

Über die Regulation der Gelegegröße bei Fischen¹

VON HANS M. PETERS

Aus dem Zoophysiologicalen Institut der Universität Tübingen
(Z. Naturforschg. 12 b, 255—261 [1957]; eingegangen am 21. Dezember 1956)

Während im Ovar des Buntbarsches *Hemichromis bimaculatus* eine Anzahl Eier als Gelege heranwächst, bleibt eine Menge „Reserve-Eier“ in der Entwicklung zurück. Aus ihnen geht das nächste Gelege hervor. Bei experimenteller Entfernung eines Teiles der heranwachsenden Eier (partielle Kastration) ersetzen die Reserve-Eier das Fehlende, so daß ein Gelege normaler Größe zustande kommt. Die Anzahl der Eier steht in Beziehung zum Körpergewicht des Fisches.

Die Frage nach einem Mechanismus, der die Gelegegröße bei Fischen regelt, ist bisher, soweit ich sehe, nicht gestellt worden. Dagegen hat man oft versucht, die unterschiedliche Produktivität der Fischarten teleologisch zu verstehen. Fische, die wenig Eier hervorbringen, sichern die Erhaltung ihrer Art vielfach durch Brutpflege — Stichlinge z. B. bewachen das Gelege in einem Nest, der Bitterling bringt seine Eier in einer Muschel unter, andere etwa sind „Maulbrüter“. Arten jedoch, welche die Brut sich selbst überlassen, erzeugen dafür, so heißt es, um so mehr Eier. Diese Überlegungen weisen auf ein interessantes Problem, aber sie geben natürlich keinen Einblick in die Faktoren, die nun tatsächlich für die produzierten Ei-Mengen verantwortlich sind. Im folgenden sollen daher einige Beobachtungen mitgeteilt werden, die gewisse Hinweise in dieser Richtung geben. Es muß zuvor betont werden, daß es sich nur um eine allererste Orientierung über ein neues Problemgebiet handeln kann.

Die Frage berührt das Problem der Wachstums-Regulationen. Die Gonaden unterstehen deren Gesetzmäßigkeiten wie andere Organe auch. So fanden BOCK² beim Stichling und WUNDER³ beim Karpfen nach einseitiger Kastration kompensatorisches Wachstum der verbliebenen Hodenhälften. Entsprechendes beobachtete WUNDER⁴ auch nach halbseitiger Entfernung des Ovars beim Karpfen. Das letztere Experiment führt unmittelbar an die Frage der Gelegegrößen heran, ist aber unter diesem Gesichtspunkt nicht ausgewertet worden.

Material und Technik

Das Versuchstier, *Hemichromis bimaculatus* (*Cichlidae*), ist ein bekannter Aquarien-Fisch aus West-Afrika.

Seine Haltung in Gefangenschaft macht keinerlei Schwierigkeiten. Er ist so zäh, daß man selbst nach Kastrationen so gut wie keine Verluste hat. Es ist ganz unnötig, diese unter sterilen Bedingungen auszuführen. Zur Entfernung der Gonade wurden die Fische mit Urethan narkotisiert, bis sie das Gleichgewicht verloren. Dann wurde die Leibeshöhle durch einen seitlichen Schnitt eröffnet und der gewünschte Gonadenteil herausgenommen. Danach näht man mit feiner Wundseide wieder zu. Es ist geboten, währenddessen die Kiemen des im Wachsbecken liegenden Tieres mit Wasser zu beträufeln. Nach einer halben Stde. hat sich das Tier vollkommen erholt, und ein paar Tage später ist die Wunde glatt verheilt.

Als Kriterium des Reifegrades der Ovarien diente die Größe der Eier. Als einheitliches Maß dafür galt die halbe Summe aus dem größten Durchmesser („Länge“) und der „Dicke“. Die letztere wurde längs des auf dem größten Durchmesser errichteten Mittellotes gemessen. Das so gewonnene Maß nenne ich die „Eigröße“. Die Messungen wurden nach Fixierung mit Bouin'scher Flüssigkeit in 70-proz. Alkohol ausgeführt; alle Angaben beziehen sich also auf fixiertes Material. Es wurde festgestellt, daß bei 2-tägiger Fixierung frisch abgelegter Eier in Bouin's Gemisch eine Schrumpfung um 8,7% stattfindet. Nach Überführung in 70-proz. Alkohol tritt keine Veränderung mehr ein. Um die Eier in möglichst regelmäßiger abgerundeter Gestalt zu fixieren, ging ich später dazu über, die Ovarien vor dem Eintauchen in die Fixierflüssigkeit so weit aufzupräparieren, daß die Eier sich abrunden konnten. Dadurch wurde natürlich die Genauigkeit der Messungen erhöht.

