

JANUSZ STARMACH

**Rozród oraz rozwój embrionalny i larwalny u śliza
(*Nemachilus barbatulus* L.)**

**Über Fortpflanzung und Entwicklung der Bartgrundel
(*Nemachilus barbatulus* L.)
während der Embryonal- und Larvalperiode**

Mémoire présenté le 8 novembre 1965 dans la séance de la Commission Biologique de l'Académie Polonaise des Sciences, Cracovie

Die Bartgrundel (*Nemachilus barbatulus* L.) lebt als Grundfisch weit verbreitet über ganz Europa im Oberlauf von Bächen und Flüssen mit reinem Wasser und steinigem oder kiesigem Grund.

Der langgestreckte Körper ist mit einer schuppenlosen Haut bedeckt, der Rücken und die Seiten sind fahlgrün gefärbt und mit dunklen Flecken bedeckt, was eine vorzügliche Tarnung zwischen den mit Algen überzogenen Steinen und Kies des Bachgrundes ermöglicht. Der Kopf ist ebenfalls langgestreckt mit unterständiger Maulöffnung, die mit Bartfäden versehen ist, welche als Sinnes- und Tastorgane fungieren und dem Fisch die Nahrungssuche, besonders der, unter Steinen lebenden, Jnektenlarven erleichtert. Die Bartgrundel lebt, wie Filek (1960) angibt, tagsüber zwischen den Steinen verborgen und verlässt ihr Versteck zur Nahrungssuche erst bei Dämmerung. Aufgescheucht schwimmt sie schnell aber nicht ausdauernd, wobei sie sich besonders durch die Schwanzbewegungen fortbewegt.

In der Fischereiliteratur finden sich, wie es scheint, keine näheren Angaben über die Fortpflanzung und die Entwicklung der Bartgrundel. Den eigentlichen Verlauf des Laichens geben Knauth (1887) und Bade (1902) an. Aus diesem Grunde wurden in vorliegender Arbeit Untersuchungen über das Verhalten der Fische während des Laichens sowie über die Entwicklung des befruchteten Eies, ferner der Fischlarve bis zur Erreichung der endgültigen Form des erwachsenen Fisches unternommen, um genaue Angaben über die Biologie dieses so weit verbreiteten Fisches der Forellenregion unserer Gebirgs- und Niederungsbäche zu erlangen.

Das Material

Die Versuchsfische wurden im Rabafluss bei der Ortschaft Kasinka Mala Ende Mai 1964 bei einer Wassertemperatur von 20,2°C abgefischt. Einige der reifen Männchen und Weibchen der Bartgrundel wurden in Aquarien eingesetzt, deren Boden mit Flusssteinen, zum Teil mit Algenbewuchs, bedeckt war. In diesen Aquarien im Ausmasse 30×50 cm wurden je zwei Paar von Laichfischen eingesetzt und die Beobachtungen über das Verhalten der Tiere begonnen (Abb. 1).

Werbung und Ablachen

Im Aquarium waren die Fische zuerst scheu, wurden aber bald mit der neuen Lage vertraut und bereits nach wenigen Stunden begannen sie Nahrung zwischen den Steinen aufzunehmen. Nach 2 Tagen bemerkte man eine Intensivierung der Färbung bei beiden Geschlechtern. Die mosaikartige Zeichnung des Körpers wurde sichtbarer. Am Kopf und an den Flossen erschien kleiner Laichausschlag.

Am Abend vor dem Laichen zeigten die Bartgrundeln grosse Unruhe, sie schwammen heftig paarweise oder einzeln an der Wasseroberfläche längs des Aquariums, ab und zu zu Boden sinkend, um gleich darauf wiederum umherzuschwimmen. Wahrscheinlich war das Verhalten verursacht durch den Instinkt, eine zur Laichablage entsprechende Stelle zu finden. Dieses unruhige Verhalten dauerte ungefähr 4 Stunden. Hierauf liessen sich die Fische an den Stellen, wo die mit Algen bewachsenen Steine lagen, nieder und verblieben dort längere Zeit.

Nach dieser Ruhepause, einige Minuten vor dem Laichen, begannen die Männchen das Liebeswerben. Dies wurde bemerkbar durch energisches Umherschwimmen rund um das ruhig liegende Weibchen und wellige Körperbewegungen, welche das Weibchen leicht berührten. Nach einiger Zeit, während welcher die Weibchen kein Interesse an dem Verhalten der Männchen bekundeten, begannen sie auf das Liebeswerben zu reagieren, indem sie ebenfalls schlangenartige Körperbewegungen ausführten. Die Männchen begannen aggressiver zu werden, sie trachteten beim Umschwimmen der Weibchen dieselben mit dem Maul an den Bartfäden zu fassen. Als nach mehreren Versuchen das Weibchen sich anfassen liess, lösten sich plötzlich beide Fische vom Grund ab und schwammen mit heftigen Spiralbewegungen, Leib an Leib, an die Wasseroberfläche (Abb. 2 A, B, C). Hier erfolgte der Laichakt indem das Weibchen in einem Strahl den Rogen und das Männchen die Milch ausliess. Die anfangs parallel gelegenen Körper der Fische nahmen eine gekreuzte Stellung ein (Abb. 2 D), um nach dem Laichakt sich zu trennen und in entgegengesetzter Richtung abzuschwimmen.

Nach dem Niedersinken der befruchteten Eier klebten sie fest an dem Algenbelag der Steine. In allen beobachteten Fällen des Laichens (bei 5 Paaren) konnte man feststellen, dass der Laich oberhalb der Stellen abgegeben wurde, wo die Algen im dichten Belag die Steine umhüllten. Um diese Beobachtung zu überprüfen, wurde ein Aquarienboden mit reingewaschenen Steinen belegt, nur mit Ausnahme eines mit Algen bewachsenen Steines. Die Fische laichten oberhalb dieses Steines und an einigen nicht bewachsenen Stellen befanden sich nur einzelne Rogenkörner, die während des Laichaktes durch die Wasserbewegung abgeschwemmt worden waren. Dies bewiesen auch Untersuchungen im Flussbett selbst, wo einige Laichstellen gefunden wurden, die ebenfalls an den mit Algen bewachsenen Stellen lagen. Die Laichstellen befanden sich in Rinnsalen, in denen massenhaft Bartgrundeln auftraten. In den tiefen Wasserkolken, die mit reinen Steinen belegt waren, wurde kein Laich vorgefunden. Diese Beobachtungen stimmen überein mit den Beschreibungen des Laichaktes, die *Knauth* (1887) und *Bade* (1902) sowie *Thuma* aus Dresden (*Bade* 1902) vornahmen. Alle diese Autoren beobachteten Bartgrundeln, welche den Laich an mit Pflanzen bewachsenen Stellen der Bäche ablegten. *Köhler* (1906), der die Einrichtung in Aquarien zur Schaffung günstiger Laichbedingungen beschreibt, macht darauf aufmerksam, dass hinzu unbedingt Unterwasserpflanzen benötigt werden.

Die Entwicklung des Embryos

Der Roge der Bartgrundel (*Nemachilus barbatulus* L.) ist polyplasmatisch, hellgelb, klebrig mit einem Durchmesser von 0,98 mm, bei Schwankung von 0,93—1,05 mm; er ist von einer sehr delikaten, durchsichtigen, dünnen Membran umgeben, die auf mechanische Verletzungen empfindlich ist. Der Zwischenraum um das Eidotter beträgt 0,17 mm. Die einzelnen Phasen der embryonalen und larvalen Periode wurden photographisch illustriert vermittels eines Kleinbild-Exakta Varey Apparates und mikrophotographischer Einrichtung. Alle Aufnahmen wurden an lebendem Material ausgeführt.

Dreissig Minuten nach der Befruchtung bemerkte man deutlich an dem animalen Pohl die verdickte, jedoch noch nicht geteilte, Blastodiskbildung (Abb. 2 E, F). Nach 10 Minuten wurde dieselbe am Pohl flacher (Abb. 3 A), 50 Minuten nach Befruchtung teilte sie sich in 2 Zellen (Abb. 3 B), aus denen nach einer Stunde und 20 Minuten 4 Blastomeren (Abb. 3 C) und nach 1 Stunde und 40 Minuten 8 Blastomeren (Abb. 3 D) entstanden. Bei weiterer, rasch verlaufender, Zellteilung entstanden nach 2 Stunden der Entwicklung 16 (Abb. 3 E) und nach 2 Stunden 30 Minuten 32 Blastomeren (Abb. 3 F).

