Max.	Mittelw.	Min.	Max.	Mittelw.	Min.	Max.
A	48,4	7	85	23,1	0	65	12,4	0	40
B	47,0	31	63	30,9	1	67	15,6	0	58
C	18,1	0	58	45,5	13	80	42,0	2	79
E	51,9	33	73	38,8	0	78	23,4	0	59

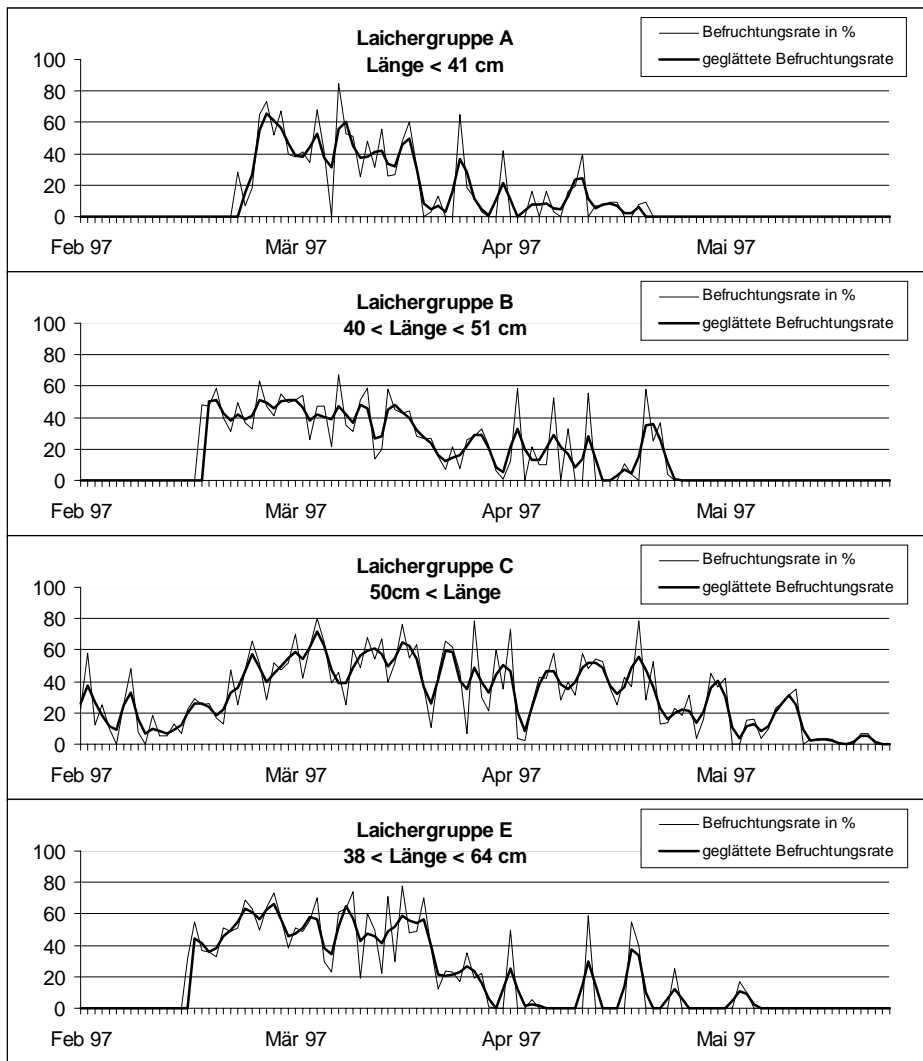


Abb. 4: Der zeitliche Verlauf der Befruchtungsraten und der Laichaktivitäten 1997
 The temporal course of the fertilisation rates and the spawning activities 1997

Tab. 4: Parameter der linearen Regressionen zwischen der Befruchtungsrate und dem Tag der Laichsaison
 Regression parameters between the fertilisation rate and the period of spawning

Gruppe	erster Tag	letzter Tag	Absolutwert	Anstieg	Anzahl der Werte
A	10	70	58,13	-1,05	42
B	10	70	53,27	-0,68	52
C	20	70	57,62	-0,26	48
E	10	70	65,62	-0,82	44

