

Die Zucht von Nagelrochen (*Raja clavata* Linnaeus, 1758) im Zoo am Meer Bremerhaven

Breeding of thornback rays (*Raja clavata* Linnaeus, 1758) at Zoo am Meer Bremerhaven, Germany

Finn Wendt¹⁾ & Heike Kück²⁾

¹⁾Alfred-Wegener-Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Sustainable Bioeconomy, Am Handelshafen 12, D-27570 Bremerhaven, Germany

²⁾Zoo am Meer Bremerhaven, H.-H.-Meier Str. 7, D-27568 Bremerhaven, Germany

Zusammenfassung

Nagelrochen *Raja clavata* lebten Anfang des 20. Jahrhundert noch in großer Zahl in der Nordsee. Aufgrund von übermäßiger Fischerei mit Grundschieppnetzen und Beifang sind sie in der Deutschen Nordsee vom Aussterben bedroht, sodass eine Wiederansiedlung Sinn ergeben könnte. Die Ergebnisse werden im Kontext einer möglichen Optimierung der Zucht in Zoo-Aquarien und damit Erhöhung der Anzahl an Jungtieren für eine mögliche Auswilderung diskutiert. Zu diesem Zweck wurden die Parameter zur Nachzucht im Zoo am Meer überprüft und die Entwicklung der Eier und Jungtiere analysiert. Im Zoo am Meer werden 2,2 Nagelrochen bei 13 °C im Winter und 16 °C im Sommer gehalten. Die Gesamtzahl an Eiern ist höher als in Vergleichsstudien, die Befruchtungsrate geringer im Vergleich zu Studien, wenn die Haltung von ganzjährig 10 °C oder von im Winter 4 °C und im Sommer 16 °C erfolgt. Viele Eier waren durch zahlreiche Mitbewohner im Schaubecken beschädigt, in einigen Fällen war der Dotter herausgelutscht. Daher sollten die abgelegten Eier umgehend aus dem Becken entfernt werden. Die Jungtiere schlüpfen bei Temperaturen zwischen 12 und 16 °C nach durchschnittlich 119 Tagen, haben aber mit 11,2 g im Vergleich zu einer Inkubation bei 10 °C und Schlupf nach 308 Tagen ein geringeres Gewicht. Eine Befruchtung kann nach drei Wochen durch das sichtbare Schlagen des Schwanzes festgestellt werden. Beim Handling der Eier unter Licht stellen die Jungtiere die Schwanzbewegung ein. An verschiedenen Merkmalen konnten die Entwicklungsstufen der Embryonen festgemacht werden. Die Gewichtszunahme der Jungtiere erfolgte nicht linear; nach 30 Tagen wuchsen sie deutlich schneller und erreichten nach sechs Monaten ein durchschnittliches Gewicht von 88 g.

*Korresp. Autorin:

E-Mail: kueck@zoo-am-meer-bremerhaven.de (Heike Kück)

Schlüsselwörter: *Raja clavata*, Zucht unter Zoo-Aquarienbedingungen, bedrohte Tierart, mögliche Wiederauswilderung

Einleitung

Der Nagelrochen *Raja clavata* ist in ganz Europa im Mittelmeer, der Nord- und Ostsee sowie im Nordatlantik und dem Schwarzen Meer verbreitet. Er lebt benthisch in Küstennähe und bevorzugt sandiges oder schlammiges Substrat in 10 bis 300 m Tiefe (Ebert & Stehmann, 2013; Ferragut-Perello et al., 2023). Es handelt sich beim Nagelrochen um eine ovipare Art, welche Eier legt, die von einer festen Hülle umgeben sind (Holden et al., 1971). Anfang des 20. Jahrhunderts gab es sie noch in großer Zahl; das Wattenmeer war die Kinderstube. Durch Bodenfischerei und Beifang gilt die Art in der IUCN Red List als potenziell gefährdet, in der Roten Liste für Deutschland als „Vom Aussterben bedroht“. Daher könnte eine Stärkung der Bestände durch Wiederansiedlung in der Deutschen Nordsee eine Option sein. In anderen Regionen, wie z.B. dem Mittelmeer, konnte eine Zunahme des Bestandes dokumentiert werden (Finucci et al., 2024).

Ziel der Untersuchungen im Zoo am Meer Bremerhaven war es, die aktuellen Zuchtbedingungen zu erfassen und auf ihren Erfolg hin zu überprüfen. Daneben sollten Möglichkeiten zur Erfassung der Embryonalentwicklung untersucht werden. Die Voraussetzung für einen Zuchterfolg ist eine möglichst große Anzahl an unbeschädigten und befruchteten Rocheneiern. Hierfür soll die Eiablage der Elterntiere im Schaubecken dokumentiert und die Befruchtungsrate der Eier sowie die Entwicklungsdauer der Embryonen bis zum Schlupfzeitpunkt bestimmt werden. Für ein besseres Verständnis der Embryonalentwicklung ist es von Interesse, den aktuellen Entwicklungsstand der Embryonen festzustellen. Ebenfalls sollen Merkmale definiert werden, welche auf einen abgestorbenen Embryo oder ein unbefruchtetes Ei hindeuten.

Eine Arbeit, welche ganzheitlich die Zucht von *R. clavata* in menschlicher Obhut untersucht, das Handling der Tiere sowie der Rocheneier betrachtet und zusätzlich Angaben zum zeitlichen Verlauf der Embryonalentwicklung macht, könnte einen Teil dazu beitragen, die Zuchterfolge zu verbessern und damit eine ausreichende Anzahl an Jungtieren zu generieren. Dafür sollen Lösungsansätze gefunden werden, die ohne größeren Aufwand innerhalb der vorhandenen Infrastruktur einer zoologischen Einrichtung durchgeführt werden könnten.

Material und Methoden

Versuchsablauf

Die komplette Versuchsdurchführung fand im Zoo am Meer Bremerhaven statt. Für die Versuchsdurchführung erfolgte eine fortlaufende Entnahme der Rocheneier aus dem Elterntierbecken, welche in Quarantäne in ein Aufzuchtbecken überführt wurden und dort bis zum Zeitpunkt des Schlupfes inkubiert wurden. Die Jungtiere wurden nach dem Schlupf in ein weiteres Aufzuchtbecken überführt. Die einzelnen Untersuchungen können in Beobachtungen und einer Datenerfassung eingeteilt werden. Der Untersuchungszeitraum war Januar – Dezember 2023.

Zuchtgruppe

Bei den vier adulten Tieren handelt es sich um zwei Weibchen und zwei Männchen. Es handelt sich um Wildfänge aus der Nordsee, die zuvor im Aquarium des „Nationalpark-Zentrum

Multimar Wattforum“ in Tönning gehältert wurden. Das exakte Alter dieser Tiere ist nicht bekannt. Ein weibliches Tier ist zum Zeitpunkt der Untersuchungen mindestens 10 Jahre alt und 74 cm lang; die übrigen Tiere sind mindestens fünf Jahre alt. Die beiden männlichen Tiere sind je 67/69 cm groß, das zweite Weibchen 73 cm.

Hälterungsbedingungen

Das Schaubecken, welches ebenfalls als Zuchtbecken diente, hat ein Gesamtvolumen von 100.000 Litern sowie eine Flächenausdehnung von 41 Quadratmetern. Die Wassertiefe beträgt 1,70 m bzw. 2,40 m (Abbildung 1).



Abb. 1: Schaubecken für die Hälterung der Elterntiere: Links der flache Bereich, rechts der tiefere Bereich. Foto: Archiv Zoo am Meer Bremerhaven

Fig. 1: Tank for keeping the parent animals: the shallow area on the left, the deeper area on the right. Photo: Archive Zoo am Meer Bremerhaven

Gefiltert wird das Wasser über Rieselfilter und Abschäumer mit Ozon sowie einer UV-C-Anlage. Es erfolgte eine Beleuchtung mittels HQI-Strahler (1.000 Watt/ 15.000 Kelvin) und Leuchtstoffröhren (Lumilux T5, 54 Watt). Die Temperierung erfolgt über eine Kühlanlage und liegt von November bis Februar zwischen 13 °C, März/Okttober bei 14 °C, zwischen April und September bei 15 °C – 16 °C.