Nach 3 Stunden 15 Minuten entwickelte sich deutlich die Kappe der grosszelligen Morula (Abb. 4 A) und nach 3 Stunden 45 Minuten die Bildung der kleinzelligen Morula (Abb. 4 B). Nach 4 Stunden und 30 Minuten von der Befruchtung bildete sich am animalen Pohl die Blastula (Abb. 4 C), deren Höhe 0,30 mm betrug, was 36% Dotterlänge ausmacht (die meridiane Länge des Dotters betrug 0,83 mm). Die Entwicklung des Eies ging jetzt zu der letzten Etappe der ovularen Phase, nämlich zur Entwicklung der Keimblätter, über. Abb. 4 D zeigt das erste Stadium der Blastodermbildung um das Eidotter, was nach 7 Stunden 20 Minuten begann. Die Abb. 4 E, F, zeigen die anschliessenden Stadien der Gastrulation, die Abb. 5 A hingegen, welche nach 12 Stunden 30 Minuten aufgenommen wurde, zeigt bereits das letzte Stadium der Schliessung der Blastopore. Unter den, das Eidotter umwachsenden, Zellen war dieselbe nur gering vorgestreckt und seine Länge betrug 0,06 mm, oder 8,8% der Dotterlänge. Gleichzeitig mit der Schliessung der Blastopore erschienen die frühzeitigen, jedoch deutlich sichtbaren, Umrisse der Embryogestalt (Abb. 5 B), aufgenommen nach 13 Stunden 10 Minuten von der Befruchtung. Die meridionale Länge des Dotters betrug 0,68 mm, die Körperlänge des Embryos 0,9 mm und die Verdickung des Schwanzansatzes, die rechts oberhalb auf der Abbildung sichtbar ist, betrug 0,15 mm.

Nach 15 Stunden 30 Minuten war die Gestalt des Embryokörpers bereits deutlicher zu erkennen. Derselbe enthielt schon die chorda dorsalis und 5 Miomeren (Abb. 5 C). Die ersten Konturen der Augen erschienen erst nach 17 Stunden der Entwicklung (Abb. 5 D). Abb. 5-E zeigt den Embryo nach 19 Stunden mit den Umrissen der Augen, deren Durchmesser 0,21 mm betrug, sowie mit 8 Miomeren, deren Anzahl nach weiteren 3 Stunden 30 Minuten, also nach 22 Stunden 30 Minuten von der Befruchtung, bis auf 18 anwuchs (Abb. 5 F). Nach Verlauf von einem Tag und 1 Stunde änderte der Dottersack seine Gestalt (Abb. 6 A); an der Bauchseite wurde er schmaler und von der ovalen entstand die Birnengestalt. Der Embryo besass in diesem Entwicklungsstadium bereits Gehörbläschen und 25 Miomeren. Die Breite des Dottersackes betrug 0,53 mm und der Durchmesser der Gehörbläschen 0,10 mm. Auf Abb. 6-B ist der Embryo nach 1 Tag und 7 Stunden abgebildet; es wurden jetzt die ersten, schwachen Bewegungen u.z. nur in der Rückenpartie des Körpers beobachtet. Der Rythmus dieser Bewegungen verlief folgender Massen: 12 Bewegungen — 25 Sekunden Pause — weitere 6 Bewegungen und ca 3 bis 5 Minuten Unterbrechung.

Zu diesem Zeitpunkt besass der Embryo bereits ausgebildete Augen, deren Pupillendurchmesser 0,06 mm betrug; ferner den eingeschnürten Dottersack und 28 Miomeren. Der bedeutend verlängerte Schwanz reichte mit seinem verdickten Ende bis zum Kopf, der an das Eidotter angewachsen war. Nach 7 Stunden d.i. nach einem Tag und 14 Stunden von der Befruchtung, als der Embryo bereits heftige, in der Eihülle rotie-

rende Bewegungen ausföhrte, war der rasch wachsende Schwanz bereits scharf zugespitzt (Abb. 6 C, D) und bedeckte den Kopf, in welchem die Gehirnbläschen sichtbar waren. Das Herz pulsierte rhythmisch und im „ductus Cuvieri“ sowie in der Aorta und der Schwanzader schoben sich farblose Blutkörperchen. Die Abb. 6 E, F zeigt den Embryo nach einem Tag und 21 Stunden nach der Befruchtung, wobei schwarze Pigmentierung der Augen und die Brustflossen, im Ausmass 0,17 mm lang und 0,12 hoch, sichtbar sind.

Nach 2 Tagen und 15 Stunden wurden die Bewegungen intensiver (Abb. 7 A) und so stark, das unter dem Druck des sich umherdrehenden Embryos die Eihülle vorgestölpt wurde. Das erste Schlüpfen erfolgte jedoch erst nach 3 Tagen und 10 Stunden von der Befruchtung und dauerte 12 Stunden. Jetzt, also nach 3 Tagen und 22 Stunden oder nach Verlauf von 100,7 Tagesgraden, verliessen alle Embryonen die Eihülle und damit begann die dritte Phase der Embryonalperiode, die s.g. eleuterembryonale Phase (des freien Embryos). Der Verlauf des Schlüpfens verlief normal, die dünne Eihülle platzte in der Kopfgegend und der Embryo verliess mit heftigen Kopfbewegungen das Ei und versuchte sofort sich zwischen den, die Steine bewachsenden, Algen zu verbergen.

Wassertemperatur während der ovularen und embryonalen Phase

28. V. 1964	19,9°C	1. VI. 1964	19,3°C
29. V. 1964	20,5°C	2. VI. 1964	20,4°C
30. V. 1964	19,0°C	3. VI. 1964	22,1°C
31. V. 1964	18,8°C		

Letzte Phase der embryonalen Periode

Die eleuterembryonale Phase dauert vom Schlüpfen des Embryos bis zur Aufzehrung des Dotters und zum Übergang zur exogenen Nahrung.

Nach dem Schlüpfen hatten die Embryonen eine Länge von 3,78 mm (Abb. 7 B, C), der Kopf war etwas nach unten gesenkt, der ausgedehnte Dottersack mass der Länge nach 57,5% und der Höhe nach 10,1% der totalen Körperlänge, der „ductus Cuvieri“ war dünn und die Schwanzader schwach entwickelt. Unverzögllich nach dem Verlassen der Eihülle fielen die Embryonen zu Boden und suchten sich zwischen den Steinen zu verbergen, was charakteristisch für Grundfische ist. Abb. 7-D zeigt 6 Stunden nach dem Schlüpfen einen bereits gerade gerichteten Kopf. Der Dottersack war zu diesem Zeitpunkt etwas kleiner, seine Höhe betrug 8,3% der totalen Körperlänge. Die Brustflossen hingegen wuchsen in ihrer Länge von 14,8% bis zu 18,6% der totalen Körperlänge an. Am Kopfe zeigten sich die ersten einzelnen Pigmentflecken. Das Blut besass noch immer keine rote Färbung.

Nach 2 Tagen und 3 Stunden erreichten die Eleuterembryonen eine Länge von 4,7 mm, der Dottersack schrumpfte noch mehr ein, seine Länge betrug 40,4% und die Höhe 4,3% der totalen Körperlänge. An der unteren Kopfseite erschien die runde Mundöffnung mit einem Durchmesser von 0,84 mm (Abb. 7 E). An den Kopfseiten wurde die Anfänge der Kiemendeckel und der Kiemen selbst sichtbar (Abb. 8 A), am Oberteil des Kopfes vereinigten sich die einzelnen Pigmente zu unregelmäßigen Flecken zusammen (Abb. 8 B). Am Schwanz bildeten die Mezenchymalzellen strahlenförmige Streifen (Abb. 8 C). Das vorerst eingebogene Darmende richtete sich röhrenförmig aus (Abb. 8 D). Dies war das letzte Stadium der eleuterembryonalen Phase. Innerhalb eines Tages war der Dottersackinhalt aufgebracht, somit war derselbe nach 3 Tagen und 3 Stunden vollkommen verschwunden. Die Embryonen, eigentlich schon Larven, begannen Nahrung aufzunehmen.

Die Larvalperiode

Sie beginnt mit dem Moment der exogenen Nahrungsaufnahme und dauert bis zur Resorbierung des Flossensaumes und bis zur Ausbildung aller Organe.

Nach Verlust des Dottersackes begannen die Larven intensiv Nahrung zu suchen. Sie nahmen jedoch nur Bodennahrung auf, indem sie die, zwischen dem Algenbewuchs befindlichen, Organismen frassen. Um den Bartgrundellarven diese Naturnahrung zu sichern, wurden alltäglich aus dem Bachbett Steine mit Algenbewuchs gebracht und am Aquarienboden gelagert. Bei diesem Auswechseln der alten Steine bemerkte man, wie die Larven sofort an die frischen Steine schwammen und die, zwischen dem Pflanzenbewuchs befindlichen, Tiere aufnahmen. Nach einigen Stunden, wahrscheinlich als alle Organismen verzehrt waren, verliessen alle Larven die Steine und verkrochen sich zwischen dieselben am Aquarienboden.

