

Beschreibung des aktuellen Verlaufes der jährlichen Reifeentwicklung und der Laichaktivitäten von Dorschen in der Arkonasee (ICES SD 24)

Actual annual progression of the maturity development and the spawning activities of cod in the Arkona Sea (ICES SD 24)

Martina Bleil, Rainer Oeberst

TI, Institut für Ostseefischerei (OF), Alter Hafen-Süd 2, 18069 Rostock, Germany
martina.bleil@ti.bund.de

Abstract

The spawning activities of cod were described in the Arkona Sea from 2009 to 2012 and were compared with estimates of the period 1992 – 1999. Cod spawned mainly from beginning of June till the middle of July every year. In the same period spawning was observed in the Bornholm Sea. The spawning activities in July were limited by water temperature above the critical limits. Spawning activities in spring which were observed in the 90 ties were of lower importance between 2009 and 2012. Higher proportions of spent cod were observed in the Arkona Sea in August and autumn between 2009 and 2012 compared to the earlier period, indicating immigration of cod from the Bornholm Sea after spawning. The study showed that higher proportion of cod with developing sex products were observed in the Arkona Sea between 2009 and 2012 compared to the 90 ties.

Kurzfassung

Die Laichaktivitäten der Dorsche in der Arkonasee werden für den Zeitraum 2009 – 2012 dargestellt und im Vergleich mit dem Zeitraum 1992 – 1999 diskutiert. Die Hauptlaichaktivitäten haben im Untersuchungszeitraum von Anfang Juni bis Mitte Juli stattgefunden und lagen damit in ihrem jahreszeitlichen Verlauf innerhalb der Zeitperiode der Laichaktivitäten in der angrenzenden Bornholmsee. In der Arkonasee wurden jeweils im Juli diese Ereignisse durch ansteigende Wassertemperaturen begrenzt.

Die, noch in den 90-er Jahren beobachteten, Laichaktivitäten im Frühjahr haben aktuell an Bedeutung verloren. Im Spätsommer und Herbst war ein, im Vergleich zu den 90-er Jahren, höherer Anteil an abgelaichten Tieren in der Arkonasee zu beobachten, der als Indiz für eine Zuwanderung von abgelaichten Dorschen aus der Bornholmsee gewertet wird. Insgesamt hat der Anteil an Tieren mit sich entwickelnden Geschlechtsprodukten (aktive Laicher) im Untersuchungszeitraum, im Vergleich zu den 90-er Jahren, zugenommen.

Einleitung

Das Verbreitungsgebiet von Dorschen erstreckt sich über die gesamte Ostsee. Laichen können die Tiere jedoch nur in wenigen Regionen, da ihre erfolgreiche Reproduktion spezielle Anforderungen an den Salzgehalt, die Wassertemperatur und den Sauerstoffgehalt stellt (Westernhagen 1970; Nissling und Westin 1997, Vallin et al. 1999 a,b, Vallin und Nissling 2000).

Diese Bedingungen werden in den tieferen Gebieten der westlichen Ostsee, ab einer Wassertiefe von 20 m in der Kieler- und Mecklenburger Bucht sowie dem

Fehmarn Belt und ab einer Wassertiefe von 40 m in der Arkonasee erfüllt (Bleil und Oeberst 1997, 2002, 2004, Bleil et al. 2009).

Als traditionelle Laichgebiete bekannt sind ebenfalls die tiefen Becken der östlichen Ostsee (Bornholmbecken, Gdanker Tief, Gotlandsee) (Bagge et al. 1994, Aro 1989, Tomkiewicz und Köster 1999, MacKenzie et al. 2000, Wieland et al. 2000), wobei gegenwärtig das Bornholmbecken als das Hauptlaichgebiet beschrieben wird (MacKenzie et al. 2000, Wieland et al. 2000, ACFM 2004, Köster et al. 2005). Aktuelle Untersuchungen zei-

gen, dass eine erfolgreiche Reproduktion von Dorschen ausschließlich im Bornholmbecken stattgefunden hat (ICES 2012). Die Laichgebiete werden zu unterschiedlichen Zeiten von den Dorschen zur Eiablage aufgesucht (Berner 1960, Thurow 1970, Bagge et al. 1994, Aro 1998, Karasiova 1999, Tomkiewicz und Köster 1999, Wieland et al. 2000, ACFM 2004, Bleil et al. 2009). Im Verlauf der zurückliegenden Jahrzehnte wechselte die Hauptlaichzeit in der Bornholmsee zwischen Ende April bis Anfang August (ACFM 2004). Im Gegensatz dazu haben sich die Hauptlaichaktivitäten in der Kieler- und Mecklenburger Bucht und dem Fehmarn Belt in ihrem zeitlichen Verlauf nicht verändert (Thurow 1970, Bagge et al. 1994, Bleil und Oeberst 2002, Bleil et al. 2009).

Die Arkonasee wurde in der Vergangenheit vorwiegend als Weide- und Durchzugsgebiet, mit lediglich sporadischen Laichaktivitäten und als Aufwuchsgebiet für juvenile Dorsche beschrieben (Kändler 1944, Birjukov 1969, Berner 1985, Bagge et al. 1994, Berner und Müller 1989, Müller 1994, 1999).

Seit Beginn der 90-er Jahre werden jährlich gezielte Untersuchungen zu den Laichaktivitäten von Dorschen in der Beltsee (ICES SD 22), der Arkonasee (ICES SD 24) und der Bornholmsee (ICES SD 25) durchgeführt. Bereits veröffentlichte Ergebnisse zeigten, dass die Arkonasee in den 90-er Jahren ein von Dorschen zum Laichen genutztes Gebiet war. Laichaktivitäten wurden regelmäßig, vorwiegend im Sommer beobachtet (Bleil und Oeberst 2002, Bleil et al. 2009).

Die Arkonasee hat traditionell fischereiliche Bedeutung, insbesondere für die deutsche Fischerei. Im Zeitraum der Untersuchungen wurden zwischen 26 % - 36 % der jährlich von der deutschen Fischerei angelandeten Dorsche in der Arkonasee gefangen (Jahresfangstatistik BLE, 2009 - 2012). Um mögliche Veränderungen der Laichaktivitäten von Dorschen in Zeit und Raum zeitnahe zu erfassen und die gewonnenen Resultate als Basis für die flexible Ausweisung von Laichschongebieten – und zeiten zu nutzen, ist eine genaue Kenntnis der zeitlichen Abläufe der Laichaktivitäten erforderlich (ACFM 2004; Vitale et al. 2008).

Ziel des vorliegenden Artikels ist es, die gegenwärtigen Prozesse der jährlichen Reifeentwicklung und des Laichens in der Arkonasee darzustellen und sie mit den bereits beschriebenen Aktivitäten aus dem Zeitraum 1992 –1999 (Bleil et al. 2009) zu vergleichen. Weiterhin werden die zeitlichen Abläufe der aktuellen Laichaktivitäten im Zusammenhang mit Beobachtungen zur aktuellen Hydrographie im Gebiet diskutiert.

Material und Methoden

Den Analysen liegt Datenmaterial, das im Zeitraum von 2009 – 2012 in der Arkonasee (ICES SD 24), gesammelt wurde zugrunde (Abbildung 1). Die Datenerhebung erfolgte im Rahmen von jährlich 5 Forschungsreisen des Institutes für Ostseefischerei Rostock mit FFS „Solea“ und FFK/FFS „Clupea“, sowie im Verlauf der Beprobung kommerzieller Fischereiaktivitäten deutscher Fischer.