Bei dem Becken handelt es sich um ein Gemeinschaftsbecken mit weiteren typischen Nordseebewohnern. Neben den Rochen leben auch Katzenhaie (*Scyliorhinus canicula*), Streifenbarben (*Mullus surmuletus*), Meeräschen (*Chelon labrosus*), Doraden (*Sparus aurata*), Graue und Rote Knurrhähne (*Eutrigla gurnadus*, *Chelidonichthys lucerna*), verschiedene Lippfischarten (*Ctenolabrus rupestris*, *Labrus bergylta*, *Labrus mixtus*), Europäische Hummer (*Homarus gammarus*), Taschenkrebse (*Cancer pagurus*) und verschiedene Seesternarten (*Marthasterias glacialis*, *Asterias rubens*) im Gemeinschaftsbecken. Die Fütterung erfolgte täglich mit Seelachs, Muscheln, Tintenfisch, Krill und Nordseegarnelen (tiefgekühlte Futtermittel). Das Becken bietet verschiedenartige Strukturen. Kunstfelsen formieren sich zu Halbinseln, Überhängen und Höhlen. Kunstalgen bieten Deckung und Schutz. Der Bodengrund ist von feinem Sand bedeckt. Auf dem Kunstfelsen sind lebende Miesmuscheln (*Mytilus edulis*) angesiedelt.

Die Aufzuchtbecken für die überführten Rocheneier und Jungtiere befinden sich in dem Quarantänebereich (Abb. 2), der über eine separate Kühlung und Filterung mit Abschäumer und Ozon, Rieselfilter sowie eine UV-C-Anlage verfügt.



Abb. 2: Aufzuchtbecken mit den für die Dauer der gesamten Inkubation aus dem Elterntierbecken überführten und fixierten Rocheneiern. Foto: Finn Wendt

Fig. 2: Rearing tank with the skate eggs transferred from the parent tank and fixed for the duration of the entire incubation. Photo: Finn Wendt

Handling der Rocheneier

Die Entnahme der Rocheneier aus dem Elterntierbecken erfolgte durch Taucher in regelmäßigen sieben- bis zehntägigen Intervallen. Es folgte eine direkte Überführung in das Aufzuchtbecken. Die Rocheneier wurden mit Hilfe von Kabelbindern und einer eingeschweißten Nummer zur Identifikation an einer Stange oder dem Plastikgitter befestigt. Die Befestigung erfolgte an den Haftfäden oder an einer der vier Eispitzen (Abb. 3).

Mögliche Luftblasen in der Eihülle wurden durch vorsichtiges Drücken entfernt, sodass diese an den Eispitzen entweichen konnten. Handling und Transport der Eier erfolgten jedoch stets unter Vermeidung einer direkten Luftexposition.

Die geschlüpften Jungtiere wurden nach 12-24 Stunden in ein Aufzuchtbecken überführt. Die ersten Tage wurden sie mit lebenden Mysis gefüttert, nach einer Woche mit aufgetauten Mysis und Krill und später je nach Größe der Tiere mit passenden Futterstückchen von Seelachs, Tintenfisch, Muscheln und Nordseegarnelen.

Dokumentation der Embryonalentwicklung

Die Beurteilung einer Befruchtung und der Entwicklungsstadien erfolgte über die gesamte Entwicklungsdauer. Mit einem Skalpell wurden Reste der Haftfäden sowie Algen an der Oberfläche der Eihülle entfernt. Für eine optische Untersuchung des Embryos erfolgte ein Durchleuchten der Eier mit einer Unterwassertaschenlampe oder es wurde ein Leuchttisch verwendet. Für eine Größenmessung wurde ein Glasaquarium auf Millimeterpapier genutzt. Bei der Wiegung wurden die Eier kurzzeitig aus dem Wasser entnommen, waren aber bei der Überführung stets von Wasser benetzt. Von Interesse waren strukturelle Veränderungen, Adern oder identifizierbare Bewegungen eines möglichen Embryos (Luer et al., 2007). Für

Abbildung 11 wurde mit einem Skalpell in ein dreiwöchiges Ei zur Entwicklungsdokumentation eine Öffnung geschnitten und mit Folie verklebt. 14 Tage später verendete dieser Embryo.

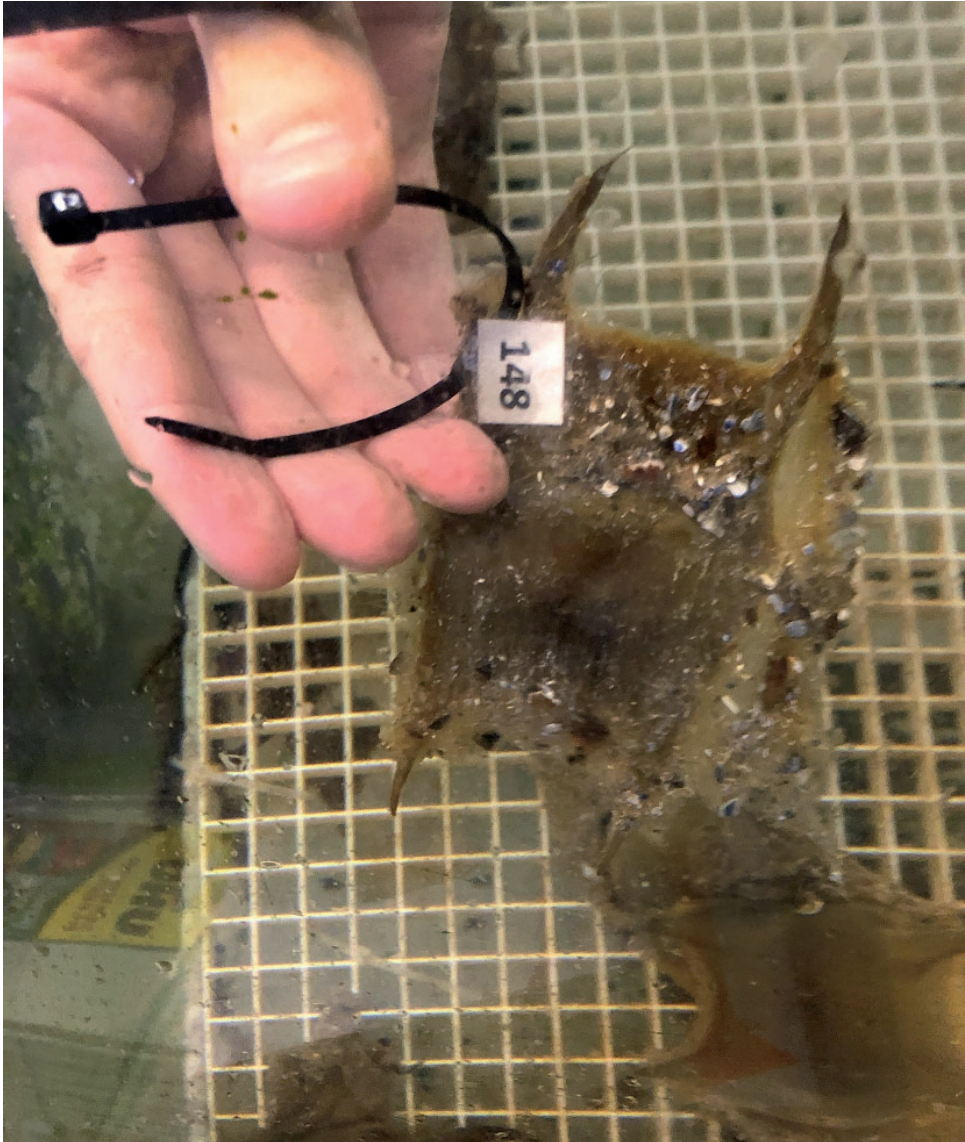


Abb. 3: Handling eines der überführten Rocheneier. Kabelbinder für lockere Fixierung am Gitter. Der Kabelbinder wurde zwischen Eihülle und Haftfäden fixiert. Ein laminiertes Nummernschild dient der Identifikation. Foto: Finn Wendt