Nach 3 Tagen und 10 Stunden vom Ausschlüpfen erreichten die Larven eine Länge von 5,04 mm und hatten eine breite Mundöffnung mit winzigen Tastwarzen, mit denen sie die Nahrung aufsuchten (Abb. 8 E). Nach 5 Tagen und 13 Stunden bildeten sich bei einer Gesamtkörperlänge von 5,80 mm in den Brustflossen Schleifen in den Blutgefässen als larvale Atmungsorgane aus (Abb. 9 E). Nach 6 Tagen und 13 Stunden, da die Totallänge 5,90 mm betrug, erschienen in den freien Zwischenräumen zwischen den Kiemenbögen und dem Kiemendeckel gefässreiche Ausstülpungen, welche die Atmungsflächen der Kiemen vergrößerten (Abb. 9 C). Dieselben sowie die Gefässschleifen in den Brustflossen verschwanden im Alter von 14 Tagen. Wahrscheinlich benötigen die Larven

in dieser Entwicklungsperiode grössere Sauerstoffmengen, was die Entstehung dieser zusätzlichen Atmungsorgane ausser den Kiemen erklären würde.

Im Alter von 11 Tagen, bei einer Länge von 9,00 mm, änderte sich das Aussehen der Larven, es erschienen Anhäufungen von Mesenchymalzellen an der Stelle der zukünftigen Rückenflosse sowie kleine Ausstülpungen an der Kopfseite hinter der Maulöffnung als Ansätze der späteren Bartfäden (Abb. 9 E), ferner zahlreichen Sinnesorgane längs des Kopfes und Körpers (Abb. 9 F). Nach weiterer Entwicklung im Alter von 14 Tagen (Abb. 10 A) besaßen die Larven 19 Strahlen an der Schwanzflosse und ein aufgerichtetes Ende der „chorda dorsalis“ (Abb. 10 B), ferner 8 Strahlen an der Rückenflosse (Abb. 10 C) und die ersten Anzeichen zur Bildung der Bauchflossen (Abb. 10 D). An den Seiten der Maulöffnung wuchsen 2 seitliche Barteln (Abb. 10 E), vorne am Maul waren 4 Ausstülpungen als Ansätze der zukünftigen vorderen Bartfäden sichtbar (Abb. 10 F).

Nach 19 Tagen wurde eine Körperlänge von 11,0 mm erreicht und in der Brustflosse erschienen 6 Strahlen. Im weiteren Verlauf der Vermehrung der Strahlen wurde nach 27 Tage und bei einer Länge von 14,0 mm folgende Anzahl von Flossenstrahlen erreicht: in der Rückenflosse 10, in der Brustflosse 12, in der Afterflosse 9 und in der Schwanzflosse 20. Nach 29 Tagen war die Pigmentierung des Larvenkörpers ähnlich gemustert, wie bei dem erwachsenen Fisch. Die Strahlenzahl in der Rücken-, After- und Brustflosse (Abb. 11 C, D, E) war endgültig erreicht. Der Schwanzflossensaum war fast vollständig verschwunden (Abb. 12 A), in den Bauchflossen befanden sich 6 Strahlen (Abb. 11 F).

Die vollständige Anzahl der Flossenstrahlen erreichten die Larven, eigentlich schon Jungfische der juvenilen Periode, erst nach 48 Tagen bei einer totalen Länge von 20,6 mm. Zu gleicher Zeit waren die Bartfäden bei der Maulöffnung vollkommen ausgebildet (Abb. 12 B) und der Körper der Fische wurde undurchsichtig, seine Färbung nahm die des erwachsenen Fisches an (Abb. 12 D).

Mit der Beendigung der larvalen Periode und dem Übergang zur juvenilen wurden die Beobachtungen abgebrochen. Die Entwicklung der Bartgrundel (*Nemachilus barbatula* L.) dauerte von der Befruchtung bis zur Erlangung der endgültigen Fischgestalt 51 Tage und 22 Stunden.

Zusammenstellung der Wassertemperaturen in den Aquarien während der eleuterembryonalen Phase und der Larvalperiode:

4. VI. 1964 — 19,8°C	9. VI. 1964 — 18,5°C
5. VI. 1964 — 18,8°C	10. VI. 1964 — 18,8°C
6. VI. 1964 — 20,5°C	11. VI. 1964 — 16,6°C
7. VI. 1964 — 20,5°C	12. VI. 1964 — 16,9°C
8. VI. 1964 — 21,5°C	13. VI. 1964 — 20,1°C

14. VI. 1964 — 20,1°C	3. VII. 1964 — 18,0°C
15. VI. 1964 — 20,5°C	4. VII. 1964 — 12,1°C
16. VI. 1964 — 20,7°C	5. VII. 1964 — 12,2°C
17. VI. 1964 — 20,7°C	6. VII. 1964 — 12,1°C
18. VI. 1964 — 23,2°C	7. VII. 1964 — 15,0°C
19. VI. 1964 — 17,2°C	8. VII. 1964 — 22,0°C
20. VI. 1964 — 20,8°C	9. VII. 1964 — 23,2°C
21. VI. 1964 — 21,5°C	10. VII. 1964 — 18,2°C
22. VI. 1964 — 21,2°C	11. VII. 1964 — 16,2°C
23. VI. 1964 — 19,9°C	12. VII. 1964 — 14,3°C
24. VI. 1964 — 20,9°C	13. VII. 1964 — 17,8°C
25. VI. 1964 — 20,4°C	14. VII. 1964 — 23,1°C
26. VI. 1964 — 22,1°C	15. VII. 1964 — 23,5°C
27. VI. 1964 — 23,1°C	16. VII. 1964 — 22,4°C
28. VI. 1964 — 22,2°C	17. VII. 1964 — 23,4°C
29. VI. 1964 — 18,2°C	18. VII. 1964 — 25,0°C
30. VI. 1964 — 19,8°C	19. VII. 1964 — 23,2°C
1. VII. 1964 — 19,2°C	20. VII. 1964 — 22,8°C
2. VII. 1964 — 19,2°C	21. VII. 1964 — 24,2°C

Die Körpermassen der Larven vom Moment des Schlüpfens bis zur Erreichung der endgültigen Fischgestalt wurden in der Tabelle I, zusammengestellt. Die frisch geschlüpften Larven hatten eine Körperlänge von durchschnittlich 3,78 mm. Die Beobachtungen wurden abgeschlossen, als dieselben eine Länge von 20,6 mm erreichten.

Die Körperproportionen änderten sich allmählich in diesem Zeitraum. Der Kopf vergrösserte sich von 11,8% bis 27,3% im Verhältnis zur Körperlänge; die Länge des Schwanzansatzes von 26,5% bis 38,8% und die grösste Körperhöhe von 5,6% bis 12,6%. Verhältnismässig am wenigsten änderten sich die kleinste Körperhöhe und die Brustflossenlänge. Die erstere betrug gleich nach dem Schlüpfen 4,5%, bei Beendigung der Untersuchungen 6,6%. Die Brustflossenlänge änderte sich noch weniger, von 14,8% auf 15,5%, d.i. nur um 0,7%.

Vergleich mit der Entwicklung von Ei und Larve anderer Vertreter der Cobitidae

Die Bartgrundel (*Nemachilus barbatulus* L.) bewohnt Bäche mit steinigem oder kiesigem Grund. Die Beobachtungen ergaben, dass der Rogen an Steinen mit dichtem Algenbewuchs im Mai bei der Wassertemperatur von ca 20°C abgelegt wird. Dies wurde durch die, im natürlichen Bachbett gefundenen, Laichstellen bestätigt. Überall dort war der Grund mit Algen bewachsen.

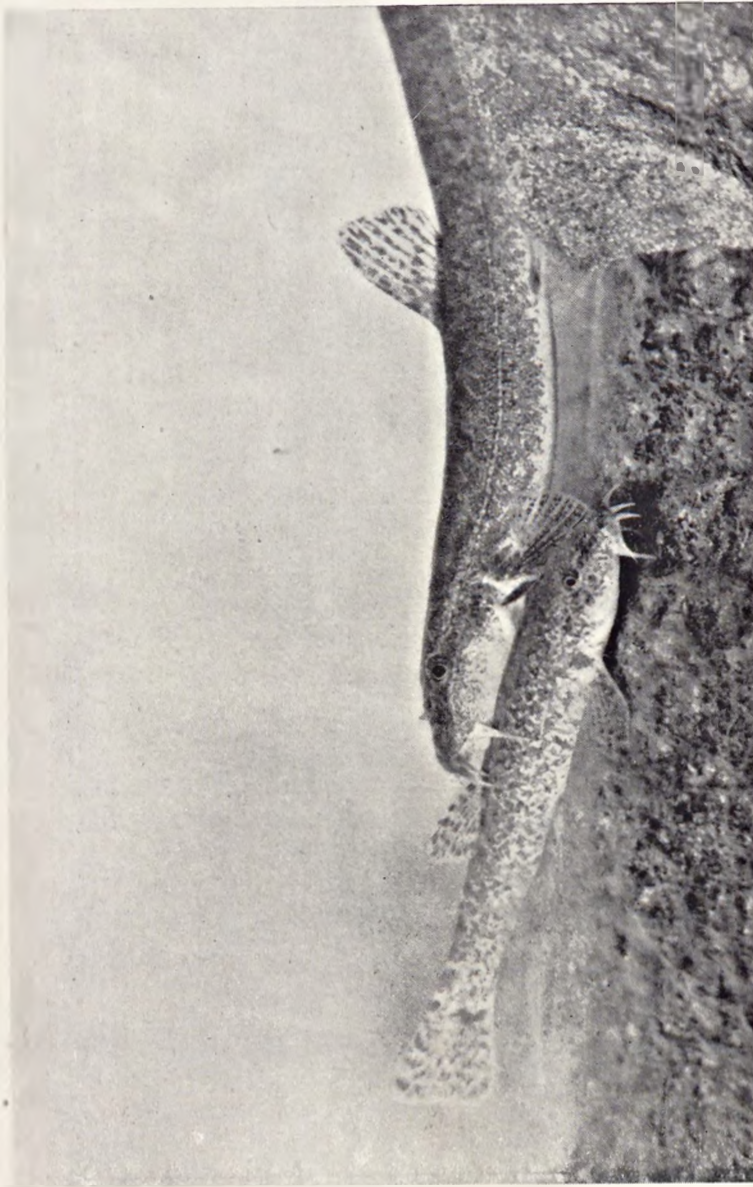


Abb. 1. Männchen und Weibchen von *Nemachilus barbatulus* L. im Hochzeitskleid während des Freiens.