Es versteht sich, daß in den Fällen, in denen der gesamte Bestand eines Ovars an Eiern, von einer bestimmten Größe an, ausgewertet wurde, jedes einzelne Ei erst frei präpariert werden mußte. Wenn bloß der Reifegrad zu beurteilen war, konnte von dieser außerordentlich mühsamen und zeitraubenden Arbeit abgesehen werden. Es genügte, sich auf Stichproben zu beschränken. Sowohl zur Ausmessung der „Reserve-Eier“ (s. u.) wie der Gelege-Sätze im Ovar wurden Proben von je 12 Eiern ausgewählt, und zwar 6 aus

¹ Untersuchungen im Rahmen eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft unterstützten Forschungsvorhabens.

² F. BOCK, Z. wiss. Zool. 130, 455 [1927].

³ W. WUNDER, Zool. Anz. 155, 232 [1955].

⁴ W. WUNDER, ROUX' Arch. Entwicklungsmechan. Organismen 146, 407 [1953].

jedem Schenkel, bzw. 12, wenn nur einer vorhanden war. In gewissen Fällen wurden zur Messung der Ei-Größen Totalpräparate von ganzen Ovarien benutzt, die in Boraxkarmin gefärbt und über Nelkenöl in Rhenohistol eingeschlossen worden waren. Die zu vermessenden Eier wurden dann durch Spiegelprojektion aufgezeichnet. Als „Ei-Größe“ galt der Durchschnitt aus den 12 Einzelwerten.

Der Fortpflanzungszyklus

Hemichromis zieht seine Brut in der „Elternfamilie“ auf. Männchen und Weibchen schließen sich zu einem Paar zusammen. Einige Tage danach laichen die Tiere innerhalb des gewählten „Territoriums“ an einer festen Unterlage ab, z. B. an einem Stein. Bei einer Temperatur von 27° C schlüpfen die Larven nach ± 36 Stunden. Ihre ersten Lebenstage verbringen sie in einer kleinen Grube, die von den Eltern vorbereitet wurde. Dann schwärmen sie aus, um unter der Führung und dem Schutz der Alten noch einige Zeit umherzuwandern⁵.

Für Cichliden dieser Lebensordnung kann als Regel gelten, daß sie in einer Fortpflanzungsperiode nacheinander mehrere Bruten hochbringen. Darauf tritt eine längere Pause ein. Gewisse Arten dürften in freier Natur ein Alter von etlichen Jahren erreichen und in dieser Spanne, unter fortgesetztem Wachstum, viele Fortpflanzungszyklen durchlaufen.

Das geschilderte Verhalten basiert auf einem Gonadenzyklus bestimmter Prägung; er soll hier nur auf der weiblichen Seite verfolgt werden⁶.

Der Modus der Eireifung

Für den gegenwärtigen Zusammenhang ist wesentlich, daß ein Gelege im Ovar als ein geschlossener Satz von Eiern heranwächst. Bei Eintritt in eine Fortpflanzungs-Periode umfaßt die Gonade eine Anzahl von Oocyten, die mit einigen Tausend eher zu gering veranschlagt ist. Und aus diesen, zunächst noch sehr kleinen Eiern, sondert sich ein Gelegesatz durch Wachstum ab. Abb. 1 veranschaulicht das für Ovarien verschiedener Reifegrade. Das Gelege Nr. 433 hat sich bereits aus der Masse der kleinen Eier (ganz links) deutlich herausgesondert. Eine solche Gruppe wächst nun als Ganzes immer weiter heran, bis sie schließlich reif ist (Nr. 434). Das Ge-

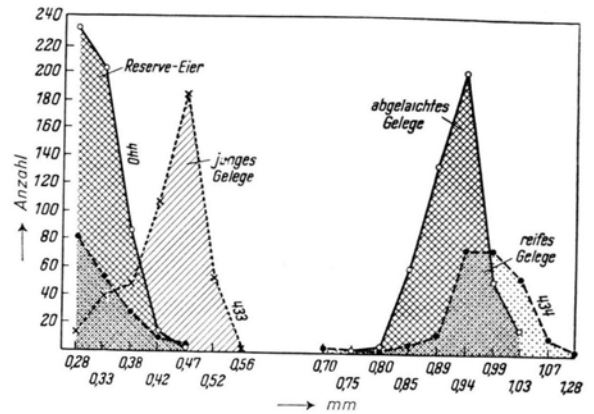


Abb. 1. *Hemichromis bimaculatus*. Gesamtbestand an Eiern dreier Ovarien verschiedenen Reifegrades bis hinab zur Größe von min. 0,23 mm, nach ihrer Häufigkeit dargestellt. Bei Nr. 434 nur ein Schenkel des Ovars berücksichtigt.

lege Nr. 440 war bereits abgelaicht worden, obwohl es übrigens die Größe des Ei-Satzes Nr. 434 noch nicht ganz erreicht hatte. Man bemerkt erhebliche Größenunterschiede zwischen den Eiern; gleichwohl liefern alle einen Jungfisch.