Fig. 3: Handling one of the transferred skate eggs. Cable tie for loose fixation on the grid. The cable tie was fixed between the egg shell and the adhesive threads. A laminated plate is used for identification. Photo: Finn Wendt

Ergebnisse und Diskussion

Auswertung von den Orten der Eiablage und der Befruchtungsrate

Es konnten Eier an den Felsstrukturen, an den Wänden, in den Kunstalgen und auf dem Sandboden nachgewiesen werden. Viele Eier wurden durch Tiere oder Strömung von ihrer eigentlichen Position gelöst. Es ist naheliegend, dass die Weibchen durch Überschwimmen von Strukturen die Chance zur Befestigung der Eier erhöhen. Bei der Ablage auf dem Sandboden besteht die Gefahr, dass die Eier von Sand bedeckt werden und sich nicht entwickeln können. In der Natur nutzen Nagelrochen ein breites Spektrum an Strukturen (Maia et al., 2015).

Die aus dem Elterntierbecken überführten Rocheneier wurden auf ihren Befruchtungszustand untersucht (Abb. 4). Die Feststellung einer Befruchtung erfolgte optisch durch die Identifizierung einer Bewegung des Embryos (Abb. 5).

Bei der Betrachtung der Datenlage konnten sowohl in der Anzahl der gelegten Eier als auch in den Befruchtungsraten große Schwankungen zwischen den Monaten festgestellt werden. Im gesamten Untersuchungszeitraum wurden insgesamt 217 Eier gelegt, was unter der Annahme einer gleichmäßigen Verteilung zwischen beiden Weibchen etwa 108 Eiern pro Tier entspricht. Zu beachten ist, dass keine Zuordnung der Eier zu dem jeweiligen Muttertier erfolgen konnte. Es ist nicht auszuschließen, dass die Weibchen individuell jeweils eine unterschiedliche Anzahl an Eiern legten. Bei beiden adulten weiblichen Tieren konnten Eier in der Kloake identifiziert werden, jedoch ist nicht nachgewiesen, ob beide Weibchen auch befruchtete Eier legen können. Bekannt ist, dass eine Abhängigkeit zwischen der Größe der Elterntiere und der zu erwartenden Anzahl an gelegten Eiern besteht (Holden, 1975).

Im Januar waren zwei von insgesamt 17 Rocheneiern befruchtet, im Februar vier von insgesamt 20 und im März zwei von insgesamt 32 Eiern. Von April bis August wurden keine befruchteten Eier gelegt. Im April wurden die meisten Eier gelegt (41), gefolgt von Juni (37), Juli (24) und Mai (22). Im September wurden elf Eier gefunden, von denen vier befruchtet waren. Im November und Dezember wurden keine Eier gelegt. Die beiden weiblichen Tiere haben im Untersuchungszeitraum insgesamt 217 Eier gelegt.

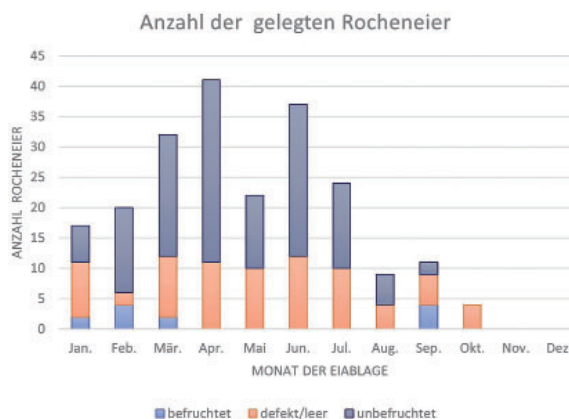


Abb. 4: Gesamtzahl an gelegten Eiern im jahreszeitlichen Verlauf sowie Differenzierung zwischen befruchteten, unbefruchteten sowie beschädigten/leeren Rocheneiern.

Fig. 4: Total number of eggs laid over the course of the season and differentiation between fertilized, unfertilized and damaged/empty skate eggs.

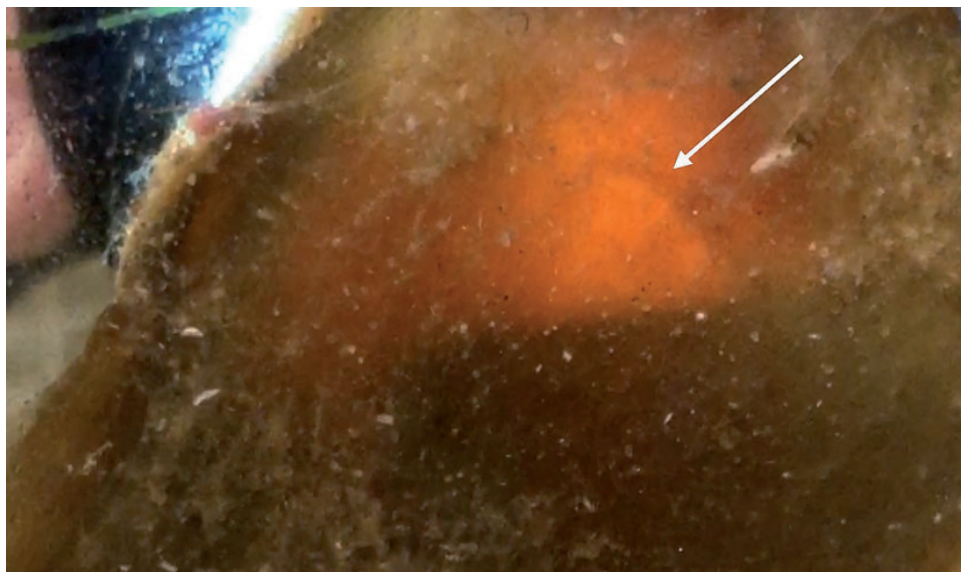


Abb. 5: Embryo in einer frühen Entwicklungsphase (Alter: 24 Tage); Bewegung einer feinen, länglichen Struktur (s. Markierung). Foto: Finn Wendt

Fig. 5: Embryo in an early stage of development (age: 24 days); movement of a fine, elongated structure (see marking). Photo: Finn Wendt

Vergleichende Untersuchungen mit Populationen vor der englischen Küste geben eine Anzahl von 141,6 Rocheneiern pro Individuum an, wobei in dieser Untersuchung ausschließlich Eier zwischen Februar und September gelegt wurden. Die maximale Anzahl wurde demnach im Juni gelegt (30), gefolgt von Mai (26) und Juli (25) (Holden, 1975). Eine weitere Untersuchung aus Südfrankreich (Languedoc) nennt eine durchschnittliche Anzahl von 215 Eiern (108-262) im Jahr pro Weibchen (Capapé et al., 2007).

Die höchste Befruchtungsrate mit 36,4 % konnte bei einer durchschnittlichen Temperatur von 15,92 °C im September nachgewiesen werden (Abb. 6). Die geringste Befruchtungsrate lag im

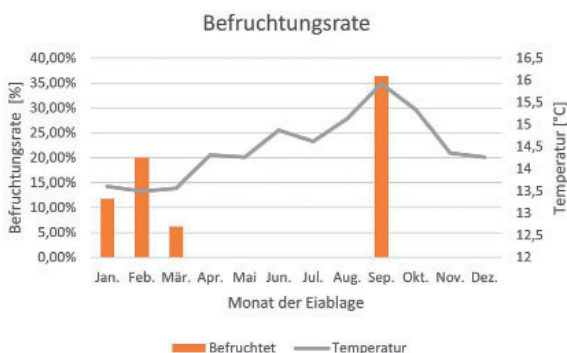


Abb. 6: Befruchtungsrate der gelegten Eier im jahreszeitlichen Verlauf mit der dazugehörigen durchschnittlichen Temperatur im Elterntierbecken.