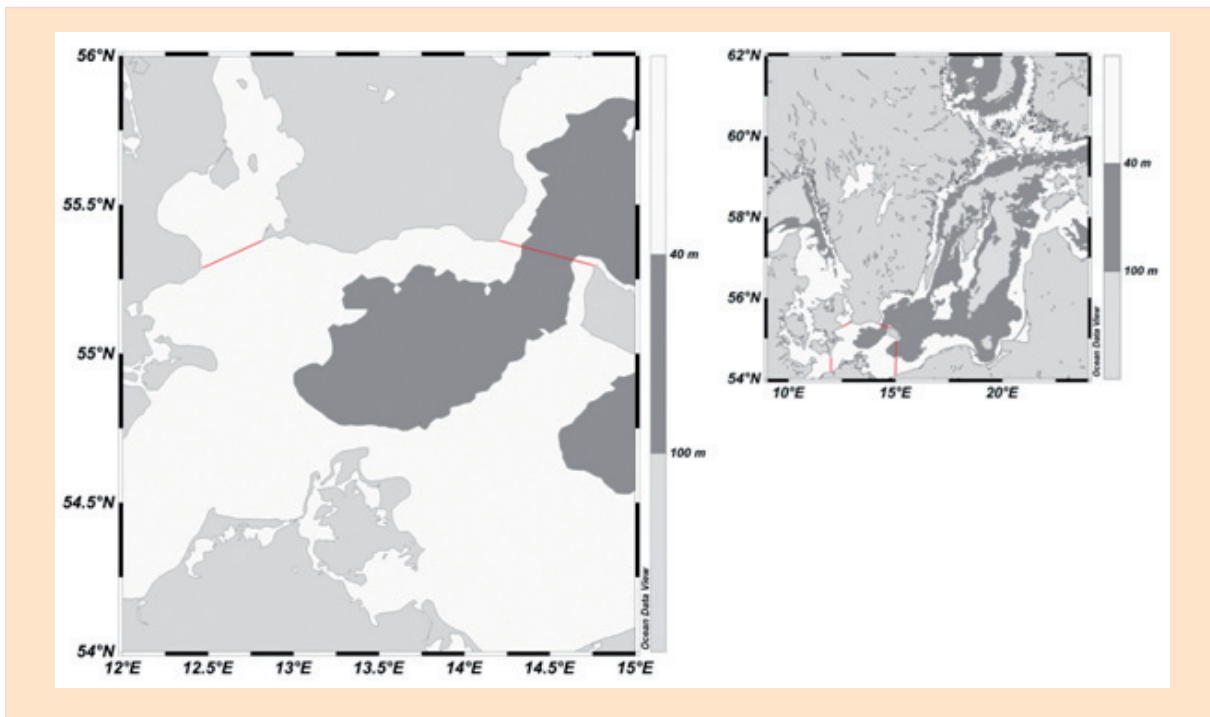


Abbildung 1: Die Ostsee mit dem Untersuchungsgebiet Arkonasee (ICES SD 24). Der dunkelgraue Bereich markiert das Arkonabecken mit Wassertiefen von > 40 m.

Figure 1: Baltic Sea (small panel) and Arkona Sea (ICES SD 24, large panel) with depth layers.

Tabelle 1: Anzahl analysierter Dorsche nach Jahren, Monaten und Geschlecht, 2009 – 2012
(nd – keine Daten vorhanden; F – Weibchen; M – Männchen)

Table 1: Number of cod by year, month and sex analysed between 2009 and 2012.

(nd – no data; F – females; M – males)

Jahr Monat	2009			2010			2011			2012			Summe		
	Gesamt	F	M	Gesamt	F	M	Gesamt	F	M	Gesamt	F	M	Gesamt	F	M
1	71	26	45	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	71	26	45
2	1052	545	507	570	315	255	743	423	320	773	457	316	3138	1740	1398
3	928	441	487	612	300	312	382	197	185	533	283	250	2455	1221	1234
4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	277	154	123	nd	nd	nd	277	154	123
5	466	238	228	777	442	335	496	249	247	nd	nd	nd	1739	929	810
6	374	178	196	939	494	445	529	253	276	432	213	219	2274	1138	1136
7	1019	513	506	419	185	234	142	68	74	364	141	223	1944	907	1037
8	341	228	113	nd	nd	nd	nd	nd	nd	590	362	228	931	590	341
9	279	155	124	570	336	234	475	245	230	nd	nd	nd	1324	736	588
10	404	210	194	662	416	246	518	298	220	nd	nd	nd	1584	924	660
11	475	227	248	442	255	187	920	484	436	nd	nd	nd	1837	966	871
12	469	242	227	267	162	105	563	332	231	nd	nd	nd	1299	736	563
Summe	5878	3003	2875	5258	2905	2353	5045	2703	2342	2692	1456	1236	18873	10067	8806

Die Beschreibung der Reifeentwicklung basiert auf der Gesamtheit von Datensätzen, die monatlich gesammelt wurden (Tabelle 1). Dabei standen für den Monat April lediglich Daten aus dem Jahr 2011 zur Verfügung, da innerhalb des Untersuchungszeitraumes, jeweils in diesem Monat, in der Arkonasee, ein generelles Fangverbot der kommerziellen Fischerei auf Dorsch besteht und Forschungsreisen im April nicht jährlich stattgefunden haben. Für die Monate Januar und August war ebenfalls nur je ein Datensatz aus dem Jahr 2009 verfügbar. Eine sichere Abschätzung der Reifeentwicklung für die Monate Januar, April und August ist somit nicht möglich.

Für die graphische Darstellung der Ergebnisse sind die vorhandenen Daten der jeweiligen Monate für den gesamten Zeitraum der Untersuchungen (2009 – 2012) zusammengefasst worden.

Den Auswertungen liegen damit die Datensätze von 18 873 Dorschen ab einer Totallänge (L_t) von 21 cm für Männchen und 23 cm für Weibchen zugrunde. Diese Längenauswahl wurde getroffen, um juvenile Tiere von den potentiell laichreifen Individuen zu trennen. Die Grenzwerte basieren auf den Untersuchungen von Bleil und Oeberst (2002).

Die Analyse der Dorsche erfolgte entsprechend dem, im „Manual for the Baltic International Trawl Surveys“ festgelegten, fischereibiologischen Standard (BITS 2007). Die Bestimmung der Reifegrade wurde auf der Basis der 10-stufigen Skala (Tomkiewicz et al. 2003) vorgenommen, wobei für die vorliegenden Auswertungen die Reifegrade 9 und 10, da sie lediglich verschiedene Degenerationsstadien der Gonaden erfassen, vernachlässigt wurden.

Für die Auswertungen sind die Reifegrade 1 und 2 (juvenil und Ruhephase) zu Reife 1+2, die Reifegrade 3 und 4 (reifend) zu Reife 3+4 zusammengefasst worden. Der Reifegrad 5 (Reife 5) erfasst Tiere, die sich kurz vor dem Laichen befinden. Die Reifegrade 6 und 7 (Reife 6+7) beschreiben laichende Dorsche, also Tiere mit fließenden Geschlechtsprodukten. Reifegrad 8 (Reife 8) erfasst Dorsche, die bereits abgelaiht haben.

Für den Vergleich der aktuellen Reifeentwicklung (2009 – 2012) mit den Prozessen aus den 90-er Jahren (1992 -1999) wurde die, in Bleil et. al. 2009 beschriebene, Datenbasis genutzt.

Zur Interpretation des zeitlichen Verlaufes der Laichaktivitäten sind Daten zur Wassertemperatur in der Wasserschicht ab einer Tiefe von 40 m (Bleil und Oeberst 2002) bis unmittelbar über dem Boden genutzt worden.

Diese Daten entstammen den kontinuierlichen, stündlichen Messungen der Dauermessstation „Halbtauchboje – Arkonabecken“ (Position: 54°53'N; 13° 52' E), die über einer Wassertiefe von insgesamt 45 m, in 40 m und 43 m Tiefe Messungen vornimmt. Diese Daten hat das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie zur Verfügung gestellt. Im Untersuchungszeitraum war die Dauermessstation von März 2011 bis Mai 2012 außer Betrieb.

Weiterhin in die Analysen einbezogen worden sind 1284 schiffsgestützte, Messprofile verschiedener, deutscher Forschungsschiffe des Institutes für Ostseeforschung Warnemünde, des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie, sowie die Daten, die auf den Forschungsreisen mit FFS Solea und FFS/FFK Clupea

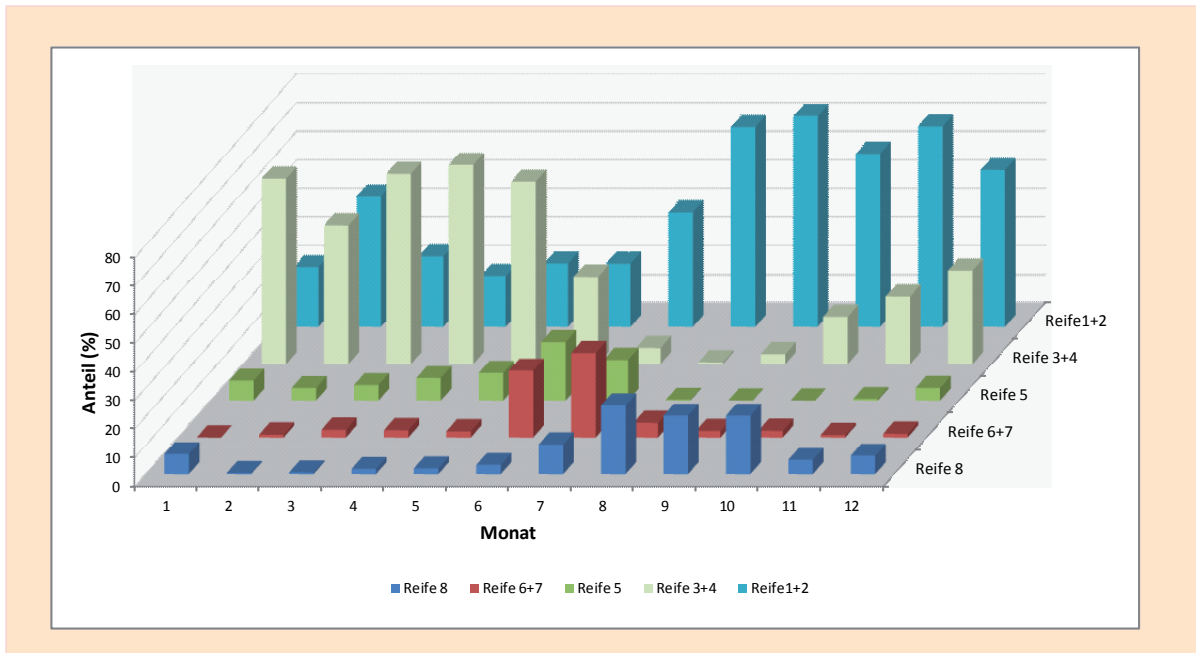


Abbildung 2: Jahreszeitlicher Verlauf der jährlichen Reifeentwicklung von Dorschen in der Arkonasee im Zeitraum 2009 - 2012