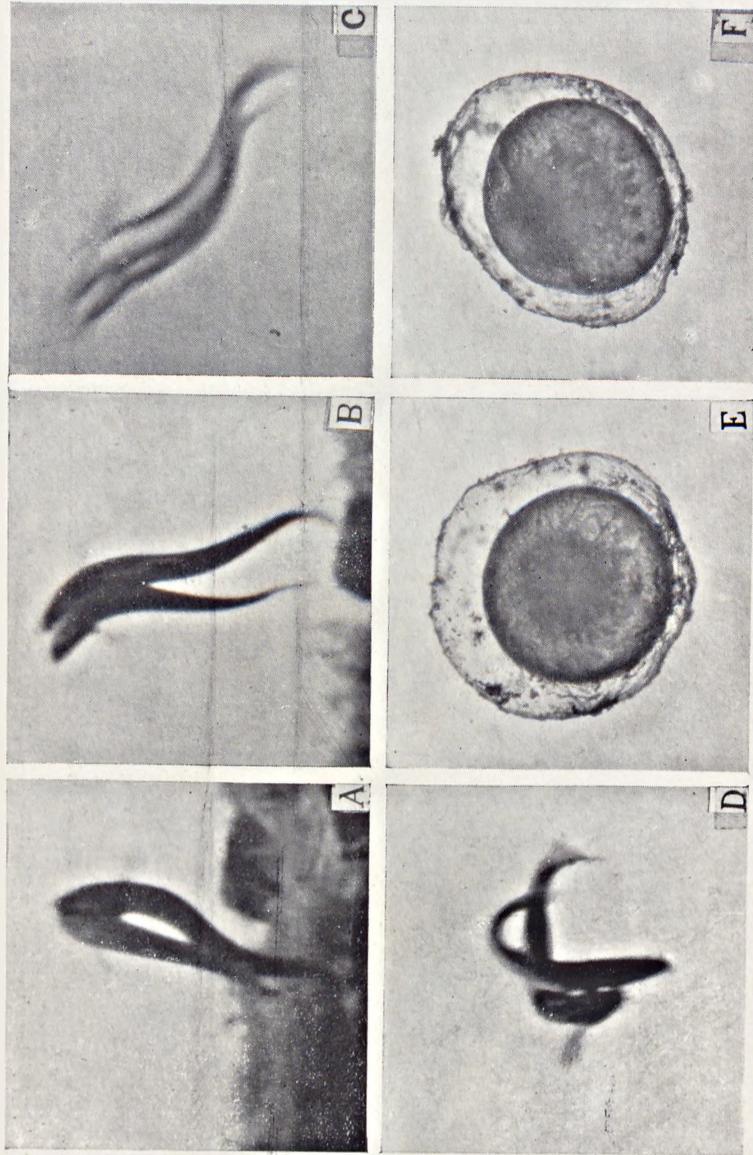


Abb. 2. A, B, C — das Laichen von *Nemachilus barbatulus* L. E, F — Rogen der Bartgrundel mit der verdickten, noch nicht geteilten Keimplatte.

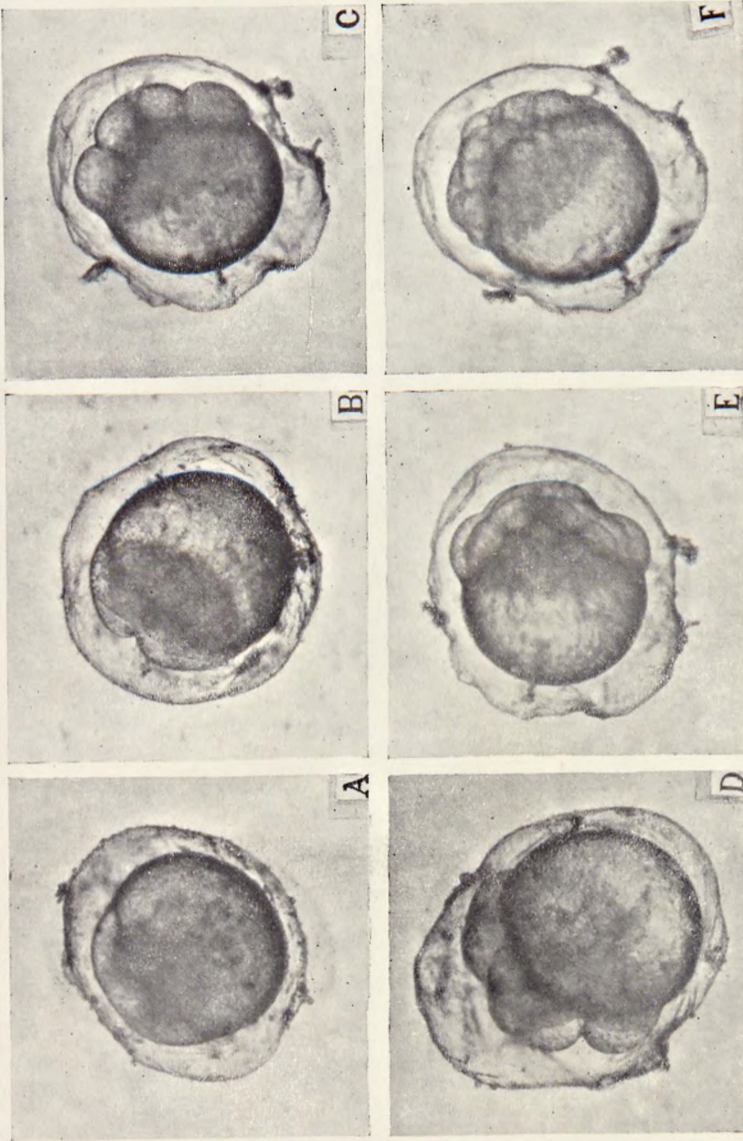


Abb. 3. A — die am Gipfel abgeflachte Keimplatte 40 Minuten nach der Befruchtung. B — Stadium von 2 Blastomeren nach 50 Minuten Entwicklung. C — Stadium von 4 Blastomeren nach 1 Stunde und 20 Minuten. D — Stadium von 8 Blastomeren nach 1 Stunde und 40 Minuten. E — Stadium von 16 Blastomeren nach 2 Stunden. F — Stadium von 32 Blastomeren nach 2 Stunden und 30 Minuten.