Fig. 6: Fertilization rate of the eggs laid over the course of the season with the corresponding average temperature in the parent animal tank.

März mit 6,25 % bei durchschnittlich 13,56 °C. Im Januar lag die Rate bei 11,76 % (13,6 °C) und im Februar bei 20 % (13,5 °C). Auffällig ist auch hier die hohe Varianz zwischen den Monaten. Die maximale Befruchtungsrate trat in der Bremerhavener Untersuchung im September mit 36 % auf. Zu beachten ist hierbei die geringe Gesamtzahl an Eiern (11).

Ellis & Shackley (1995) nennen eine Befruchtungsrate von 73 % bei Untersuchungen an vor Wales gefangenen Nagelrochen. Ein variabler Parameter beim Vergleich verschiedener Untersuchungsgruppen ist die Temperatur, welcher die Elterntiere ausgesetzt waren. Die zum Vergleich herangezogenen Untersuchungen weisen entweder eine konstante und niedrigere Temperatur auf (Henard et al., 2020), oder orientieren sich an den lokalen Gegebenheiten im Untersuchungsgebiet. Verglichen mit der Temperatur in der Bremerhavener Studie war die Temperatur während der Wintermonate in sämtlichen Vergleichsuntersuchungen geringer. Der offensichtlich positive Einfluss der niedrigen Temperatur auf die Befruchtungsrate sollte in folgenden Zuchtbemühungen berücksichtigt werden. Die Anzahl der Eier war ähnlich wie im Freiland, daher ist sie offenbar unabhängig von der Temperatur. Für die Beurteilung der Daten sollten weitere Faktoren in Betracht gezogen werden, da z.B. die Anzahl an gelegten Eiern auch abhängig von der Größe und dem Alter der Tiere ist, wobei die Gesamtzahl an Eiern positiv mit der Größenzunahme korreliert (Holden, 1975; Saglam & Ak, 2012). In der Studie wurden männliche und weibliche Tiere beprobt und auf ihre Fruchtbarkeit untersucht. Die Auswertung ergab, dass die Weibchen 720 mm bis 930 mm lang waren und die Männchen 680 mm bis 920 mm. Die minimale Größe, bei welcher 50% der weiblichen Tiere geschlechtsreif waren, wurde in britischen Gewässern mit 720 mm und in den irischen Gewässern mit 718 mm angegeben (Gallagher et al., 2004; Holden, 1975).

Mit 100 % war im Oktober bei insgesamt vier gelegten Eiern der größte Anteil defekt, gefolgt vom Januar mit 53 %. Der geringste Anteil an defekten Eiern lag mit 10 % im Februar vor. Die übrigen Monate wiesen Raten zwischen 27 % (April) und 45 % (September) auf (Tab. 1).

Tab. 1: Gesamtzahl der gelegten Eier und dem jeweiligen prozentualen Anteil an defekten Eiern im jahreszeitlichen Verlauf.

Tab. 1: Total number of eggs laid and the respective percentage of defective eggs over the course of the season.

Monat	Gesamtzahl gelegter Eier	Anteil der defekten/leeren Eier
Jan.	17	52,94%
Feb.	20	10%
Mär.	32	31,25%
Apr.	41	26,83%
Mai	22	45,45%
Jun.	37	32,43%
Jul.	24	41,67%
Aug.	9	44,44%
Sep.	11	45,45%
Okt.	4	100%
Nov.	0	0%
Dez.	0	0%

Abhängig vom Ablage- bzw. Entnahmeort der Rocheneier konnten verschiedene mechanische Beschädigungen der Eihülle festgestellt werden. Untersuchungen von angespülten Nagelrocheneiern vor der niederländischen Küste ergaben, dass 29 % der vorgefundenen Eier Spuren einer mechanischen Beschädigung aufwiesen oder komplett beschädigt waren, wobei diese

Schäden auf Prädatoren zurückzuführen waren (Schröder et al., 2021). Das gehäufte Auftreten von Deformierungen und das Fehlen von Bestandteilen der Eihülle im Aquarium lässt auf einen Zusammenhang mit dem Entnahmeort schließen. Im Becken gibt es eine Vielzahl an lebenden Organismen. Neben den Nagelrochen leben in dem Aquarium Kleingefleckte Katzenhaie, Doraden, Meeräschen, verschiedenen Arten von Lippfischen, Streifenbarben, Graue und Rote Knurrhähne, Hummer, Taschenkrebse und Seesterne. Diese Arten könnten aufgrund ihrer z.T. benthischen Lebensweise für die Beschädigungen verantwortlich sein. Die Benetzung der Eihülle mit Eigelee lässt auf grundsätzlich intakte Eier schließen, welche vermutlich erst nach der Ablage beschädigt wurden. Das Aussaugen der Dotter durch Rochen konnte beobachtet werden (pers. Mit. Rune Kristiansen, Kattegatcenter, DK). Unter Annahme dieser Zusammenhänge könnte der Zuchterfolg durch eine Verringerung von Einflüssen, welche zu einer Beschädigung der Eier führen, erhöht werden.

Es ist zu beachten, dass die festgestellte Befruchtungsrate aufgrund des signifikanten Anteils an beschädigten Eiern von der realen Befruchtungsrate abweichen könnte.

Entwicklungsdauer der Eier

Die durchschnittliche Entwicklungsdauer lag bei 117,8 Tagen ($\pm 12,2$ Tage, $n = 8$), wobei die maximale Dauer 138 Tage und die geringste 96 Tage betrug (Abb. 7).

Die in der Untersuchung betrachteten Eier wurden im Zeitraum zwischen dem 25. Januar und dem 25. Februar 2023 gelegt. In vergleichenden Untersuchungen im französischen Aquarium Nausicaá wurde bei einer Temperatur von 10 °C eine durchschnittliche Entwicklungsdauer von 308 Tagen ermittelt (Henard et al., 2020).

Die Temperatur im Elternbecken und auch im Aufzuchtbecken in der Bremerhavener Untersuchung scheint eine verkürzende Wirkung auf die Entwicklungsdauer zu bewirken. Vergleichende Ergebnisse konnten (Ellis & Shackley, 1995) gewonnen werden, welche ebenfalls eine kürzere Entwicklungszeit bei steigender Temperatur beobachtet haben. So wurde bei einer Temperatur von 9,3 °C eine Entwicklungszeit von 18 bis 20,5 Wochen dokumentiert, wohingegen bei den bei einer Temperatur von 15,2 °C bis 16,3 °C gehälterten Eiern eine Entwicklungsdauer von 16 bis 17,5 Wochen dokumentiert wurde (Ellis & Shackley, 1995).

Im Zusammenhang mit der Inkubationsdauer war die Größe (Länge und Gewicht) der Jungtiere zum Zeitpunkt der Geburt von Interesse. Nach dem Schlupf der Jungtiere aus der Eihülle erfolgte bei der Überführung in das Aufzuchtbecken eine erste Wiegung und Messung. Das

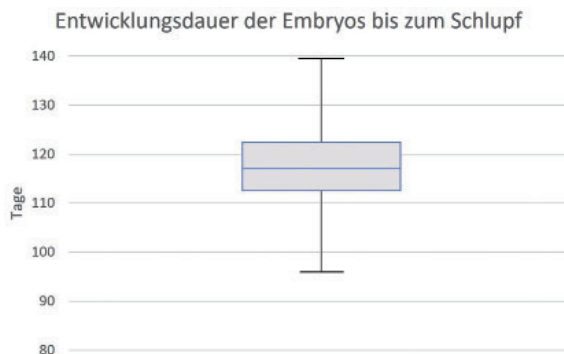


Abb. 7: Durchschnittliche Entwicklungsdauer der Rocheneier bis zum Schlupfzeitpunkt der Jungtiere.