Figure 2: Seasonal development of maturity stages of cod in the Arkona Sea between 2009 and 2012.

im Untersuchungsgebiet zeitgleich zu den Fischereihols gewonnen wurden. Diese punktuellen Messprofile sind über das gesamte Untersuchungsgebiet und den gesamten Zeitraum verteilt, erfassen die Wassertemperatur, den Salzgehalt und den Sauerstoffgehalt, sind jedoch nicht homogen in Zeit und Raum. Für die Monate September und Dezember gibt es keine Daten und für Januar, April und August nur sehr Wenige.

Ergebnisse

1. Beschreibung des aktuellen zeitlichen Verlaufes der jährlichen Reifeprozesse und der Laichaktivitäten

1.1. Reifeprozess

Der Verlauf der jährlichen Reifeentwicklung der Geschlechtsprodukte von Dorschen in der Arkonasee, im Zeitraum von 2009 - 2012 ist in Abbildung 2 dargestellt. Es zeigt sich, dass im Untersuchungsgebiet, im Jahresverlauf immer ein hoher Anteil (18 – 74 %) an Tieren vorhanden war, der nicht am Laichen teilnahm (Reife 1+2). Besonders hoch war dieser Anteil in den Monaten August bis November (70 – 74 %), am niedrigsten zwischen April und Juli (18 – 40 %). Auch im Monat Januar war dieser Anteil gering (21 %). Für diesen Monat stand jedoch lediglich eine Probe aus dem Jahr 2009 (N=71) zur Verfügung.

Weiterhin fällt der hohe Anteil (64 – 70 %) an Dorschen mit sich entwickelnden Gonaden (Reife 3+4) insbesondere in den Monaten März bis Mai auf. Er sinkt ab auf

ein Minimum im August und September (0,6 - 3 %), um ab Oktober bereits wieder anzusteigen.

Der Anteil an Tieren im Reifegrad 5, die sich unmittelbar vor dem Beginn des Ablachens befinden, bewegt sich von Februar bis Mai auf etwa vergleichbarem Niveau (4 – 10 %), steigt im Juni auf 20 %, nimmt im Juli bereits wieder ab, um sich zwischen August und November auf einem Niveau von < 0,6 % zu stabilisieren (Abbildung 2). Während im Dezember bereits wieder 10 % Männchen im Reifegrad 5 beobachtet wurden, waren erst im Februar auch wieder weibliche Tiere mit diesem Reifegrad zu verzeichnen (Tabelle 2).

Der eigentliche Laichprozess setzt in der Arkonasee im Juni ein und erstreckt sich bis hinein in den Juli. In diesen Monaten steigt der Anteil an laichenden Dorschen (Reife 6+7) deutlich auf 23 % sowie 29 % (Abbildung 2). Werden ausschließlich die weiblichen Tiere betrachtet, dann ist der Anteil Laicher im Juli mit 20 % deutlich höher als in allen anderen Monaten. Der Anteil männlicher Laicher liegt bei 43 % und 38 % in den Monaten Juni und Juli. Bereits im August sind nur noch 4 % der Weibchen und 8 % der Männchen in Laichkondition. In allen anderen Monaten liegt dieser Anteil bei < 3%, wobei es sich vorwiegend um männliche Tiere handelt (Tabelle 2).

Der Anteil abgelaichter Dorsche (Reife 8) steigt ab Juli auf 10 %, erreicht seinen Höhepunkt im August (24 %), nimmt ab November deutlich ab und erreicht sein Minimum im Februar und März (< 0,6 %) (Abbildung 2). Betrachtet man die diesbezüglichen geschlechtsspezifischen

Tabelle 2: Durchschnittliche Reifeverteilung von Dorschen nach Geschlecht (%), 2009 – 2012
 Table 2: Mean distribution of maturity of cod after sex (%), 2009 - 2012

Reife Monat	Weibchen					Männchen				
	1+2	3+4	5	6+7	8	1+2	3+4	5	6+7	8
1	50	34,6	0,0	0,0	15,4	4,4	82,2	11,1	0,0	2,2
2	50	47,6	1,8	0,5	0,1	40,5	49,4	7,7	1,6	0,7
3	27,4	69,3	2,3	0,2	0,8	22,2	63,8	8,6	5,1	0,3
4	20,1	76,0	0,6	2,6	0,6	15,4	61,8	17,1	2,4	3,3
5	24,7	69,3	3,8	0,5	1,7	19,6	57,4	16,7	4,0	2,3
6	23,6	51,1	18,5	4,3	2,5	20,9	10,1	22,4	42,6	4,0
7	45,4	7,2	17,6	19,6	10,1	35,2	4,2	11,5	38,4	10,7
8	71,5	0,8	0,3	3,6	23,7	67,2	0,3	0,3	7,6	24,6
9	80,6	2,7	0,1	2,7	13,9	65,3	4,4	0,0	1,7	28,6
10	69,4	14,7	0,0	1,6	14,3	48,6	18,9	0,2	3,3	28,9
11	76,3	19,0	0,3	0,0	4,3	63,3	28,2	0,9	1,8	5,7
12	62,4	31,0	0,0	0,1	6,5	45,3	35,2	10,3	2,8	6,4

Unterschiede, dann zeigt sich, dass im September und Oktober der höchste Anteil (29 %) männlicher Dorsche und im August der höchste Anteil (24 %) weiblicher Dorsche zu verzeichnen war.

1.2. Laichaktivitäten

Wenn der Zeitraum, in dem sich mehr als 10 % der Dorsche beiderlei Geschlechts in Laichkondition (Reifegrad 6+7) befindet, als Hauptlaichperiode bezeichnet wird, dann liegt diese in der Arkonasee in den Monaten Juni und Juli (Abbildung 2).

In Abbildung 3 wurde dieser Zeitraum, sowie die sich unmittelbar anschließenden Monate, nach Dekaden aufgeteilt, um eine feinskalige Analyse der Laichaktivitäten zu ermöglichen.

Für die 3. Dekade im Juni und die 2. Dekade im August liegen keine Daten vor.

Es zeigt sich, dass der Anteil laichender Männchen (Reife 6+7) insgesamt höher ist, als der, laichender Weibchen.

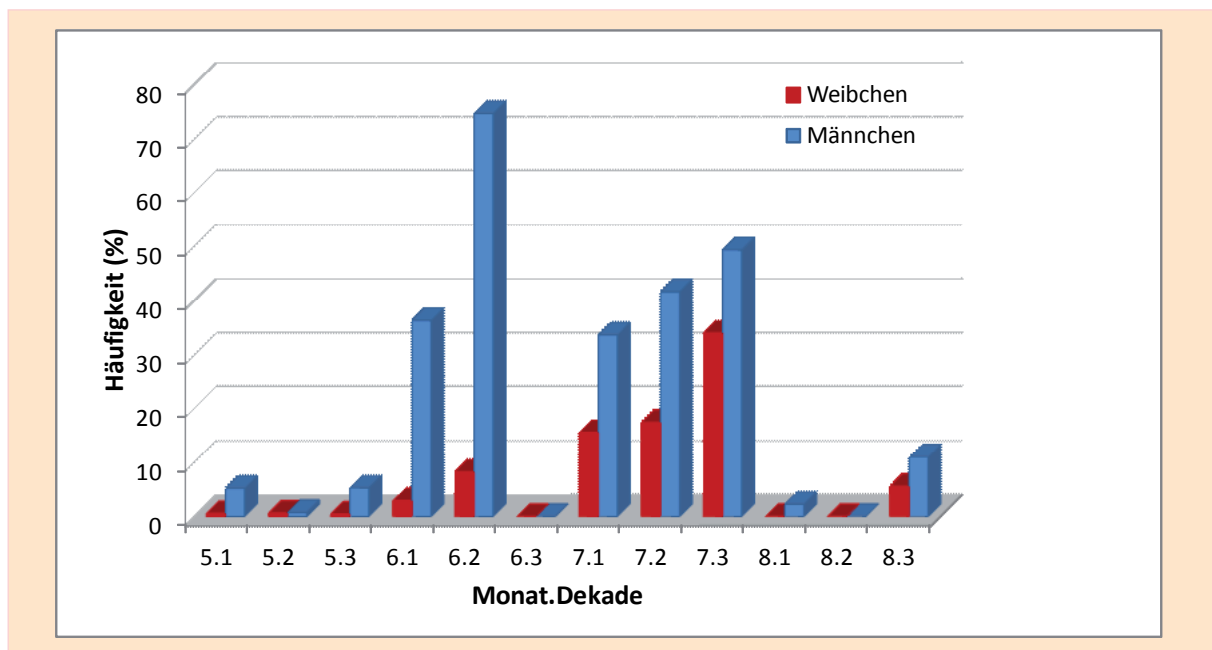


Abbildung 3: Laichaktivitäten (Reife 6+7) (%) nach Geschlecht und Dekaden im Zeitraum 2009 – 2012 (für die Dekaden 6.3 und 8.2 sind keine Daten vorhanden)