Während ein Gelege-Satz heranwächst, bleibt die weit überwiegende Masse der Oocyten in der Entwicklung zurück. Sie bilden ein Lager, aus dem die späteren Gelege nachgeliefert werden. Die am weitesten entwickelten Oocyten dieses Lagers nenne ich *Reserve-Eier*. Denn auf sie wird zunächst zurückgegriffen, wenn es gilt, ein neues Gelege heranzubilden. Zwischen den größten der Reserve-Eier und den kleinsten Eiern eines heranwachsenden Geleges besteht eine Lücke; sie wird mit dem Wachstum des Gelege-Satzes immer größer, m. a. W. die Reserve-Eier wachsen nicht über einen gewissen Grenzwert hinaus (s. Abb. 1). Ihre große Masse hat einen Durchmesser von 0,2–0,3 mm, und nur relativ wenige wachsen etwas stärker heran (Abb. 1). Daß die Reserve-Eier tatsächlich zurückbleiben, während ein Gelege heranwächst, ist eine für alles Weitere fundamentale Feststellung. Deshalb soll sie ausführlicher belegt werden (Abb. 2). Diese Darstellung zeigt, daß keine Korrelation zwischen der Größe der Reserve-Eier und der Größe (Reife) der Eier eines heranwachsenden Geleges besteht.

⁵ Ausführliche Angaben über die Fortpflanzungsbiologie und Ethologie von *Hemichromis* und ähnlichen Formen bei G. K. NOBLE u. B. CURTIS, Bull. Amer. Mus. Nat. Hist. 76, 1 [1939]; H. M. PETERS, Z. Morph. Ökol. Tiere, 37, 387 [1941]; G. P. BAERENDS u. J. M. BAERENDS-VAN ROON, Behavior/Suppl. 1, 1 [1950].

⁶ Weitere Untersuchungen, auch an anderen Arten, folgen in einer gesonderten Publikation. Dort wird auch die einschlägige Literatur besprochen.

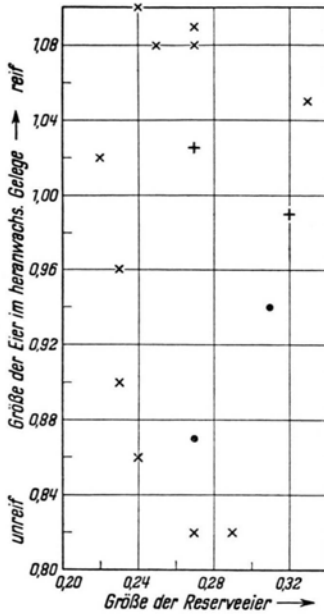


Abb. 2. *Hemichromis bimaculatus*. Durchschnittsgröße der Reserve-Eier im Verhältnis zur Größe heranreifender und reifer Gelege-Sätze in verschiedenen Ovarien.

× Tiere, die noch nie abgelaicht hatten, ● hatten schon früher abgelaicht, + wahrscheinlich früher ebenfalls schon abgelaicht.

Die Reserve-Eier lassen sich nicht nur an der Größe erkennen, sie sind auch cytologisch leicht zu charakterisieren, und das ist wohl wichtiger. Sie stellen das Stadium dar, auf dem der „Dotterkern“ zu verschwinden beginnt. Bei den kleineren von ihnen ist er noch gut zu erkennen (Taf. I*, Abb. g), bei den größeren ist er in Auflösung begriffen (Abb. f). Verschwindet der Dotterkern, so fällt alsbald die Einlagerung von Eiweißdotter auf (Abb. f und besonders b). Im Schnittbild tritt dieser in Form eines dunklen Hofes hervor, umgeben von einem Kranz von Fettdotter (Abb. b). Über dieses Stadium gelangen nur wenige Reserve-Eier hinaus. Die Masse der Reserve-Eier verhartet also auf dem Stadium unmittelbar vor der Dottereinlagerung.