Fig. 7: Average development time of the skate eggs until the hatching of the young animals.

durchschnittliche Gewicht nach dem Schlupf lag bei 11,2 g ($\pm 1,4$ g, $n = 8$). Das maximale Gewicht lag bei 14,36 g, das geringste bei 9,34 g.

Die Längenbestimmung (Schwanz bis Rostrum) ergab eine Länge von 12,94 cm ($\pm 0,3$ cm, $n = 8$) nach dem Schlupf mit einer maximalen Länge von 13,5 cm und einer minimalen von 12,7 cm. Nach einem Monat lag die durchschnittliche Länge bei 18,01 cm ($\pm 2,8$ cm, $n = 8$).

Verglichen mit den Untersuchungen in der SUMARIS-Studie (Henard et al., 2020) in welcher ebenfalls die Reproduktion von Nagelrochen in menschlicher Obhut untersucht wurde, ist das durchschnittliche Gewicht der Jungtiere bei der Geburt um 0,8 g geringer (Henard et al., 2020). Die durchschnittliche Länge der Jungtiere bei der Geburt war um 0,2 cm geringer. Die Rocheneier in der SUMARIS-Studie wurden bei einer geringeren Temperatur (10 °C) inkubiert und hatten eine längere Entwicklungsdauer. Der Effekt einer geringeren Größe der Jungtiere beim Schlupf bei zunehmender Temperatur konnte bei *Raja microocellata* nachgewiesen werden (Hume, 2019). Eine identische Auswirkung auf *R. clavata* scheint denkbar. Ein Merkmal unmittelbar nach dem Schlupf der Rochen war ein nahezu komplett aufgenommener äußerer Dotter bei allen Jungtieren. Der innere Dotter war im Vergleich deutlich ausgeprägter. Innerhalb der ersten Wochen wurde auch der innere Dotter komplett aufgenommen und war nicht mehr zu erkennen (Abb. 8).

Nach dem Schlupf konnten die jungen Rochen problemlos mit zunächst lebenden *Mysis*, später mit kleingeschnittenem Frostfutter aufgezogen werden. Bei einer Hälterung von 16 °C nahmen sie bis zu einem Alter von einem Monat linear zu, danach deutlich schneller bis zu einem Gewicht von 88 g und einer Länge von 26,5 cm nach sechs Monaten. Das ist für eine mögliche Auswilderung interessant, wenn man die Frage stellt, in welchem Stadium die Auswilderung vorgenommen sollte. Als Ei, zur besseren Adaptation an die regionalen Gegebenheiten oder vor dem Hintergrund, dass adulte Weibchen den Platz des eigenen Schlupfes zur Eiab-

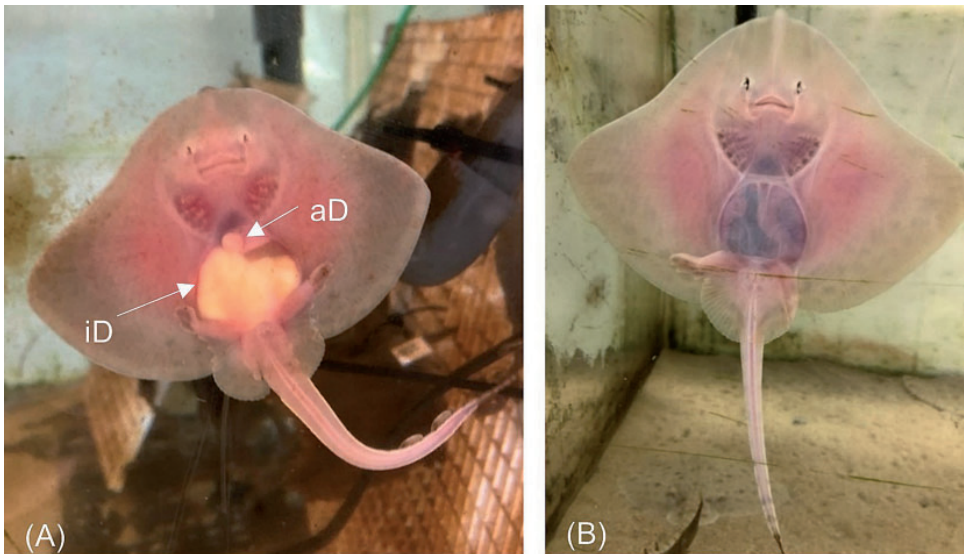


Abb. 8: Jungtiere zu verschiedenen Zeitpunkten nach dem Schlupf. **A:** Jungtier 24 h nach Geburt mit innerem Dotter (iD) und äußerem Dotter (aD). **B:** Jungtier nach vier Wochen ohne erkennbaren inneren/äußeren Dotter. Fotos: Finn Wendt

Fig. 8: Hatchlings at different times after hatching. **A:** Hatchling 24 h after birth with inner yolk (iD) and outer yolk (aD). **B:** Hatchling after four weeks without recognizable inner/outer yolk. Photos: Finn Wendt

lage aufsuchen könnten, als frisch geschlüpft Jungtier oder in einem Alter von sechs Monaten, da dann der Verlust durch Prädatoren deutlich geringer sein sollte. In Vorversuchen hatte bei zwei Nachwuchsrochen im Alter von einem Monat die Reduktion der Temperatur von 15 °C auf 11 °C zu einer Abnahme der Gewichte geführt (Kück, pers. Mit.). Bei der langsamen Erhöhung auf 15 °C nahmen die Tiere wieder zu.

Dokumentation der Embryonalentwicklung

Zu Beginn der Inkubation war eine klare Erkennbarkeit der inneren Strukturen gegeben. Es konnte in diesem Stadium eindeutig zwischen komplett leeren Eiern und solchen mit Dotter unterschieden werden (Abb. 9). In den unbefruchteten Rocheneiern konnte im weiteren Verlauf der Zersetzungsprozess des Dotters festgestellt werden.

Größe, Gewicht und Optik der Rocheneier konnten keine Rückschlüsse auf eine erfolgreiche Befruchtung liefern.

Nach drei Wochen (20 Tage $\pm$ 10 Tage, n = 4) konnten erste Bewegungen eines Embryos festgestellt werden. Dabei war ein etwa 1 Millimeter breiter, länglicher Embryo zu erkennen, wobei dieser sich in Schwanzteil und Kopf differenzieren ließ (Abb. 5).

Im weiteren Wachstumsverlauf war, abhängig von der Positionierung des Embryos, ein Kopfbereich mit Augen identifizierbar (Abb. 10). Der Embryo schien sich oftmals frei oberhalb des Dotters zu bewegen. Dabei konnten von dem Schwanzteil schlagende, wellenförmige Bewe-