Figure 3: Mean proportion of spawning cod (stage of maturity 6+7) in percent by sex and decade between 2009 and 2012 (data were not available in decades 6.3 and 8.2). 5.1 denotes the first decade in May

Der höchste Anteil laichender Weibchen (Reife 6+7) wurde mit 34 % in 3. Dekade im Juli beobachtet. Hierbei handelt es sich jedoch um lediglich eine Probe aus dem Jahr 2009, die aus dem Seegebiet südlich Bornholms stammt, topographisch eher dem unmittelbar angrenzenden Bornholmbecken zu zuordnen, als der Arkonasee, da das Flachwassergebiet „Rönnebank“ das eigentliche Arkonabecken vom Bornholmbecken trennt. Wenn die laichenden Dorsche dieser Probe nicht in die Analysen mit einbezogen werden, dann finden die Hauptlaichaktivitäten der weiblichen Tiere in der 1. und 2. Dekade Juli statt. Es sind 16 % und 17 % weibliche Laicher beobachtet wurden (Abbildung 3).

Die Hauptlaichaktivitäten der Männchen beginnen ab der 1. Dekade Juni. Es laichen 36 % der Individuen. Der höchste Anteil männlicher Laicher ist in der 2. Dekade Juni mit 75 % beobachtet worden. Diese Laichaktivitäten halten bis zur 3. Dekade Juli an. Hier trifft jedoch gleichermaßen die Feststellung bezüglich Ort der Probengewinnung wie für die weiblichen Tiere zu. In der 1. Dekade August sind die Hauptlaichaktivitäten beendet. Nur noch 2 % der Männchen befinden sich in Laichkondition (Abbildung 3).

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Hauptlaichperiode für Dorsch in der Arkonasee den Zeitraum zwischen der 2. Dekade Juni und der 2. Dekade Juli umfasst, wobei die Hauptlaichperiode der männlichen Dorsche bereits in der 1. Dekade Juni beginnt (Abbildung 3).

2. Vergleich des zeitlichen Verlaufes der aktuellen jährlichen Reifeentwicklung sowie der Laichaktivitäten mit denen aus den 90-er Jahren (1992-1999)

Der Vergleich der aktuellen jährlichen Reifeentwicklung von Dorschen in der Arkonasee mit der in den 90-er Jahren (1992 – 1999) zeigt ähnliche, aber nicht gleiche jahreszeitliche Abläufe.

In den 90-er Jahren liegt die Hauptlaichperiode in den Monaten Mai bis Juli (Tabelle 3), bereits im Mai werden 10,5 % laichende Dorsche (Reife 6+7) beobachtet. Sie beginnt somit eher als im aktuellen Zeitraum, in dem dieser Anteil im Mai lediglich bei 2 % lag. Auch im März und April lag der Anteil von Laichern in den 90-er Jahren über dem im aktuellen Zeitraum (Abbildung 4). Die Laichaktivitäten waren in den 90-er Jahren im August komplett beendet, während im aktuellen Zeitraum das Laichen noch immer andauert, wenn auch nur mit geringer Intensität.

Der Anteil von abgelaichten Dorschen (Reife 8) in den 90-er Jahren lag deutlich unter dem im aktuellen Zeitraum (Abbildung 2, Tabelle 3).

Die Daten zeigen darüber hinaus, dass aktuell ein insgesamt höherer Anteil von Dorschen am Laichen teilnimmt als in den 90-er Jahren. In fast allen Monaten liegen in den 90-er Jahren die Anteile an Tieren mit Gonaden im Ruhestadium (Reifegrad 1+2) deutlich über denen im Zeitraum 2009 - 2012. Setzt man für

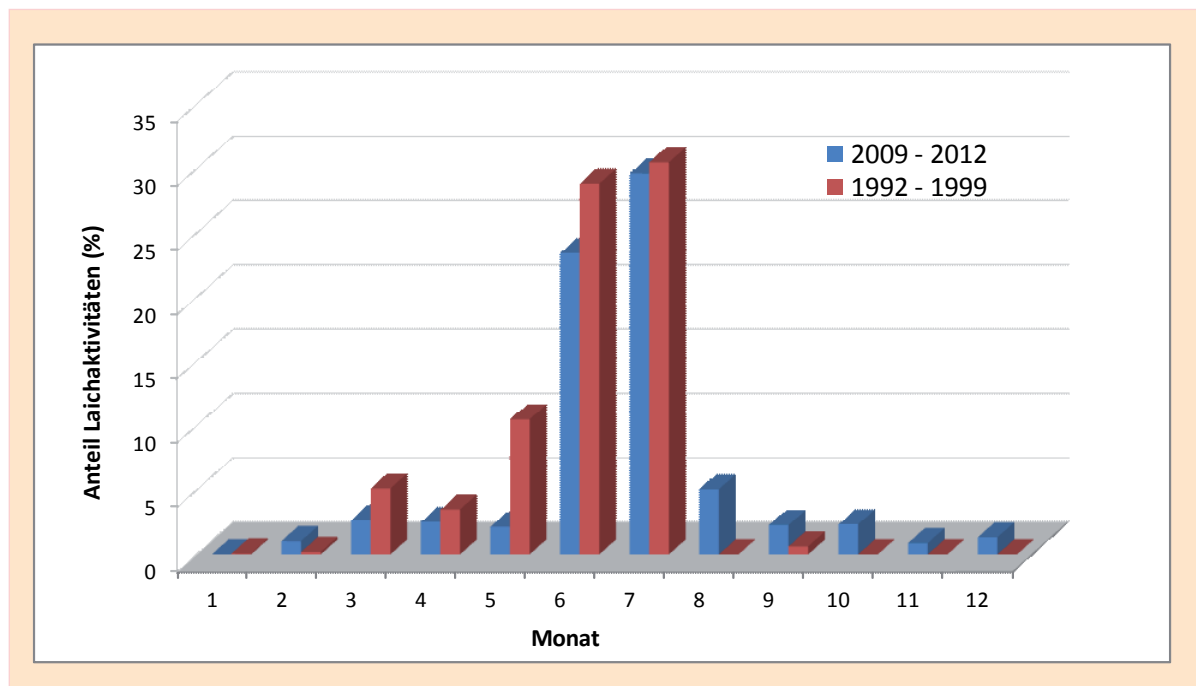


Abbildung 4: Jahreszeitlichen Verlaufes der Laichaktivitäten (Reife 6+7) von Dorschen in der Arkonasee für den Zeitraum 2009 – 2012 sowie 1992 – 1999

Figure 4: Mean seasonal development of the proportion of spawners of cod in the Arkona Sea for the periods 1992 to 1999 and 2009 to 2012.

Tabelle 3: Durchschnittliche Reifeverteilung von Dorschen in der Arkonasee nach Monaten (%) im Zeitraum 1992 – 1999
 Table 3: Mean maturity distribution of cod in the Arkona Sea after months (%) in the period 1992 – in 1999

Reife Monat	1+2	3+4	5	6+7	8
1	0	0,062	0,062	27,90	72,00
2	0	0,18	1,80	38,47	59,53
3	0,72	5,11	4,53	49,50	40,13
4	3,20	3,50	11,25	38,00	44,04
5	7,17	10,49	12,61	33,35	36,38
6	4,47	28,84	15,96	17,25	33,47
7	3,17	30,48	6,90	34,48	24,96
8	0	0	0	0	100
9	5,06	0,61	0	0,857	93,47
10	0,22	0	0	5,82	93,95
11	0,18	0	0,03	11,66	88,28
12	0	0	0	26,79	73,21

beide Zeitperioden den Anteil von Tieren die nicht am Laichen teilnehmen (Reife 1+2) zu dem Anteil der sich entwickelnde Gonaden (Reife 3-8) aufweist ins Verhältnis und bezeichnet die Tiere mit Reife 3-8 als „aktive Laicher“, dann wird deutlich, dass dieser Anteil im Zeitraum 2009 – 2012 mit insgesamt 44,4 % höher liegt als in den 90-er Jahren mit 38,7 %.