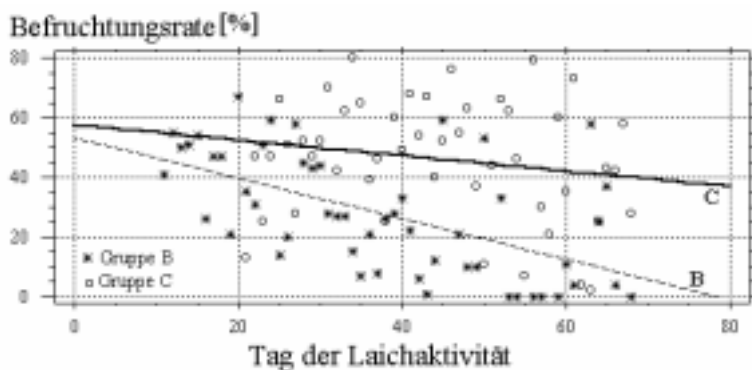


Abb. 5: Entwicklung der Befruchtungsrate (in %) während der Laichaktivitäten der Gruppen B und C

Development of the fertilisation rate (in %) during the spawning activities of the broodstock B and C

Die Laichergruppen A, B und E erreichten ihren Laichhöhepunkt nach 10, die Laichergruppe C nach 20 Tagen. Bei den Laichergruppen A, B und E wurden daher die ersten 9, bei der Laichergruppe C die ersten 19 Tage nicht in die Darstellung der Abnahme der Befruchtungsraten einbezogen. Es wird deutlich, daß die größten Individuen (Gruppe C) nach dem Erreichen des Laichhöhepunktes die geringste Abnahme in den Befruchtungsraten aufwiesen. Beschreibt man diese Veränderungen der Befruchtungsraten durch einen linearen Trend, ergeben sich die in Tabelle 4 dargestellten Parameter. Die Absolutwerte verdeutlichen, daß unmittelbar nach der Anfangsphase der Laichaktivitäten vergleichbare Befruchtungsraten beobachtet werden können. Die Veränderung der Befruchtungsraten im weiteren Verlauf der Laichzeit ist dann aber abhängig von der Größe der Fische. In der Laichergruppe C ist die mittlere tägliche Abnahme am geringsten. Bei den kleinsten Dorschen der Gruppe A verringert sich die Befruchtungsrate dagegen am schnellsten.

Weitere Analysen zeigen, daß die Befruchtungsraten in direktem Zusammenhang zu den Eidurchmessern stehen. Eier mit einer mittleren Größe zwischen 1,42 bis 1,52 mm wiesen hohe Befruchtungsraten auf. An Tagen, an denen der mittlere Eidurchmesser der jeweiligen Laichergruppe außerhalb dieses Bereiches lag, waren die Befruchtungsraten nur gering.

Die Auswirkungen extremer Temperaturen und Salzgehalte auf die Befruchtung wurden vielfach beschrieben und diskutiert (Westernhagen 1970, Kjörsvik et al. 1984). Bei den hier dargestellten Untersuchungen war eine signifikante Korrelation zwischen Temperatur und Salzgehalt sowie der Befruchtungsrate nicht nachweisbar. Es sei jedoch ausdrücklich darauf verwiesen, daß diese Aussage auf den Temperatur- und Salzgehaltsbereich beschränkt ist, in dem die diskutierten Experimente durchgeführt wurden (Bleil und Oeberst 1998).