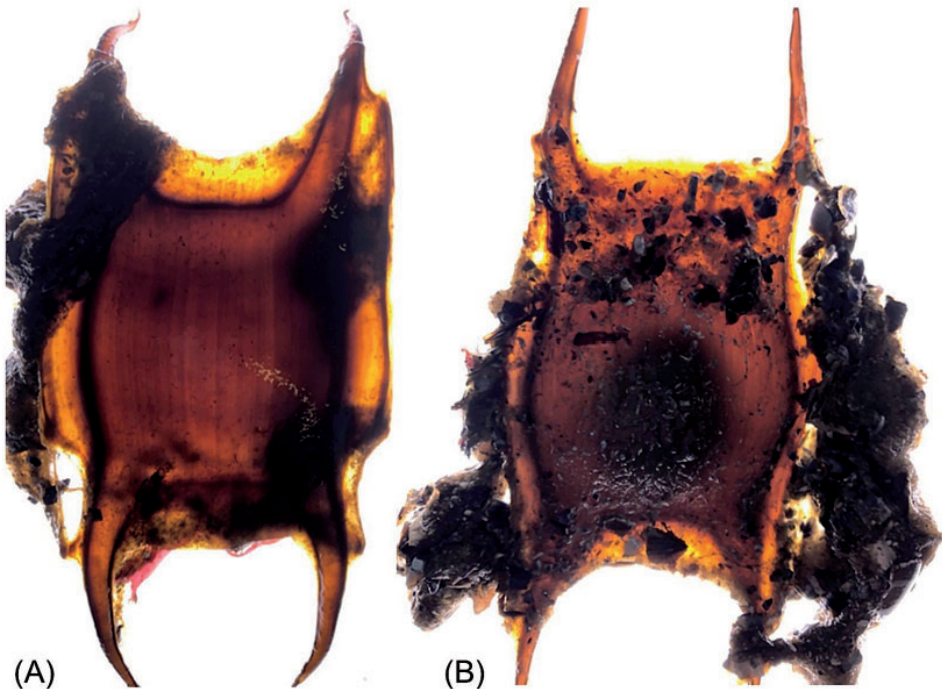


Abb. 9: Rocheneier zu Beginn der Inkubation. **A:** leere Eikapsel. **B:** Eikapsel mit Dotter. Fotos: Finn Wendt

Fig. 9: Skate eggs at the beginning of incubation. **A:** empty egg capsule. **B:** egg capsule with yolk. Photos: Finn Wendt

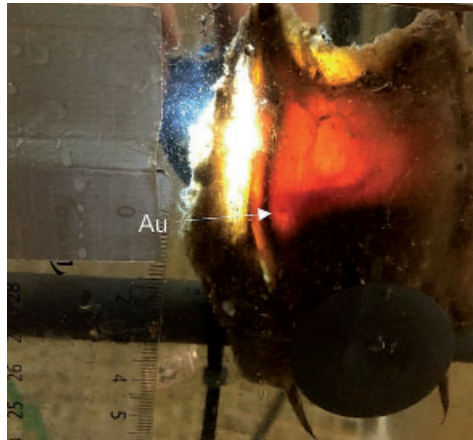


Abb.10: Embryo im Alter von vier Wochen auf Dotter liegend mit Verdickung im Kopfbereich und identifizierbaren Augen (Au). Ohne erkennbare Ausdifferenzierungen der Brustflossen. Foto: Finn Wendt
Fig.10: Embryo at the age of 4 weeks lying on yolk with thickening in the head area and identifiable eyes (Au). Without recognizable differentiation of the pectoral fins. Photo: Finn Wendt

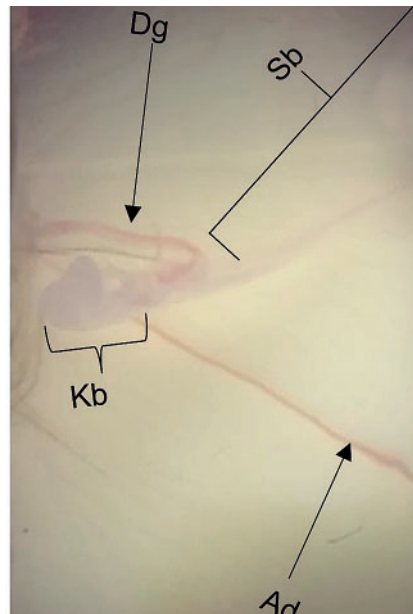
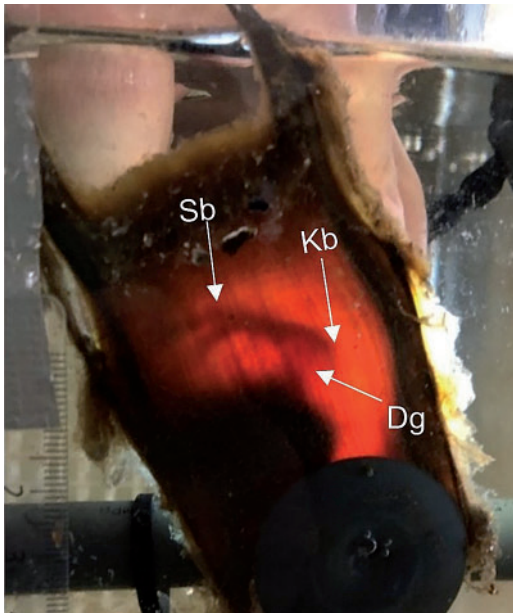


Abb. 11: Embryonen nach 6-wöchiger Inkubation der Eier. **A:** Embryo mit Dottergang (Dg) zwischen Embryo und Dottersack, Kopf (Kb) und Schwanzbereich (Sb). **B:** Embryo im frühen Entwicklungsstadium mit Kopf (Kb) und Schwanzbereich (Sb) mit einem Dottergang als Verbindung zum Dottersack mit feinen Adern (Ad). Fotos: Finn Wendt

Fig. 11: Embryos after 6 weeks of egg incubation. **A:** Embryo with yolk duct (Dg) between embryo and yolk sac, head (Kb) and tail area (Sb). **B:** Embryo in the early stage of development with head (Kb) and tail area (Sb) with a yolk duct as a connection to the yolk sac with fine veins (Ad). Photos: Finn Wendt

gungen beobachtet werden, die für die Versorgung des Embryos mit Sauerstoff notwendig sind (Leonard et al. 1999).

Mit zunehmendem Wachstum war nach sechs Wochen der Dottergang zwischen Embryo und Dottersack zu erkennen (Abb. 11).

Ab der 8. Woche konnten, abhängig von der exakten Lokalisation des Embryos, die entwickelten Brustflossen dokumentiert werden (Abb. 12). Ebenfalls war es möglich das Rostrum und die Augen der Tiere zu identifizieren. Der Embryo befand sich in diesem Entwicklungsstadium oftmals liegend auf dem Dotter. Der Rochenschwanz war wahlweise in Ruheposition um den Körper geschlungen oder es konnte eine raumfüllende, schlagende Bewegung im Ei festgestellt werden.

Ein Schlagen des Schwanzes konnte während der gesamten Entwicklung festgestellt werden. Die Bewegung wurde aber nach 30 Sek. der Lichtexposition eingestellt. Nach einer Unterbrechung von mehreren Minuten konnte oftmals eine erneute Bewegung festgestellt werden. Es

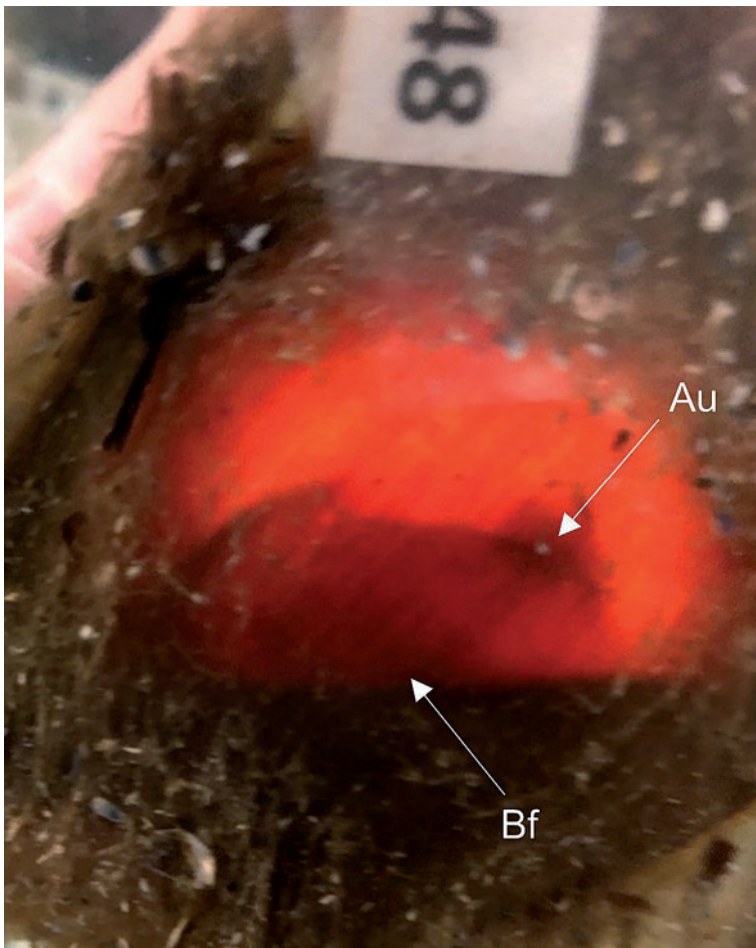


Abb. 12: Embryo im Alter zwischen 8-10 Wochen auf dem Dotter liegend mit Augen (Au) und Brustflosse (Bf). Foto: Finn Wendt