3. Hydrographie

Die Auswertungen der Daten beider Messsysteme, der stationären „Halbtauchboje Arkonabecken“ sowie der schiffsgestützten Messreihen zur Wassertemperatur im Untersuchungszeitraum sind hoch korreliert (Abbildung 5) und zeigen einen sehr ähnlichen charakteristischen jahreszeitlichen Verlauf (Abbildung 6), wobei sich die monatlichen Werte der einzelnen Jahre trotzdem deutlich unterscheiden (Abbildung 5; 6).

Im Vergleich der Jahre lag die maximale Differenz der durchschnittlichen monatlichen Wassertemperatur bei 6,5°C, beobachtet im Juli. Es gab „warme“ (2009) und „kalte“ Jahre (2010) (Abbildung 7a;b). Die monatlichen Daten der Jahre 2011 und 2012 lagen innerhalb dieser Minima und Maxima. In allen Jahren wurden die niedrigsten Temperaturen jeweils in den Monaten Februar und März beobachtet. Von April bis September stieg die Wassertemperatur kontinuierlich an, um ab Oktober wieder abzunehmen.

Die Wassertemperatur war zeitweilig auch regional im potentiellen Laichgebiet, der Wasserschicht von 40 – 50 m, zeitgleich sehr unterschiedlich. Punktuelle Differenzen zwischen dem westlichen und dem östlichen Teil waren in allen Jahren zu beobachten (Bsp. 26. Juli 2012 – östlicher Teil - 4,2 °C, westlicher Teil - 14,8 °C). Die Differenzen deuten darauf hin, dass

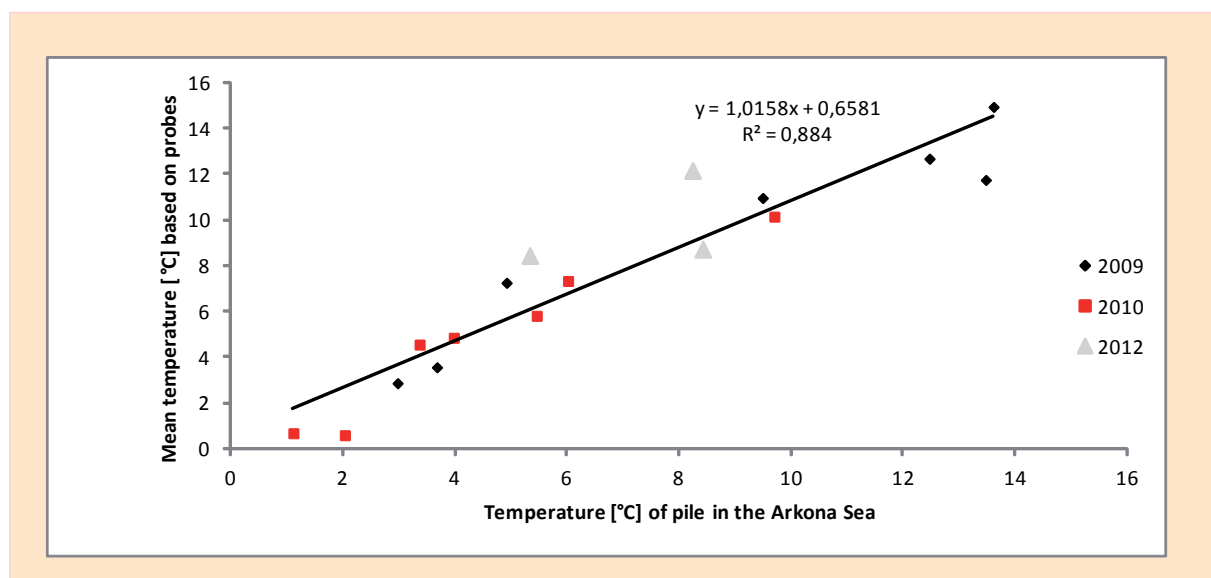


Abbildung 5: Vergleich der Messsysteme „Halbtauchboje Arkonabecken“ und schiffsgestützte Messungen
 Figure 5: Comparison of the measuring systems „pile Arkona Basin“ and probes on research vessels

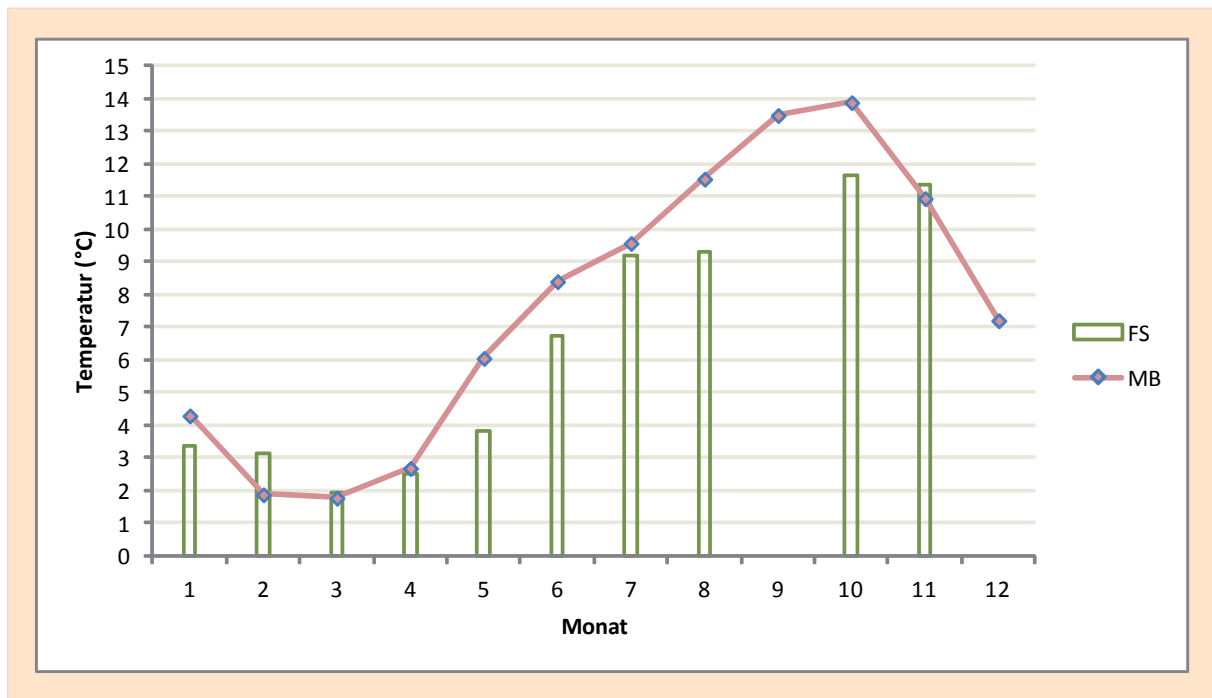


Abbildung 6: Gegenüberstellung des jahreszeitlichen Verlaufes der durchschnittlichen monatlichen Wassertemperatur (°C) für eine Wassertiefe von 40 - 50 m im Zeitraum 2009 – 2012 für die Messsysteme MB-„Halbtauchboje Arkonabecken“ und FS-schiffsgestützte Messungen

Figure 6: Comparison of the course of the seasonal variations of temperature (monthly means) of the measurements on research vessels (FS) and of the „pill Arkona Basin“ (MB) in the Arkona Sea (depths 40 - 50 m) for 2009 - 2012

für eine Abschätzung der hydrographischen Situation im Untersuchungsgebiet, die Daten eines stationären Messsystems allein nicht ausreichend sind.

In den Auswertungen zum zeitlichen Verlauf der Laichaktivitäten der Dorsche werden die Monate Juni und Juli als Hauptlaichperiode definiert. In diesen Monaten können die Wassertemperaturen Werte erreichen (Abbildung 7a;b), die Befruchtung und normale embryonale Entwicklung negativ beeinflussen. Kritische Grenzwerte der Temperatur von 9,6 °C (van der Meeren und Ivannikov, 2006) bzw. 10 °C (Westernhagen, 1970) werden im Durchschnitt Mitte Juli überschritten.

Werden die verschiedenen Jahre einzeln betrachtet, dann lagen die Werte für den Monat Juni in allen Jahren im Optimum. In den Jahren 2010 und 2012 bewegten sich die Wassertemperaturen auch im gesamten Monat Juli in einem, für Befruchtung und Entwicklung der Eier optimalen Bereich, während in 2009 ab 7. Juli und 2011 ab 8. Juli der kritische Wert von 9,6 °C überschritten wurde (Abbildung 7a;b).