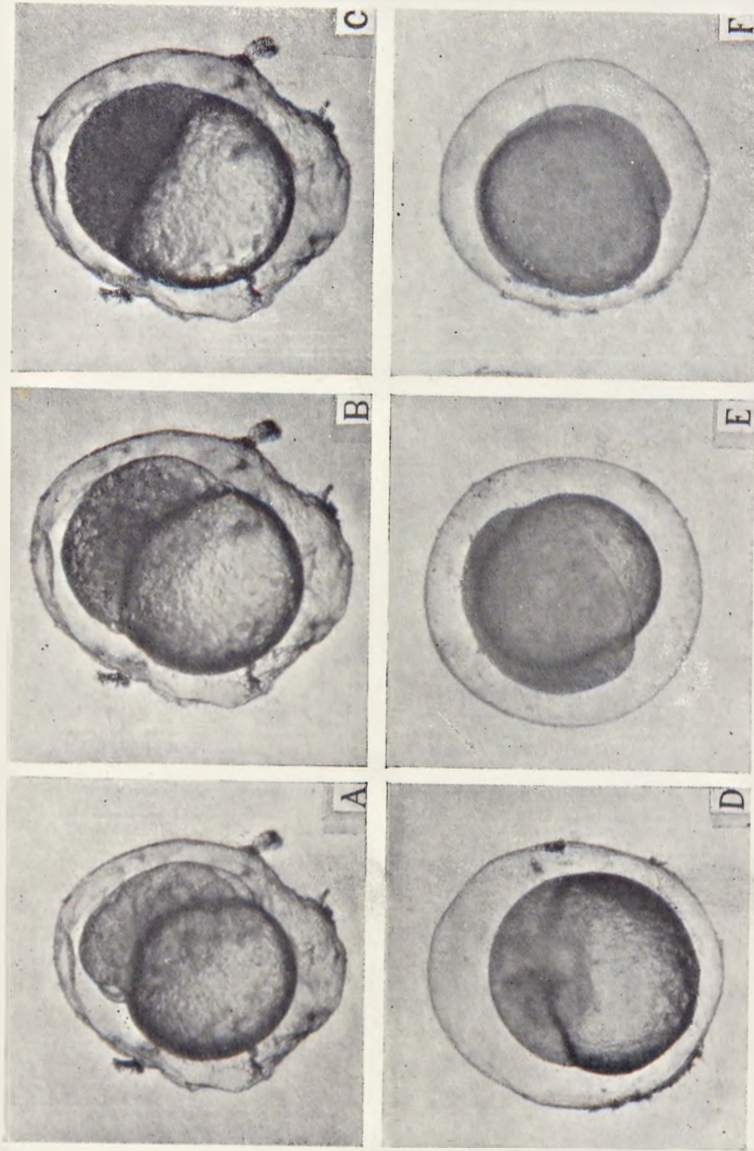


Abb. 4. A — die grosszellige Morula nach 3 Stunden und 15 Minuten. B — kleinzellige Morula nach 3 Stunden und 45 Minuten. C — Blastula nach 4 Stunden und 30 Minuten. D — erstes Stadium der Gastrulation nach 7 Stunden und 20 Minuten. E, F — nachfolgende Stadien der Gastrulation.

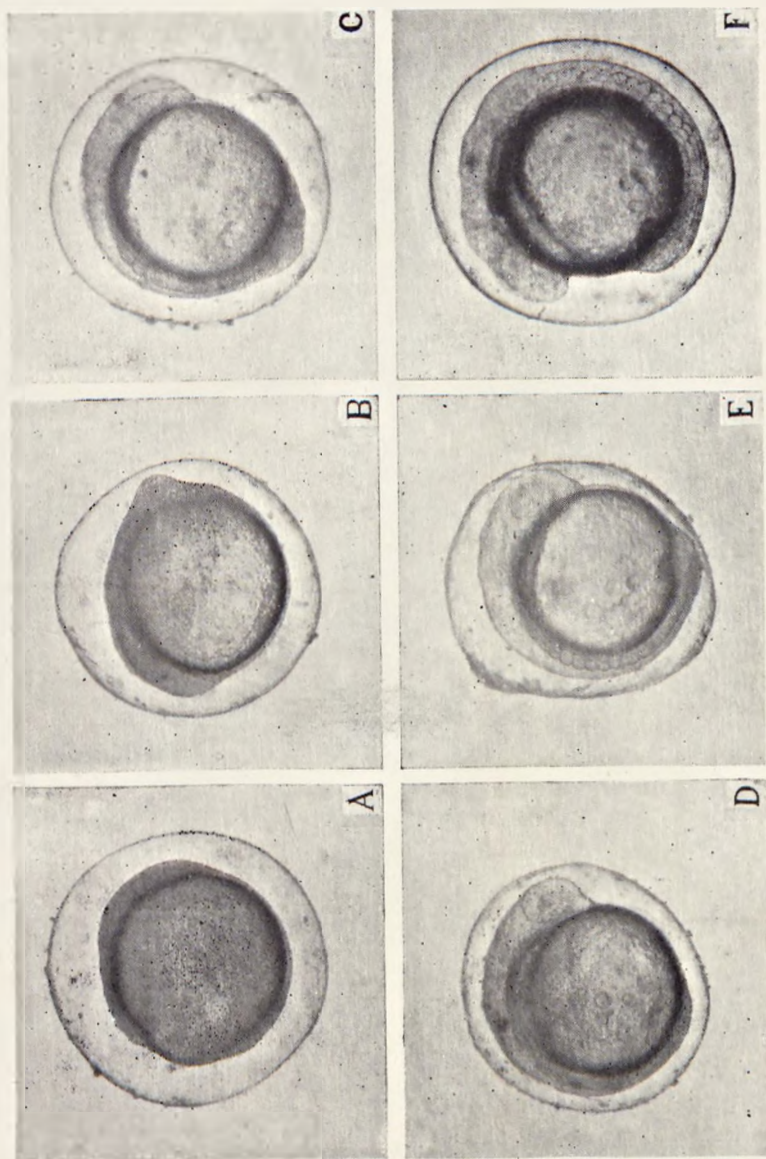


Abb. 5. A — letztes Stadium — Gastrulation nach 12 Stunden u. 30 Minuten. B — die ersten Umrisse des Embryo nach 13 Stunden und 10 Minuten. C — Embryo, bei dem die Bildung der Miomeren nach 15 Stunden und 30 Minuten beginnt. D — erste Umrisse des Auges beim Embryo nach 17 Stunden und 40 Minuten. E — Embryo mit 8 Miomeren nach 19 Stunden Entwicklung. F — Embryo mit ausgebildeten 18 Miomeren nach 22 Stunden und 30 Minuten.

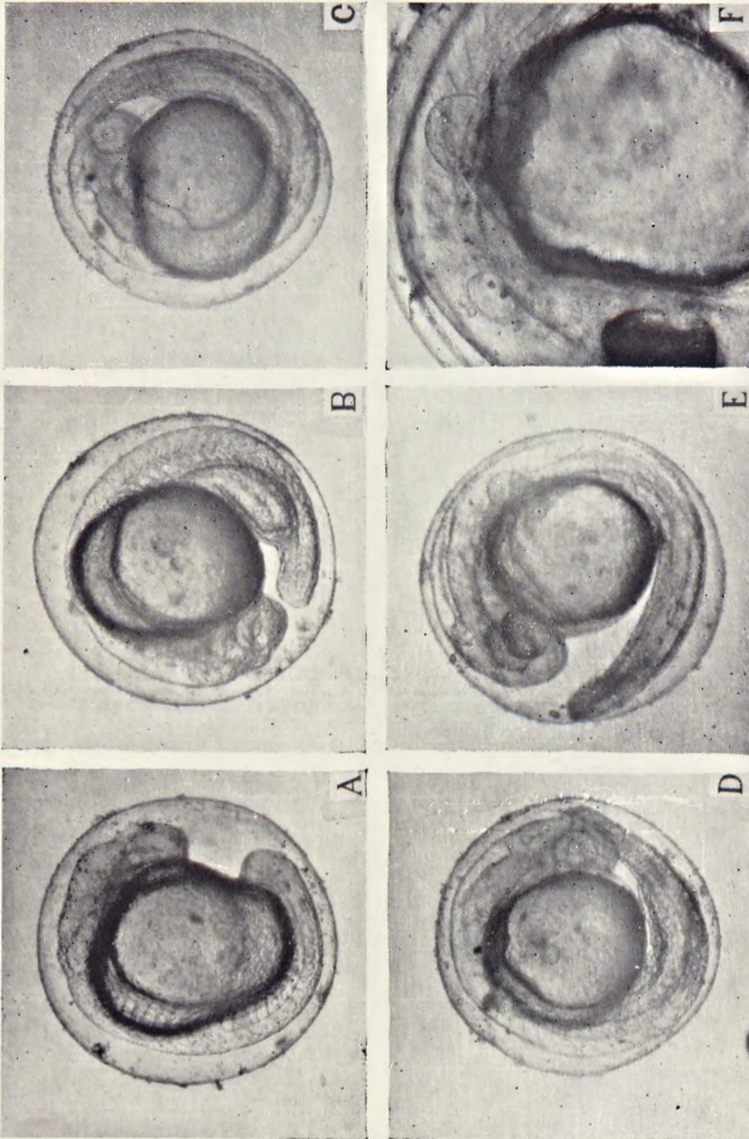


Abb. 6. A — Veränderung der Form des Dottersackes beim Embryo nach 1 Tage und 1 Stunde der Entwicklung. B — Embryo, bei dem nach 1 Tage und 7 Stunden die ersten Bewegungen bemerkt wurden. C, D — Embryo nach 1 Tag und 14 Stunden Entwicklung. E — Embryo mit schwarzem Pigment in den Augen nach 1 Tag und 21 Stunden. F — Embryo mit sichtbarer Brustflosse.