Fig. 12: Embryo between 8-10 weeks old lying on the yolk with eyes (Au) and pectoral fin (Bf). Photo: Finn Wendt

ist bekannt, dass elektromagnetische Wellen zu einem Erstarren der Embryonen bei *R. clavata* führen können und die Regenerationsfähigkeit von diesem Zustand auch abhängig vom Alter der Embryonen ist (Ball et al., 2016). Die Beobachtungen könnten Hinweise liefern, dass die direkte Exposition mit Licht zu einer ähnlichen Reaktion führen könnte. Die Bewegung des Rochenschwanzes eignet sich zur Vitalitätskontrolle des Embryos. Abhängig von der exakten Positionierung des Embryos war der restliche Körper nicht zu erkennen.

Auffällig war die Positionierung der Brustflossen. Wie in Abbildung 13 dargestellt, überschlugen diese den restlichen Körper. Dies führte dazu, dass nur kleine Ausschnitte des Kopfbereiches, zum Beispiel das Rostrum oder ein Teil der Brustflossen, erkennbar waren. Weitere Körperregionen, inklusive des Dotters, waren nicht sichtbar. Morphologisch waren bis zum Schlupf keine weiteren Veränderungen feststellbar. Der erkennbare Entwicklungszustand ist ähnlich zum Zustand der frisch geschlüpften Rochen.

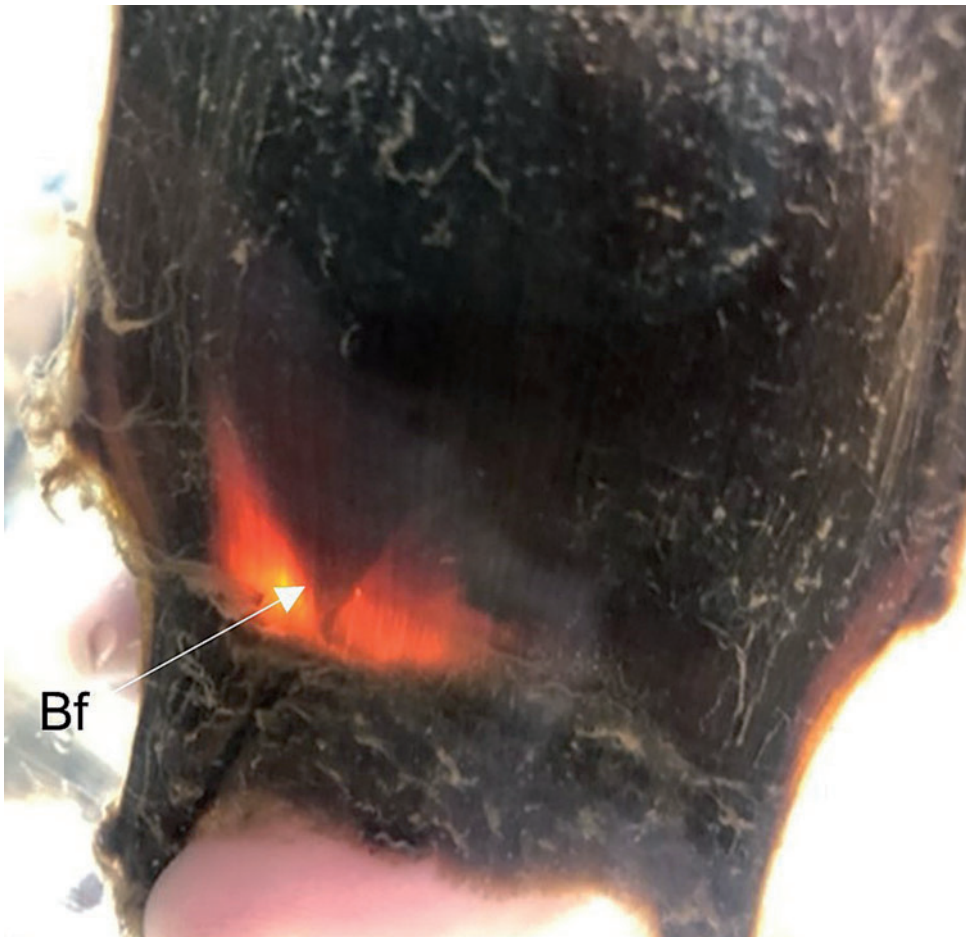


Abb. 13: Mindestens 15 Wochen alter Embryo mit erkennbarem Teilbereich der aufgerollten Brustflossen (Bf). Foto: Finn Wendt

Fig. 13: At least 15-week-old embryo with recognizable part of the rolled-up pectoral fins (Bf). Photo: Finn Wendt

Die äußerliche Begutachtung der Rocheneier während der Inkubation ergab einige Auffälligkeiten. Auf der Oberfläche der Eihülle konnten mykologische Kontaminationen und verschiedene Polychaeta-Arten nachgewiesen werden. Diese siedelten sich überwiegend an den Haftfäden und zu einem geringeren Anteil direkt auf der Eihülle an. Diese wurden meist an beschädigten und leeren Rocheneiern gefunden. Unabhängig vom Befruchtungszustand konnte mit zunehmender Inkubationsdauer auf den Haftfäden die Entstehung mikrobieller Kolonien festgestellt werden. Es konnten jeweils keine negativen Einflüsse auf die Entwicklung der Embryonen festgestellt werden.

Fazit

Die durchgeführten Untersuchungen konnten hilfreiche Erkenntnisse für eine erfolgreiche Zucht von *R. clavata* liefern. Das Durchleuchten der Rocheneier zur Dokumentation der Embryonalentwicklung und zur Identifikation von befruchteten Eiern hat sich als geeignete Methode herausgestellt. Dabei konnte festgestellt werden, dass die Embryonalentwicklung während des kompletten Entwicklungszeitraumes beobachtbar war. Es konnte effizient zwischen befruchteten und unbefruchteten Rocheneiern differenziert werden und es war eine Zuordnung des Entwicklungsstadiums möglich. Ebenfalls war es möglich, abgestorbene Embryonen zu identifizieren. Es wurde im Untersuchungszeitraum eine Gesamtzahl an Eiern gelegt, welche bei Betrachtung der vergleichenden Literatur den Erwartungswerten entsprach und diese zum Teil auch übertraf.

Entscheidend für einen Zuchterfolg scheint eine Erhöhung der Befruchtungsrate. Eine schnellstmögliche Entnahme der Rocheneier aus dem Zuchtbecken, um eine nachträgliche mechanische Beschädigung zu verhindern, kann als ein relevanter Faktor betrachtet werden. Die Untersuchungen zeigen, dass die Temperatur von besonderer Relevanz ist. Es könnte für Zuchtbedingungen sinnvoll sein, sich möglichst nah an den natürlichen Gegebenheiten zu orientieren und die jahreszeitliche Variabilität der Temperatur nachzubilden. Speziell die niedrige Temperatur im Winter sollte umgesetzt werden. Die Temperatur während der Inkubation der Rocheneier scheint sowohl Einfluss auf die Entwicklungsdauer der Embryonen als auch auf Größe und Gewicht der Jungtiere zum Zeitpunkt des Schlupfes zu haben. Ein vorsichtiges Bewegen der Eier beim Durchleuchten sowie ein Entfernen der Haftfäden und der Pilzkolonien schien keine Auswirkungen auf die Entwicklung zu haben.