Diskussion

Nach Poulsen (1931), Birjukov, (1969), Rose (1994) und MacKenzie (1996) können Dorsche, die einem

Laicherbestand angehören, in verschiedenen Jahren, in Abhängigkeit von den hydrographischen Bedingungen, unterschiedliche Laichgebiete zur Reproduktion aufsuchen. Angestammte Laichareale in der östlichen Ostsee werden gezielt gemieden wenn Wassertemperatur, Salzgehalt und/oder Sauerstoffgehalt kritische Werte erreichen (MacKenzie 1996). Von Poulsen (1931) wurde beobachtet, dass im Kattegat (ICES SD 21) durch Laicherguppen aus dem Skagerrak (ICES SD 20) und in der Beltsee (ICES SD 22) durch Laicherguppen aus dem Kattegat punktuell Gebiete zum Laichen genutzt wurden, die für diese Tiere keine endemischen Laichgebiete darstellten; in denen sich jedoch kurzzeitig die hydrographischen Bedingungen durch Einstromsituationen so verbessert hatten, dass eine erfolgreiche Reproduktion möglich war.

In der Literatur, in der Datenmaterial bis zum Ende der 80-er Jahre analysiert worden ist, wird die Arkonasee als ein Mischgebiet beschrieben in dem Dorsche aus beiden, die Ostsee besiedelnden Beständen, in wechselnder Konzentration zwar vorkommen, jedoch nur vereinzelt und sporadisch in den Monaten März und April laichen (Kändler, 1944, Berner 1960, 1985, Birjukov (1969), Berner und Vaske 1985, Otterlind 1985, Berner und Müller 1989, 1990, Müller 1994,) Bagge et al. (1994).

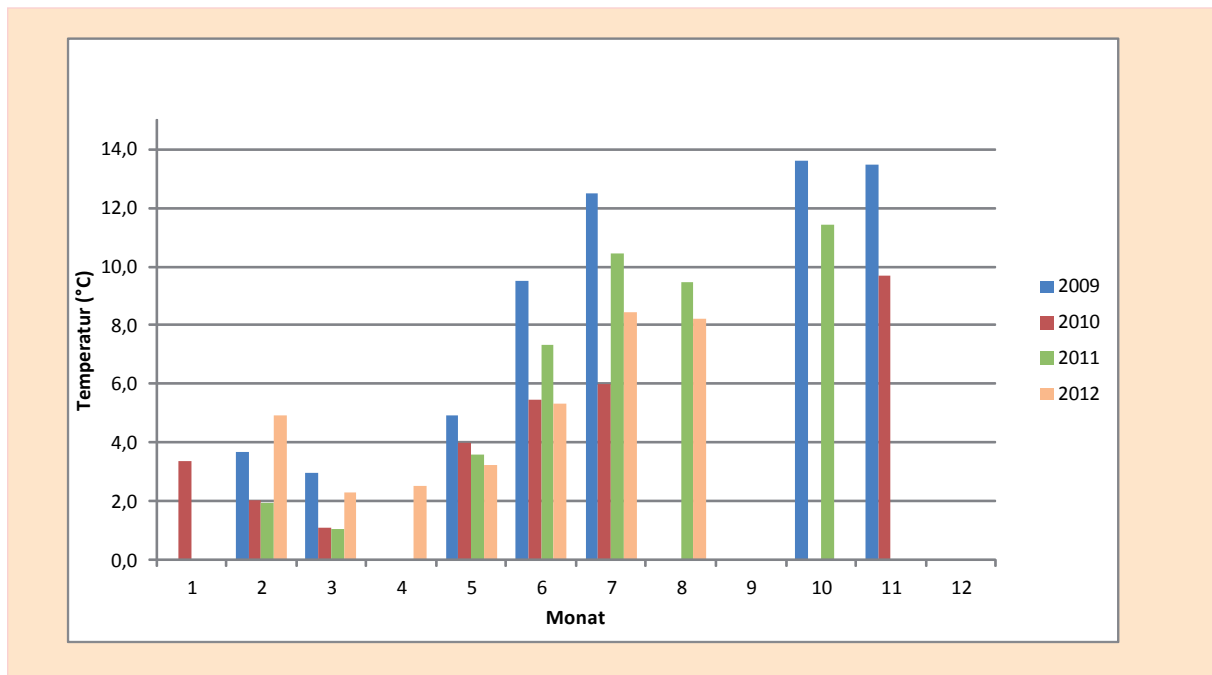


Abbildung 7a: Schiffsgestützte Daten (FS) zur monatlichen durchschnittlichen Wassertemperatur (°C) in 40 - 50 m Tiefe in der Arkonasee für die Jahre 2009 – 2012

Figure 7a: Seasonal variation of temperature (monthly means) of the measurements on research vessels (FS) in the Arkona Sea (depths 40 - 50 m) for 2009 - 2012

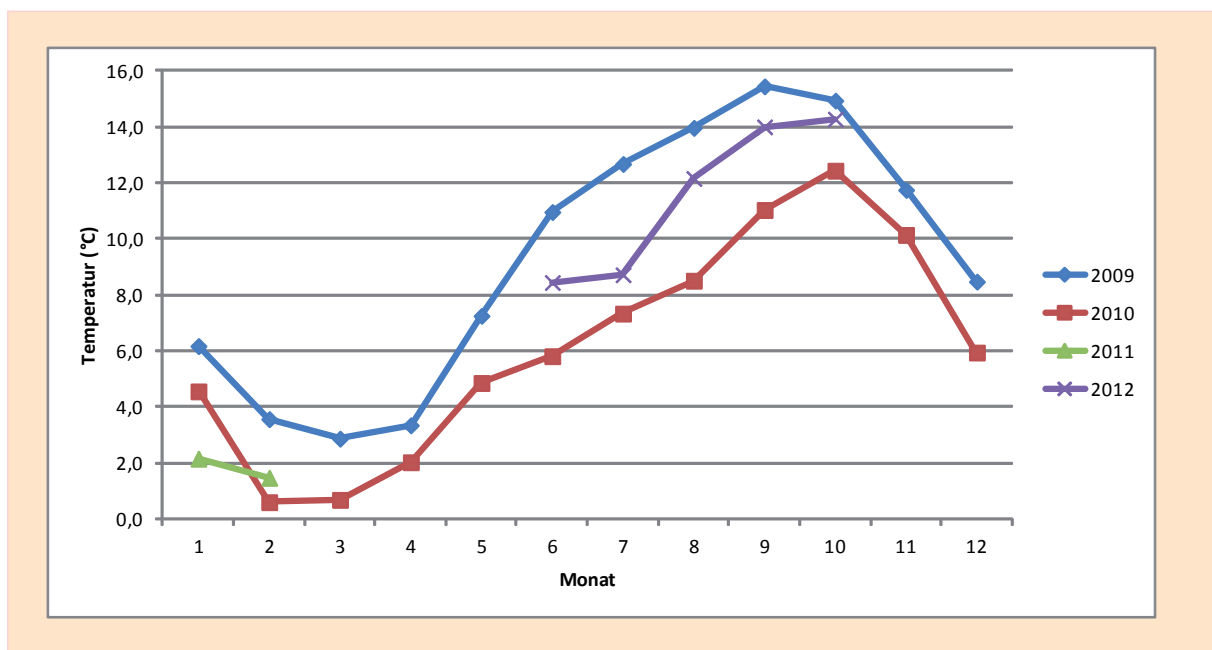


Abbildung 7b: Monatliche, durchschnittliche Wassertemperatur (°C) in 40 - 43 m Tiefe in der Arkonasee an der stationären „Halbtauchboje Arkonabecken“ (MB) für die Jahre 2009 – 2012

Figure 7b: Seasonal variation of temperature (monthly means) of the „pill Arkona Basin“ (MB) in depths of 40 - 43 m for 2009 – 2012

In diesem Zusammenhang durchgeführte Recherchen zur Reifeverteilung von Dorschen in der Arkonasee für die Jahre 1977 – 1991 ergaben, dass jeweils in den Monaten März bis September, dem Zeitraum, der potentiell für die Reproduktion von Dorschen infrage kommt, keine Daten gesammelt worden sind.

Erst seit 1992 gibt es, über den gesamten Jahreszyklus verteilt, Angaben zur Reifeverteilung von Dorschen (Bleil et al. 2009), die zeigen, dass die Arkonasee von 1992 - 2005 regelmäßig jährlich von Dorschen zum Laichen aufgesucht wurde. Im vorliegenden Manuskript konnte dies auch für den Zeitraum von 2009 – 2012

nachgewiesen werden. In beiden Zeiträumen lagen die Hauptlaichperioden jeweils in den Monaten Juni und Juli, zwischen 1992 – 2005 begannen sie bereits im Mai.