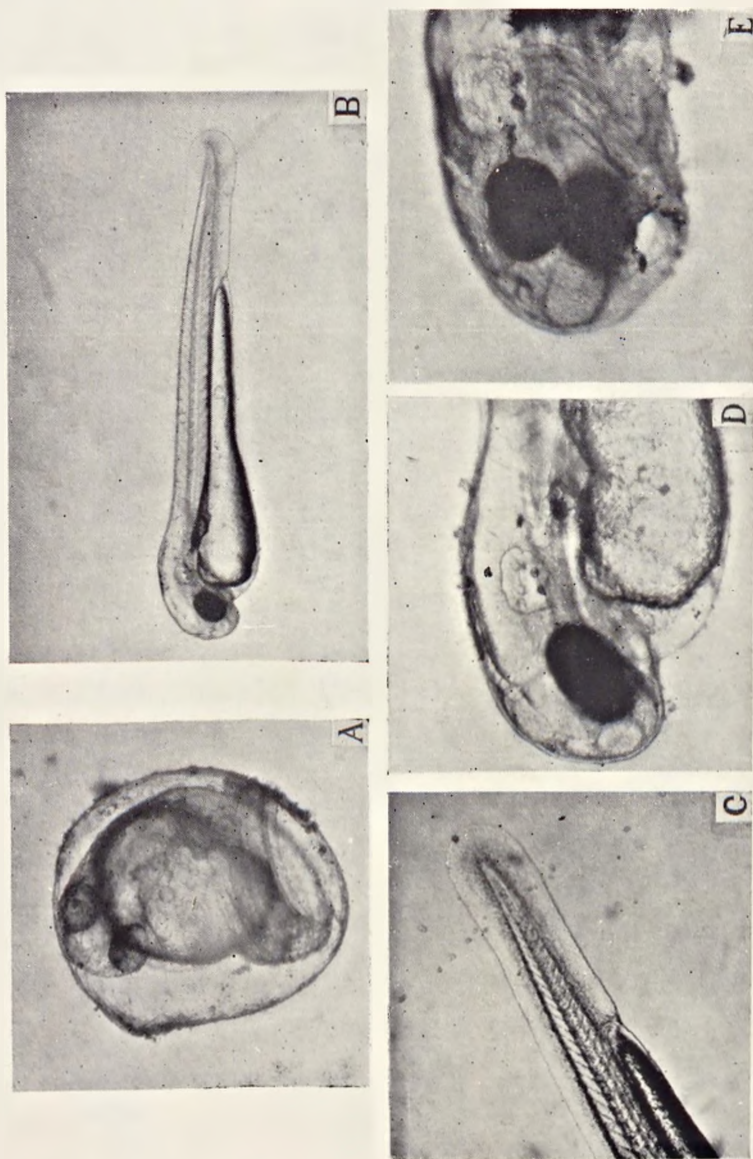


Abb. 7. A — Embryo vor dem Schlüpfen nach 2 Tagen und 15 Stunden Entwicklung. B — Eleuterembryon gleich nach dem Schlüpfen mit 3,78 mm totaler Körperlänge nach 3 Tagen und 20 Stunden. C — Schwanz des freien Embryos gleich nach dem Schlüpfen. D — Kopf des Embryos 6 Stunden nach dem Ausschlüpfen. E — Kopf des Embryos nach 2 Tagen und 3 Stunden vom Ausschlüpfen, mit sichtbarer, runder Maulöffnung.

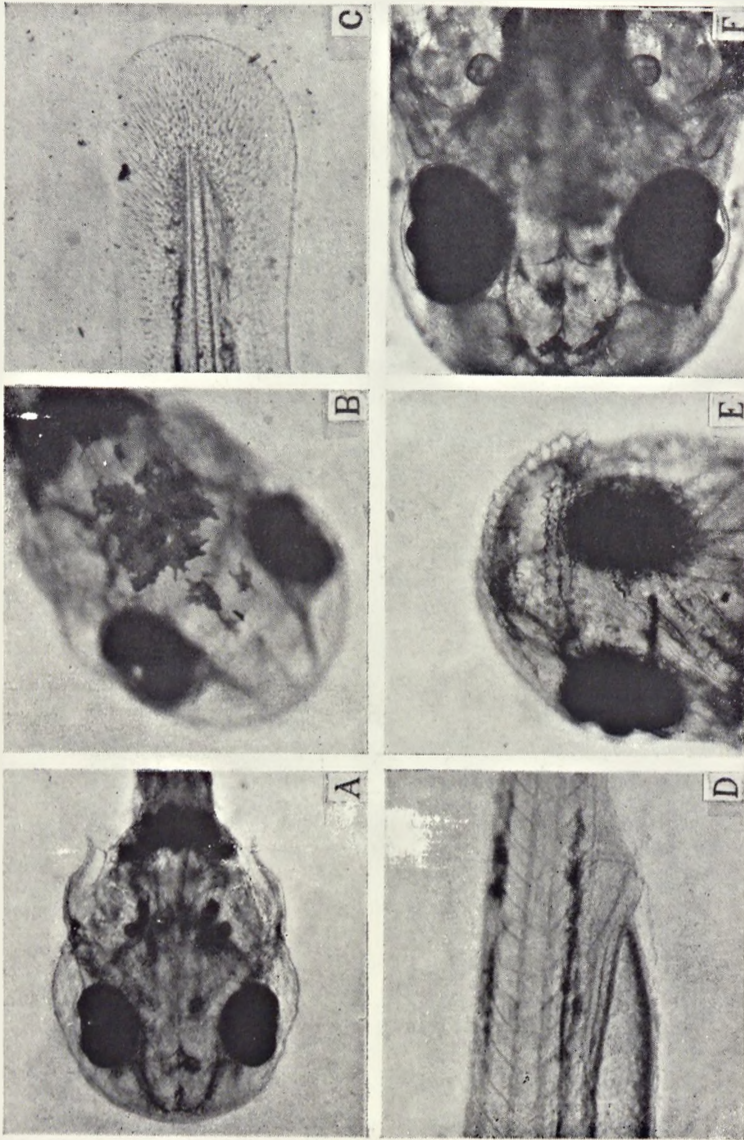


Abb. 8. A — Kopf des Embryos mit ausgebildeten Kiemen und Kiemendeckeln nach 2 Tagen und 3 Stunden. B — Pigmentzellen am Kopf des Embryos nach 2 Tagen und 3 Stunden. C — Schwanz des Embryos nach 2 Tagen und 3 Stunden. D — Afterteil des Embryos nach 2 Tagen und 3 Stunden. E — Maulöffnung der Larve mit zahlreichen Tastwarzen nach 3 Tagen und 10 Stunden vom Schlüpfen.

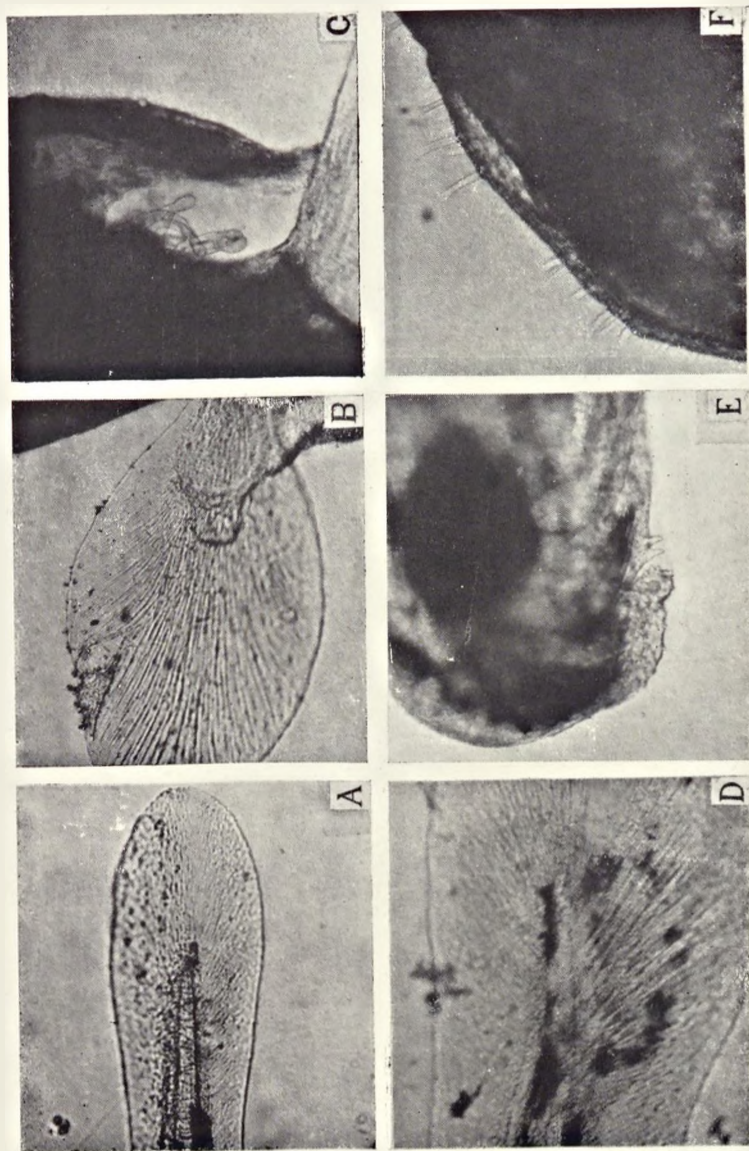


Abb. 9. A — Schwanz der Larve nach 5 Tagen und 13 Stunden. B — Brustflosse der Larve nach 5 Tagen und 13 Stunden mit sichtbaren Blutgefässschleifen des larvalen Atmungsorgans. C — Äussere Kiemen der Larve nach 6 Tagen und 13 Stunden. D — Schwanz der Larve nach 11 Tagen vom Schlüpfen. E — Bildung der Barteln an den Seiten des Maules. F — Sinneskörperchen längs des Larvenkopfes nach 11 Tagen.