Aufgrund der aktuellen Bestandssituation von *R. clavata* in der Deutschen Nordsee könnten die Zuchtbemühungen mit einem Fokus auf eine mögliche Auswilderung liegen. Neben der notwendigen Markierung der Tiere sollte daher das genetische Profil der Eltern- und Jungtiere bestimmt werden, um eine maximale genetische Diversität zu erhalten und sie mit lokalen Populationen im Auswilderungsgebiet vergleichen zu können. Wenn eine Auswilderung in Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden in Betracht gezogen wird, hat sie nach den „Guidelines for Reintroductions and other Conservation Translocations (2013)“ zu erfolgen. Nur eine Auswilderung in Schutzgebieten ohne Grundnetzbefischung und das Monitoring von markierten Tieren könnten weitere Daten liefern, z.B. auch zu Wanderungsbewegungen, um wieder eine stabile Population in der Deutschen Nordsee zu etablieren.

Danksagung

Die Autoren danken Frau Prof. Dr. Laurie Hofmann für hilfreiche Diskussionen, dem Aquarienteam des Zoo am Meer, Herrn Philipp Kleppe, Herrn Olaf Mertes und Herrn Tim Troegel für

die Unterstützung durch Tauchgänge, Pflege der Jungrochen und Tipps im Handling von Eiern und Rochen.

Summary

Thornback rays *Raja clavata* lived in large numbers in the North Sea at the beginning of the 20th century. Due to excessive fishing with bottom trawls and bycatch, they are threatened with extinction in the German North Sea, so that a possible reintroduction could make sense. The results are discussed in the context of a possible optimization of breeding in zoo aquariums and thus increasing the number of young animals for a possible release into the wild.

To this end, the parameters for breeding at Zoo am Meer were reviewed and the development of the eggs and juveniles were analyzed. At Zoo am Meer, 2.2 thornback rays are kept at 13 °C in winter and 16 °C in summer. The total number of eggs is higher than in comparative studies, while the fertilization rate is lower than in studies where the animals are kept at 10 °C all year round or at 4 °C in winter and 16 °C in summer. Many eggs were damaged by numerous co-inhabitants in the display tank; in some cases the yolk was sucked out. The eggs should therefore be removed from the tank immediately. The young hatch at temperatures between 12 and 16 °C after an average of 119 days, but with 11.2 g they have a lower weight as in comparative studies with incubation at 10 °C and hatching after 308 days.

Fertilization can be determined after three weeks by the visible beating of the tail. When handling the eggs under light, the young animals stop moving their tails. The stages of development of the embryos could be determined by various characteristics. The weight gain of the hatchlings was not linear; after 30 days they grew significantly faster and reached an average weight of 88 g after 6 months.

Literatur

- Ball, R.E., Oliver, M.K., & Gill, A.B. (2016). Early life sensory ability – ventilatory responses of thornback ray embryos (*Raja clavata*) to predator-type electric fields. *Developmental Neurobiology*, 76, 721-729. <https://doi.org/10.1002/dneu.22355>
- Capapé, C., Guélorget O., Siau, Y., Vergne, Y., & Quignard, J.P. (2007). Reproductive biology of the thornback ray *Raja clavata* L., 1758 (Chondrichthyes: Rajidae) from the coast of Languedoc (southern France, northern Mediterranean). *Vie Milieu*, 57: 83-90.
- Ebert, D.A., & Stehmann, M. (2013). Sharks, batoids and chimaeras of the North Atlantic. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Ellis, J.R., & Shackley, S.E. (1995). Observations on egg-laying in the thornback ray. *Journal of Fish Biology*, 46, 903-904. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1995.tb01613.x>
- Finucci, B., McCully-Phillips, S.R., Ellis, J.R., Giovos, I., Serena, F., Soldo, A., Pacoureaux, N., & Charles, R. (2024). *Raja clavata*. Die Rote Liste der bedrohten Arten der IUCN 2024: e.T39399A183779744.
- Ferragut-Perello, F., Ramírez-Amaro, S., Tsikliras, A.C., Petit-Marty, N., Dimarchopoulou, D., Massutí, E., Serrat, A., & Ordines, F. (2023). Exploitation and Conservation Status of the Thornback Ray (*Raja clavata*) in the Balearic Islands (Western Mediterranean). *Fishes*, 8, 117. <https://doi.org/10.3390/fishes8020117>
- Gallagher, M.J., Nolan, C.P., & Jeal, F. (2004). Age, growth and maturity of the commercial ray species from the Irish Sea. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 35, 47-66. <https://doi.org/10.2960/J.v35.m527>
- Henard, S., Herbert, R., Soulet, E., & Tranain, T. (2020). Report on fecundity and post-natal survival in captivity. Sumaris-project.com. [https://sumaris-project.com/en/homepage/\(31.10.2024\)](https://sumaris-project.com/en/homepage/(31.10.2024))
- Holden, M.J. (1975). The fecundity of *Raja clavata* in British waters. *ICES Journal of Marine Science*, 36, 110-118. <https://doi.org/10.1093/icesjms/36.2.110>
- Holden, M.J., Rout, D.W., & Humphreys, C.N. (1971). The Rate of Egg Laying by Three Species of Ray. *ICES Journal of Marine Science*, 33, 335-339. <https://doi.org/10.1093/icesjms/33.3.335>

- Hume, J.B. (2019). Higher temperatures increase developmental rate & reduce body size at hatching in the small-eyed skate *Raja microocellata*: implications for exploitation of an elasmobranch in warming seas. *Journal of Fish Biology*, 95, 655-658. <https://doi.org/10.1111/jfb.13997>
- IUCN/SSC (2013). Guidelines for Reintroductions and Other Conservation Translocations. Version 1.0. Gland, Switzerland: IUCN Species Survival Commission, viiii + 57 pp.
- Leonard, J.B.K., Summers, A.P., & Koob, T.J. (1999). Metabolic rate of embryonic little skate, *Raja erinacea* (Chondrichthyes: Batoidea): The cost of active pumping. *Journal of Experimental Zoology*, 283, 13-18. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-010X\(19990101\)283:1<13::AID-JEZ3>3.0.CO;2-S](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-010X(19990101)283:1<13::AID-JEZ3>3.0.CO;2-S)
- Luer, C.A., Walsh, C.J., Bodine, A.B., & Wyffels, J.T. (2007). Normal embryonic development in the clearnose skate, *Raja eglanteria*, with experimental observations on artificial insemination. *Environmental Biology of Fishes*, 80, 239-255. <https://doi.org/10.1007/s10641-007-9219-4>
- Maia, C., Serra-Pereira, B., Erzini, K., & Figueiredo, I. (2015). How is the morphology of the oviducal gland and of the resulting egg capsule associated with the egg laying habitats of Rajidae species? *Environmental Biology of Fishes*, 98, 2037-2048. <https://doi.org/10.1007/s10641-015-0425-1>
- Saglam, H., & Ak, O. (2012). Reproductive biology of *Raja clavata* (Elasmobranchii: Rajidae) from Southern Black Sea coast around Turkey. *Helgoland Marine Research*, 66, 117-126. <https://doi.org/10.1007/s10152-011-0252-5>
- Schröder, D., Schröder, G., Wiersma, G., Verhoog, P., & Laterveer, M. (2021). Elasmobranch Egg Case Predation in the Dutch North Sea. *Proceedings of the Zoological Society*, 74, 211-218. <https://doi.org/10.1007/s12595-021-00365-7>