Die Annahme liegt nahe, dass es sich hierbei um ein zeitweiliges, allerdings über einen langen Zeitraum anhaltendes, territoriales Ausdehnen oder Verschieben des Laichens des östlichen Bestandes handelt, verursacht durch sich verschlechternde hydrographische Bedingungen in den Laichgebieten der östlichen Ostsee. Diese, sich für eine erfolgreiche Reproduktion, verschlechternden Bedingungen führten bereits zum Ausfall traditioneller Laichgebiete wie der Gotlandsee und dem Gdansk-Tief (Wieland et al. 2000, ACFM 2004, Karasiova 1999, 2006, ICES 2012). Weiterhin beschreiben Dean et al (2012), dass es nach Öffnung für die kommerzielle Fischerei eines für jegliche Fischerei gesperrten Gebietes (MPA) im Golf von Maine, das als traditionelles Laichgebiet für Kabeljau bekannt ist, zu massiven Störungen bis hin zur Auflösung der Laichkonzentrationen kam. In der Arkonasee finden während der Laichzeit traditionell nur geringe fischereiliche Aktivitäten statt (Jahresfangstatistik BLE). Massive Störungen der Laichkonzentrationen und damit der Laichaktivitäten können ausgeschlossen werden. Ein weiterer Hinweis darauf, dass die Bedingungen für das Laichen von Dorschen gegenwärtig in der Arkonasee gut sind.

Andererseits könnte die Arkonasee aber auch bereits in weiter zurück liegenden Zeiträumen ein ständig von Dorschen für die Reproduktion genutztes Gebiet sein, deren sommerliche Laichaktivitäten lediglich nie analysiert wurden. Forschungsreisen haben in den Sommermonaten, ebenso wie die Beprobung der kommerziellen Fischerei nicht stattgefunden. Die Hauptfangmonate sind Oktober, November und Dezember (Jahresfangstatistik BLE).

Nach Myers et al. 1993, MacKenzie 1996, Köster et al. 2005 und Karasiova 2006 sind die Hauptlaichperioden für Kabeljau im Nordwest Atlantik ebenso wie für Dorsch in der östlichen Ostsee hoch variabel. Die Autoren diskutieren einen Zusammenhang der zeitlichen Abfolge der Laichaktivitäten mit hydrographischen Parametern.

Die beobachteten Laichaktivitäten in der Arkonasee waren demgegenüber zeitlich relativ stabil. In den 90-er Jahren wurden erste Laichaktivitäten im März beobachtet. Sie nahmen im April ab um ab Mai kontinuierlich zuzunehmen und im Juli einem Höhepunkt zu erreichen. Im August war das Laichen beendet (Abbildung 4).

Im Zeitraum 2009 – 2012 zeigten sich ähnliche Abläufe (Abbildung 2, Tabelle 3). Der Höhepunkt des Laichens

wurde, wie in den 90-er Jahren, in den Monaten Juni und Juli beobachtet. Zwischen 1992 und 1999 begann die Hauptlaichperiode jedoch bereits im Mai. In diesem Monat fand zwischen 2009 und 2012 lediglich vereinzeltes Laichen statt. Die Laichaktivitäten im März haben ebenfalls an Bedeutung verloren.

Die Arkonasee wird im Westen durch das Flachwassergebiet der Darsser Schwelle von der Beltsee (ICES SD 22) abgegrenzt. In der Beltsee, dem Laichgebiet des westlichen Dorschbestandes, finden die Hauptlaichaktivitäten zeitlich seit Langem konstant, im März und April statt (Berner 1960, Thurow 1970, Bleil und Oeberst 2002, Oeberst und Bleil 2003, Bleil et al. 2009).

Östlich grenzt an die Arkonasee die Bornholmsee. Beide Gebiete sind im Norden über die tiefe Rinne des Bornholmsgatt miteinander verbunden und im Süden durch das Flachwassergebiet der Rönnebank voneinander getrennt. Das tiefe Becken der Bornholmsee ist eines der traditionellen Laichgebiete des östlichen Dorschbestandes (Bagge et al. 1994, Wieland et al. 2000, Köster et al. 2005). Die Hauptlaichzeit für den Dorschbestand der östlichen Ostsee wird von MacKenzie (1996) als hoch variabel beschrieben. In der Bornholmsee finden die Laichaktivitäten seit Beginn der 90-er Jahre im Sommer (Juni bis August) statt (Wieland et al. 2000, ACFM, 2004, Bleil et al., 2009), mit einer ausgeprägten Hauptlaichperiode im Juli/August (Wieland et al., 2000, ACFM 2004). Die Bornholmsee ist gegenwärtig das Hauptlaichgebiet des Dorschbestandes der östlichen Ostsee (ICES 2012). Damit liegt die Annahme nahe, dass die Laichaktivitäten in der Arkonasee ebenfalls überwiegend von Tieren des östlichen Bestandes getragen werden. Die Hauptlaichperiode beginnt in der Arkonasee, im Gegensatz zur Bornholmsee, bereits Anfang Juni und ist auf einen Zeitraum von 6 Wochen beschränkt. Bereits in der 3. Dekade Juli waren im Laichgebiet, dem Becken der Arkonasee, ab einer Wassertiefe von 40 m (Bleil und Oeberst 2002), keine laichenden weiblichen Dorsche mehr zu beobachten. Als eine Ursache für diese frühere und kürzere Hauptlaichperiode wird der Anstieg der Wassertemperatur im Laichareal des Untersuchungsgebietes angesehen. Im Vergleich zur Bornholmsee mit Wassertiefen bis 106 m und stabilen Schichtungen des Wasserkörpers (Matthäus, 2006) ist die Arkonasee mit maximalen Wassertiefen von 50 m sehr flach. Eine schnelle Erwärmung in den Sommermonaten, bis hin zu kritischen Wassertemperatur von ca. 10 °C (Westernhagen 1970, Nissling 2004, van Meeren und Ivannikov 2006) bereits ab Mitte Juli, war in einigen Jahren die Folge. Die Wassertemperatur kann nicht nur die erfolgreiche Befruchtung und die embryonale Entwicklung der Eier beeinflussen, sondern ebenfalls die Wanderrouten

adulter Dorsche (Rose 1994). Das wiederum könnte, nach MacKenzie (1996) eine Ursache sein, dass unterschiedliche Laichplätzen aufgesucht wurden.

Salzgehalt und Sauerstoffgehalt im Untersuchungsgebiet, in der Wasserschicht ab 40 m wurden ebenfalls in allen Messprofilen registriert. Wenn die Grenzwerte für den östlichen Dorschbestand (Wieland et al. 1994, Nissling und Westin 1997, Vallin et al. 1999, Nissling 2004) zugrunde gelegt werden, erreichten sie in der Hauptlaichperiode, im Untersuchungszeitraum, keine kritischen Werte.

Die Analysen deuten darauf hin, dass noch in den 90-er Jahren ein, im Vergleich mit dem aktuellen Zeitraum höherer Anteil von Laichern aus der Beltsee in der Arkonasee im März/April gelaicht hat. Dieser Anteil ist zurückgegangen, so dass die Arkonasee aktuell als Laichgebiet für den frühjahrslaichenden westlichen Dorschbestand keine Bedeutung hat.

Auffällig ist der aktuell deutlich gestiegene Anteil an abgelaichten Tieren (Reife 8), insbesondere jeweils in der 2. Jahreshälfte, der 1992 – 1999 nicht beobachtet wurde und auch in der Literatur nicht beschrieben wird (Kändler, 1944; Berner, 1960). Er kann als Indiz für eine verstärkte Zuwanderung von Tieren unmittelbar nach der Beendigung der Laichaktivitäten aus dem Bornholmbecken, in die Arkonasee gesehen werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Hauptlaichaktivitäten der Dorsche in der Arkonasee zwischen 2009 und 2012 von Anfang Juni bis Mitte Juli stattgefunden haben und damit in ihrem jahreszeitlichen Verlauf in einer Zeit stattfanden, in der auch in der angrenzenden Bornholmsee gelaicht wurde. Das Laichen ist durch ansteigende Wassertemperaturen jeweils im Juli begrenzt worden. Die noch in den 90-er Jahren beobachteten Laichaktivitäten im Frühjahr, haben an Bedeutung verloren. Im Spätsommer und Herbst war ein, im Vergleich zu den 90-er Jahren, höherer Anteil an abgelaichten Tieren in der Arkonasee zu beobachten, der als Indiz für eine Zuwanderung von abgelaichten Dorschen aus der Bornholmsee gewertet wird. Insgesamt hat im Untersuchungszeitraum der Anteil an Tieren mit sich entwickelnden Geschlechtsprodukten (aktive Laicher), im Vergleich zu den 90-er Jahren, zugenommen.

Danksagung

Der besondere Dank der Autoren gilt den Kollegen Dr. Andres Velasco, Ulrich Berth und Dr. Uwe Krumme, die zahlreiche auf Forschungsreisen und im Rahmen der Beprobung der kommerziellen Fischerei gesammelte Daten für die Analysen zur Verfügung gestellt haben. Weiterhin sei den technischen Mitarbeiterinnen und

Mitarbeitern des Institutes für Ostseefischerei und den Besatzungen der Forschungsschiffe „Solea“ und „Clupea“ gedankt für ihre jahrelange unermüdliche Mitarbeit bei der Datenerhebung.