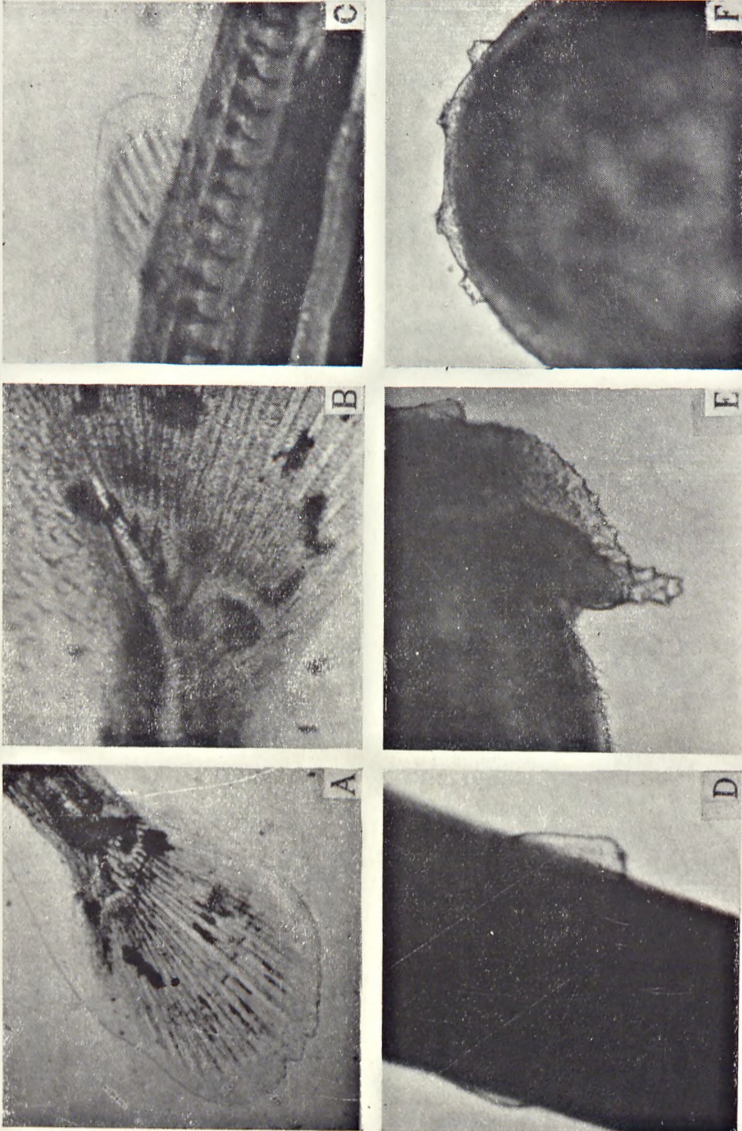


Abb. 10. A — Schwanz der Larve mit 19 Strahlen nach 14 Tagen Entwicklung. B — nach aufwärts gebeugtes Ende der „chorda dorsalis“ nach 14 Tagen vom Schlüpfen. C — Bildung der Rückenflosse nach 14 Tagen. D — Bildung der Bauchflossen nach 14 Tagen. E — Barteln an den Seiten des Maules der Larve im Alter von 14 Tagen. F — die zukünftigen Bartfäden am Maulende nach 14 Tagen.

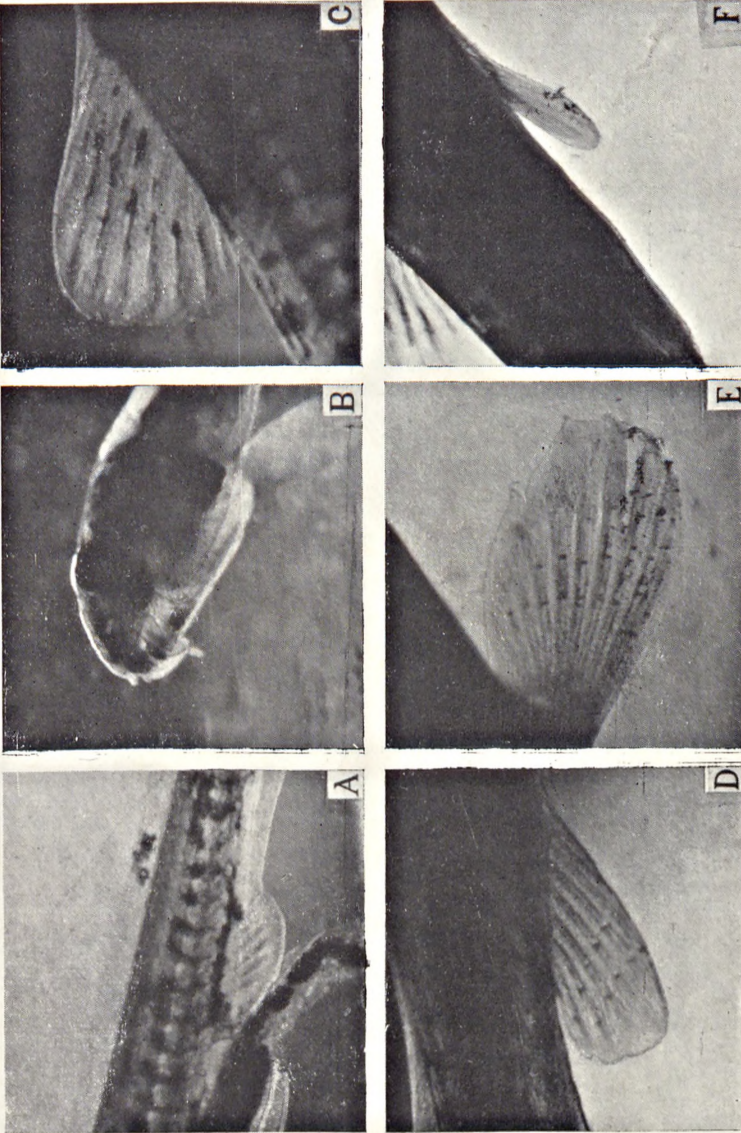


Abb. 11. A — Afterflosse der Larve nach 19 Tagen. B — Kopf der Larve nach 27 Tagen. C — Rückenflosse nach 27 Tagen. D — Analflosse nach 29 Tagen. E — Brustflosse nach 29 Tagen. F — Bauchflosse nach 29 Tagen.

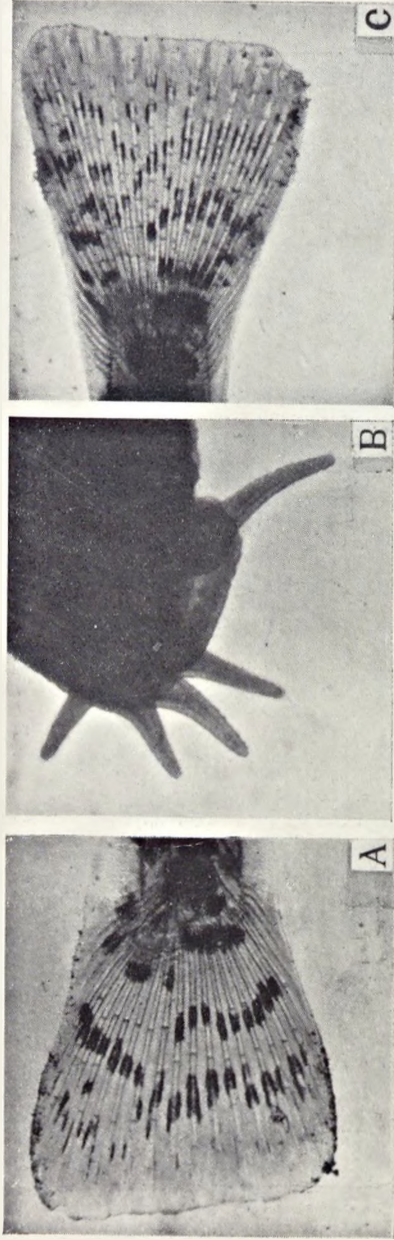


Abb. 12. A — Schwanzflosse nach 29 Tagen. B — Bartfäden des Jungfisches nach 48 Tagen. C — Schwanzflosse nach 48 Tagen. D — Jungfish nach 48 Tagen von Schlüpfen.