Zitierte Literatur

- Bleil, M.: Untersuchungen zur Aufzucht von Dorschen (*Gadus morhua morhua*) der westlichen Ostsee. Teil I : Methodik der Gewinnung und Befruchtung von entwicklungsfähigem Eimaterial. Inf. Fischwirtsch. 41(4): 171–176, 1994.
- Bleil, M.: Untersuchungen zur Aufzucht von Dorschen (*Gadus morhua morhua*) der westlichen Ostsee. Teil II : Aufbau und Hälterung eines Laichfischbestandes sowie Erbrütung der gewonnenen Eizellen. Inf. Fischwirtsch. 42(3): 133–146, 1995.
- Bleil, M.; Oeberst, R.: The fecundity of cod in ICES Sub-division 22, 24 and 25 in the years 1992 to 1995 (preliminary results). ICES C.M.1996/J: 08. 22 pp.
- Bleil, M.; Oeberst, R.: The timing of the reproduction of cod (*Gadus morhua morhua*) in the western Baltic and adjacent areas. ICES C.M.1997/CC: 02. 31 pp.
- Bleil, M. und Oeberst, R.: Laichen von Dorschen in Gefangenschaft. Teil I: Verlauf der Laichaktivitäten. Inf. Fischwirtsch. 45(4): 164–170, 1998.
- Bromage, N.R.; Roberts, R.J.: Broodstock management and egg and larval quality. Berlin, New York: Blackwell Science, 413 pp., 1995.
- Chambers, R.C.: Environmental influences on egg and propagule sizes in marine fishes. (eds. Chambers, R.C., Trippel, E.A.): Early life history and recruitment in fish populations, Chapman and Hall, Fish and Fisheries Series 21, S. 63-95, 1997.
- Hislop, G.R.J., Bell, M.A.: Observations on the size, dry weight and energy content of the eggs of some demersal fish species from British marine waters. J. Fish. Biol., 31, 1-20, 1987.
- Hislop, G.R.J.: A comparison of the reproductive tactics and strategies of cod, haddock, whiting and Norway pout in the North Sea. (eds. Potts, G.W., Wootton, R.J.): Fish reproduction: Strategies and tactics Academic Press, 311-329, 1989.
- Jobling, M.; Pedersen, P.S.: Cultivation of the Atlantic cod. In: Nash, A.S. (ed.): Production of aquatic animals: Fish. Amsterdam, Tokyo: Elsevier, p. 347–356, 1996.
- Kändler, R., Tan, E.O.: Investigation on the osmoregulation in pelagic eggs of gadoid and flatfish in the Baltic. ICES C.M. 1965/43
- Kjesbu, O.S.: The spawning activity of cod (*Gadus morhua* L.). J. Fish Biol. 34: 195–206, 1989.
- Kjesbu, O.S.; Kryvi, H.; Sundby, S.; Solemdal, P.: Buoyancy variations in egg of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) in relation to chorion thickness and egg size: theory and observations. J. Fish Biol. 41: 581–599, 1992.
- Kjesbu, O.S.; Solemdal, P.; Bratland, P.; Fonn, M.: Variation in annual egg production in individual captive Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53: 610–620, 1996.
- Kjörsvik, E., Stene, A., Lønning, S.: Morphological, physiological and genetical studies of egg quality in cod (*Gadus morhua* L.). Flødevigen rapportser. 1, 1984: The propagation of cod *Gadus morhua* L., 67-86, 1984.
- Kjörsvik, E., Magnor-Jensen, A., Holmefjord, I.: Egg quality in fishes. Advances in marine biology, Vol. 26, 71-103, 1990.
- Knutsen, G.M., Tilseth, S.: Growth, development and feeding success of Atlantic cod (*Gadus morhua*) larvae in relation to egg size. Transaction of the American Fisheries Society 114, 507-511, 1985.
- Marteindottir G., Steinarrsson, A.: Variation in reproductive characteristics of cod: Effects of females properties on eggs and larvae. ICES CM. 1996/G:34, 1996.
- Schopka, S.A.: Vergleichende Untersuchungen zur Fortpflanzungsrate bei Hering- und Kabeljaupopulationen. Ber. D.W.K., 22, 31 - 79, 1971.
- Solemdal, P., Kjesbu, O.S., Kjörsvik, E.: The effect of maternal status of Arcto-Norwegian cod on egg quality and vitality of early larvae. I. The collection and characteristics of the cod females, a pilot study. ICES C.M. 1992/G: 78
- Solemdal, P., Berg, Ö., Finn, R.N., Fyhn, H.J., Grahl-Nielsen, O., Homme, O., Kjesbu, O.S., Kjörsvik, E., Opstad, I., Skiftesvik, A.B.: The effect of maternal status of Arcto-Norwegian cod on egg quality and vitality of early larvae. II. Preliminary results of the experiment in 1992. ICES C.M. 1992/G: 79
- Solemdal, P., Berg, Ö., Dahle, G., Falk-Petersen, I.B., Fyhn, H.J., Grahl-Nielsen, O., Haaland, J.M., Kjesbu, O.S., Kjörsvik, E., Loken, S., Opstad, I., Pedersen, T., Skiftesvik, A.B., Thorsen, A.: Size of spawning of Arcto-Norwegian cod and the effect on their eggs and early larvae. ICES C.M. 1993/G: 41
- Statgraphics Plus. 1996. Manugistics, Inc.
- Westernhagen, H.v.: Erbrütung der Eier von Dorsch (*Gadus morhua*), Flunder (*Pleuronectes flesus*) und Scholle (*Pleuronectes platessa*) unter kombinierten Temperatur und Salzgehaltsbedingungen. Helgoländer wiss. Meeresunters. 21: 21–102, 1970.