Zitierte Literatur

Anon., 2012: Baltic demersal stocks, cod, flatfish. ICES CM 2012/ Extract of ACFM-Report: 1-252.

ACFM, 2004: Report of the Study Group on Closed Spawning Areas of Eastern Baltic Cod (SGCSA). ICES CM 2004/ACFM: 17 Ref: H, 1-92

Aro, E., 1989: A review of fish migration patterns in the Baltic. Rapp. P.-v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer. 190: 72-96.

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. Zeitschrift für Fischerei und Hilfswiss.9 : 481-602.

Berner, M., 1985: Die periodische Veränderung der Gonadenmasse und der Laichzyklus des „Ostsee-“ und „Beltseedorsches“ (*G. morhua callarias*/ *G. morhua morhua*) in verschiedenen Regionen der Ostsee. Fischerei-Forschung 23 (4), 49-57.

Berner, M.; Vaske, B. 1981. Sex ratio and sexual maturity of cod in the Baltic (Sub-divisions 22-25). ICES CM 1981 / J:16, 13 pp.

Berner, M.; Vaske, B., 1985: Morphometric and meristic characters of cod stocks in the Baltic Sea. ICES CM 1985/J 11, 12 pp.

Berner, M.; Müller, H. 1989: Discrimination between „Baltic cod“ (*Gadus morhua callarias* L.) and „Belt Sea cod“ (*Gadus morhua morhua* L.) by means of morphometric and meristic characters. ICES CM 1989/J 13 : 15 pp.

Berner, M., Müller, H., 1990: Zur Trennung von eigentlichem Ostseedorsch (*Gadus morhua callarias* L.) und „Beltseedorsch“ (*Gadus morhua morhua* L.) mittels Diskriminanzanalyse. Fisch.-Forsch. 28 (3): 46-49.

BITS, 2007: Manual for the Baltic International Trawl Surveys. ICES 2007: 1 - 23

Birjukov, N.P., 1969: Spawning communities of Baltic cod and the extent of their mixing. ICES CM. 1969/F 7 : 6 pp.

Bleil, M.; Oeberst, R., 1997: The timing of the reproduction of cod (*Gadus morhua morhua*) in the western Baltic and adjacent areas, ICES CM 1997/CC 02: 30 pp.

Bleil, M.; Oeberst, R., 2002: Spawning areas of the cod stock in the western Baltic Sea and minimum length at maturity. Archive of Fishery and Marine Research, Vol. 49(3), 243–258.

Bleil, M.; Oeberst, R., 2004: Comparison of spawning activities in the mixing area of both the Baltic cod stocks, Arkona Sea (ICES sub-division 24) and the adjacent areas in the recent years. ICES C.M. 2004/ L: 08, 22 pp.

Bleil, M.; Oeberst, R.; Urrutia, P., 2009: Seasonal maturity development of Baltic cod in different spawning areas: importance of the Arkona Sea for the summer spawning stock. J. Appl. Ichthyol. 25, 10 - 17

- Dean, M.,J., Hoffmann, W.,S., Armstrong, M.,P., 2012: Disruption of an Atlantic cod spawning aggregation resulting from the opening of a directed gill-net fishery. *North American Journal of Fisheries Management* 32, 124 - 134
- Karasiova, E. M., 1999: On the possible relation of the cod peak spawning timing with the environmental conditions in the Gdansk Deep on the Baltic Sea. *ICES C.M. 1999/ Y: 29 pp*
- Karasiova, E. M., 2006: Long – term variation in dates of mass spawning of cod *Gadus morhua callarias* (Gadidae) in the southeastern part of the Baltic Sea. *J. of Ichthyology*, 46(3), 345-355
- Kändler, R., 1944: Untersuchungen über den Ostseedorsch während der Forschungsfahrt mit dem R.F.D. „Poseidon“ in den Jahren 1925-1938. *Ber. DWK N.F. Bd.9 (2)*, 137-255.
- Köster, F. W.; Hinrichsen, H.-H.; Schnack, D.; John, M.- St.; MacKenzie, B.R.; Tomkiewicz J.; Möllman, C.; Kraus, G.; Pliksh, M.; Makarchouk, A.; Aro, E., 2003: Recruitment of Baltic cod and sprat stocks: identification of critical life stages and incorporation of environmental variability into stock-recruitment relationships. *Sci. Mar.*, 67 (1), 129-154.
- Köster, F. W.; Möllman, C.; Hinrichsen, H.- H.; Wieland, K. ; Tomkiewicz J.; Kraus, G. ; Voss, R. ; Makarchouk, A.; MacKenzie, B.R.; John, M.- St.; Schnack, D.; Rohlf, N. ; Linkowski, T. ; Beyer, J.E., 2005: Baltic cod recruitment – the impact of climate variability on key processes. *J. of Marine Science*, 62, 1408 - 1425
- MacKenzie, B.R.; John, M.- St.; Wieland, K., 1996: Eastern Baltic cod: perspectives from existing data on processes affecting growth and survival of eggs and larvae. *Marine Ecology Progress Series* 134, 265 - 281
- Matthäus, W., 2006: The history of investigation of salt water inflows into the Baltic Sea – from the early beginning to recent results. *Meereswissenschaftliche Berichte IOW No. 65*, 1 – 73
- Müller, H., 1994. Recruitment of Western Baltic Cod. *ICES CM. 1994/1*:14.
- Myers, R.A., Mertz, G., Bishop, C.A., 1993 : Cod spawning in relation to physical and biological cycles of the northern North-west Atlantic. *Fisheries Oceanography* 2 :3/4, 154 - 165
- Nissling, A; Westin, L., 1997: Salinity requirements for successful spawning of Baltic and Beltsea cod and the potential for cod stock interactions in the Baltic Sea. *Mar Ecol Prog Ser*, Vol. 152: 261-271.
- Nissling, A, 2004: Effects of temperature on egg and larval survival of cod (*Gadus morhua*) and sprat (*Sprattus sprattus*) in the Baltic Sea - implications for stock development. *Hydrobiologia* 514, 115 - 123
- Oeberst, R.; Bleil., 2003: Early estimates of recruitment of the Belt Sea cod stock. *Sci. Mar.*, 67 (Suppl. 1): 181-190. Symposium: Fish stock assessments and predictions: Integrating relevant knowledge. Bergen, Norway, 4 – 6 December 2000, 22 pp.
- Otterlind, G., 1985: Cod migration and transplantation experiments in the Baltic. *Journal of applied Ichthyology*, Bd. 1(1), 3-16.
- Poulsen, E. M., 1931: Biological Investigations upon the cod in Danish Waters.
- Meddelelser fra Kommissionen for Danmarks Fiskeri og Havundersøgelser IX, 1-32.
- Rose, G.A., 1993: Cod spawning on migration highway in the north-west Atlantic. *Nature*, Vol. 366, 458 – 461
- Thurow, F., 1970: Über die Fortpflanzung des Dorsches *Gadus morhua* (L.) in der Kieler Bucht. *Ber. Dt. Wiss. Komm. Meeresforsch.* 21, H. 1-4, S. 170-192.
- Tomkiewicz J.; Köster, F. W., 1999: Maturation process and spawning time of cod in the Bornholm Basin of the Baltic Sea: Preliminary results. *ICES CM 1999/ Y 25* : 11 pp.
- Tomkiewicz J., Tybjerg, L., Jespersen, A., 2003: Micro-and macroscopic characteristics to stage gonadal maturation of female Baltic cod. *Journal of fish biology*, 62: 253-275.
- Vallin, L., Nissling, A., Westin, L., 1999: Potential factors influencing reproductive success of Baltic cod, *Gadus morhua*: a review. *Ambio*, Vol. 28, No. 1, 92-99.
- van der Meeren, T, Ivannikov, V.P., 2008: Seasonal shift in spawning of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) by photoperiodic manipulation: egg quality in relation to temperature and intensive larval rearing. *Aquaculture Research* 37, 898 - 913
- Vitale, F., Börjesson, H., Svedang, M., Casini, M., 2008: The spatial distribution of cod (*Gadus morhua* l.) spawning grounds in the Kattegat, eastern North Sea. *Fisheries Research* 90, 36 - 40
- von Westernhagen, H., 1970: 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.
- Wieland K., Waller, U., Schnack, D., 1994: Development of Baltic cod eggs at different levels of temperature and oxygen content. *Dana* 10, 163 - 177
- Wieland, K.; Jarre-Teichmann, A.; Horbowa, K., 2000: Changes in the timing of spawning of Baltic cod: possible causes and implications for recruitment. *ICES Journal of Marine Science*, 57, 452-464.