Die Eleuterembryonen der Bartgrundel besitzen nach dem Schlüpfen keine Klebedrüsen, sie sinken gleich zu Boden und trachten sicheren Unterschlupf zwischen den Steinen aufzusuchen, wobei sie sich gewandt bewegen. Zum Schwimmen gebrauchen sie die grossen Brustflossen und rasche Schwanzbewegungen. Der schmale, birnenförmige Dottersack (57,5% lang und 10,1% hoch im Verhältnis zur totalen Körperlänge) verursacht keinen grossen Balast, was zweifellos den Fischen das Fortbewegen erleichtert. Als Atmungsorgane dienen den Bartgrundeln anfangs die dünnen Cuvier'schen Kanäle sowie die schwach entwickelte Schwanzader, später die Kiemen, die sich sehr rasch (nach 3 Tagen) entwickeln und die Atmungstätigkeit übernehmen.

Eine merkwürdige und schwer erklärbare Erscheinung während der Entwicklung der Bartgrundel, die doch gut mit Sauerstoff angereicherte Bäche und Flüsse bewohnt, sind die zusätzlichen Atmungsorgane, wie die Blutgefässschleifen in den Brustflossen und später die fadenförmigen, gefässreichen Fortsätze, die sich in dem freien Raum zwischen Kiemen und innerem Kiemendeckelrand entwickeln. Sie erscheinen schon beim fünftägigem Fischchen, bei einer Körperlänge von 5,8 mm, in dem Augenblick, da die Larven bereits voll ausgebildete Kiemen besitzen. Diese zusätzlichen Organe verschwinden vollkommen nach 14 Tagen der Entwicklung.

In Anbetracht dieser Feststellungen ist von Interesse die Stellungnahme, welche die Bartgrundel (*Nemachilus barbatulus* L.) in der Familie der *Cobitidae* einnimmt. Krizanovski (1949) teilt diese in 2 Unterfamilien: psammofile *Nemacgilini* und phytofile *Cobitini*. Die Vertreter dieser Unterfamilien weisen charakteristische Anpassungen bei ihrer Entwicklung in unterschiedlichen ökologischen Verhältnissen auf.

Die Gruppe der psammophilen *Nemachilini*, die durch *Nemachilus dorsalis* Kesler, *N. strauchii ulacholicus* Aniki und *N. stoliczkai* Steind vertreten sind, ist charakteristisch: 1) durch das Ablegen des Rogens mit klebriger Hülle im Sand oder an Pflanzen im spärlichen Wuchs auf sandigen oder kiesigem Bachgrund bei schwacher Wasserströmung; 2) durch das Laichen bei einer Wassertemperatur von 9—10°C; 3) durch das Fehlen beim Embryo der klebrigen Drüsen, welche das Anhaften an Pflanzen ermöglichen; 4) durch die frühzeitige Entwicklung der sich rasch vergrössernden Brustflossen, die dem Embryo das Schwimmen und das Aufstützen am Bachgrund erleichtern; 5) durch die Maulöffnung, die zur Aufnahme von Bodennahrung angepasst ist und dicke, fleischige Lippen mit zahlreichen Sinneswarzen besitzt; 6) durch das Fehlen der Barteln, die sich erst am Ende der Larvalperiode entwickeln; 7) durch das frühzeitige Entstehen der Kiemen, welche die Atmungsfunktionen der, infolge Schrumpfens des Dottersackes, schwindenden Cuvier'sche Kanäle übernehmen; ferner durch das Erscheinen im weiteren Larvalstadium, bei bereits bestehenden Kiemen, von zusätzli-

chen Atmungsorganen, wie die Blutgefässschleifen in den Brust- und Bauchflossen.

Die phytofile Gruppe der *Cobitini*, vertreten durch *Misgurnus fossilis* L. und *Cobitis tenia* L., wird charakterisiert: 1) durch die an Pflanzen der oberen Wasserschichten angepasste Entwicklung, wobei die unteren Schichten, welche schlechtere, durch Fäulnisprozesse entstehende, Sauerstoffverhältnisse besitzen, vermieden werden; 2) durch das spätfürhjahrliche Laichen bei Wassertemperaturen um 18°C (ähnlich wie bei den phytofilen Karpfenartigen); 3) durch die Fähigkeit der Embryonen sich nach dem Schlüpfen vermittels der am Kopf befindlichen Klebedrüsen, an Wasserpflanzen anzuheften; 4) durch die spätere, als bei der Unterfamilie der *Nemachilini*, Entwicklung der Kiemen, denen bei Verringerung der Cuvier'schen Atmungsflächen äussere Kiemen vorangehen; diese wiederum Schwinden bei Entwicklung der echten Kiemen, denen behilflich sind die Blutgefässe in Brust- und Rückenflosse sowie in der Hautfalte des Schwanzes und schliesslich noch ein Atmungsorgan, der Darmkanal.

Aus diesen Angaben über die Entwicklung der psammofilen und phytofilen Gruppe ergibt sich, dass *Nemachilus barbatus* L. eine Mittelstellung zwischen beiden Unterfamilien einnimmt. Einerseits nähert er sich den psammofilen *Nemachilini* durch Fehlen der Klebedrüsen, durch spätere Entfaltung der Barteln und durch frühe Entwicklung der Kiemen. Andererseits wird er den phytofilen *Cobitini* ähnlich: durch das Laichen bei höherer Wassertemperatur (18—20°C) durch das Ablegen des Laiches in dichtem Bewuchs der Unterwasserpflanzen sowie durch die Bildung äusserer Kiemen, die zwar nicht gross sind, nicht über die Kiemendeckel hervorstehen, die sich aber bereits während der Funktion der echten Kiemen entwickeln.

STRESZCZENIE

Opisano tarło oraz rozwój embrionalny i larwalny śliza (*Nemachilus barbatus* L.). Materiałem wyjściowym były samce i samice złowione w rzece Rabe w ostatnich dniach maja 1964, przy temperaturze wody 20,2°C. Ryby osadzone w odpowiednio przygotowanych akwariach wytarły się po dwóch dniach. Rozwój ikry przy średniej temperaturze wody 19,9°C trwał 3 doby i 22 godziny, tj. 100,7 stopniodni, przy czym do wytworzenia się czarnego pigmentu w oczach upłynęło 57,2 stopniodni. Larwy po wylęgu miały przeciętnie 3,78 mm długości, głowę lekko zagiętą ku dołowi i wydłużony woreczek żółtkowy. Trawienie woreczka żółtkowego zostało ukończone po 3 dobach i 3 godzinach. W tym samym czasie wytworzyły się skrzela właściwe. Po zaniku woreczka żółtkowego larwy rozpoczęły intensywne żerowanie, szukając pokarmu wśród glonów porastających kamienie na dnie akwarium. Po 5 dobach i 13 godzinach pojawiły się w płetwach piersiowych larw pętle naczyń krwionośnych larwalnego systemu oddechowego. Po 6 dobach i 13 godzinach pojawiły się w wolnej przestrzeni pomiędzy lukami skrzelowymi a wewnątrz-

ną krawędzią wieczka skrzelowego silnie unaczynione nitkowate wyrostki, czyli skrzelka zewnętrzne. Narządy te zanikły po 14 dobach.

Zakończenie rozwoju larwalnego nastąpiło po 48 dobach, a licząc od zapłodnienia jaj, po 51 dobach i 22 godzinach.

Poszczególne stadia rozwoju embrionalnego i larwalnego są przedstawione na ryc. 1—12.

Śliz należący do rodziny *Cobitidae* zajmuje co do charakteru rozwoju larwalnego stanowisko pośrednie pomiędzy podrodziną *Nemachilini* i podrodziną *Cobitini*. Do psammofilnych *Nemachilini* zbliżony jest brakiem gruczołów kleistych po wyłęgu, wczesnym rozwojem skrzel i późnym pojawieniem się wąsików. Do przedstawicieli *Cobitini* upodabnia go odbywanie tarła przy wysokiej temperaturze wody (18—20°), składanie jaj na roślinach wodnych (glonach) i obecność skrzel zewnętrznych. Skrzelka te są wprawdzie niewielkie, nie wyrastające na zewnątrz spod pokrywy skrzelowej, a zatem jakby zredukowane, niemniej jednak utrzymują się przez kilka dni.

LITERATUR

- Bade E., 1902. Die Süßwasserfische. Berlin.
 Balon E., 1960. Über die Entwicklungsstufen des Lebens der Fische und ihre Terminologie. Ztschr. wissenschaft. Zoologie, 164, 3/4.
 Berg D. S., 1949. Ryby presnych vod SSSR i sopredelnych stran. 2, Moskva.
 Filek W. V., 1960. Vergleichende Verhaltenstudien an Grundfischen. Beiträge zum Verhalten von *Nemachilus barbatula* L. Ztschr. f. Tierpsychol., 17, 4.
 Kohler W., 1906. Geschlechtsunterschiede der Cobitiden. Aquarium u. Terrarium-Kd., 4, 17.
 Kryżanovskij S. G., 1949. Ekologo-morfologičeskie zakonomernosti razvitija karpovych, v'junovych i somovych ryb (*Cyprinoidei* i *Siluroidei*). Trudy Instit. Morf. Život., 1.

Adres autora — Anschrift des Verfassers

Dr Janusz Starmach

Zakład Biologii Wód, Polska Akademia Nauk, Kraków, ul. Sławkowska 17.