Andererseits sind die Eier eines heranwachsenden Geleges durch intensive Produktion von Dotter gekennzeichnet. Dabei kann sich der Durchmesser in kurzer Zeit vervielfachen. Abb. c und d zeigen Eier heranreifender Gelege, e ein reifes Ei. Mit dem Wachstum der Eier nehmen die Dotterkörner immer mehr an Volumen zu, wohl auch an Zahl. Entspre-

* Taf. I, s. S. 258 a.

⁷ O. GASCHOTT. Die Stachelflossen (Acanthopterygii) in: Handb. d. Binnenfischerei Mitteleuropas. Herausg. R. DEMOLL und H. N. MAIER Bd. III (S. M 9), Stuttgart 1926. —

chendes gilt für den Fettdotter, der sich dabei über die ganze Eizelle verteilt (Abb. e).

Auf Grund vieler Beobachtungen ist als so gut wie sicher anzunehmen, daß der Follikelsprung erst unmittelbar vor dem Laichakt erfolgt. Dann erst, aber noch im Ovar, strömt das Plasma zur Bildung einer Kalotte am animalen Pol des Eies zusammen.

Spezielle Prüfung führte zu der Feststellung, daß die Gelege beim Laichakt restlos oder bis auf einige wenige im Ovar zurückbleibende Eier (maximal 8 beobachtet) abgegeben werden. Zum nächsten Laichakt muß also erst wieder ein neues Gelege aus den Reserve-Eiern heranwachsen.

Die Gelege-Größe in Beziehung zum Körpergewicht

Die Gelege-Größe nimmt mit dem Körpergewicht der Fische zu (Abb. 3). Es scheint eine lineare Beziehung zu bestehen.

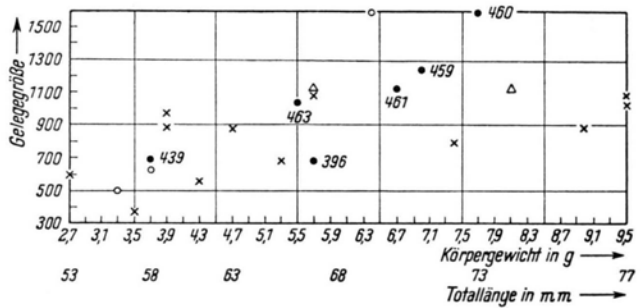


Abb. 3. *Hemichromis bimaculatus*. Gelege-Größen (=Anzahl Eier pro Gelege) in Beziehung zum Körpergewicht bzw. der Totallänge der Fische (vgl. Erklärung S. 258). Gelege-Sätze im Ovar (mit 2 Ausnahmen alle reif oder beinahe reif), ○ abgelaichte Gelege, △ Wildfänge aus Belgisch-Kongo, von Herrn Dr. M. POLL (Tervuren) zur Verfügung gestellt. ● Gelege von partiell kastrierten Tieren, nähere Angaben dazu in Tab. 1.

Das Unbefriedigende an dem Material liegt darin, daß die Gewichts-Extreme, bei starker Streuung der Gelege-Größen, relativ nah benachbart sind. Ich habe die Frage daher noch an Hand von günstigeren Unterlagen überprüft, die sich allerdings auf eine andere Art, den Flußbarsch (*Perca fluviatilis*), beziehen. Stellt man die Zahlen, die GASCHOTT⁷ nach verschiedenen Autoren mitteilt, graphisch dar, so kommt eine lineare Abhängigkeit der Ei-Zahlen vom Körpergewicht sehr schön heraus (Abb. 4).

Der in meiner Abb. 4 mit ⊗ bezeichnete Kurvenpunkt bezieht sich auf die Angabe „200—250 g, 28 000—30 000 Eier“, mit × sind Einzelwerte dargestellt.

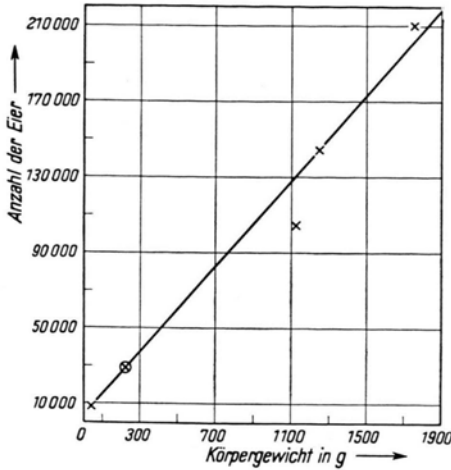


Abb. 4. *Perca fluviatilis*. Beziehung zwischen Ei-Zahl und Körpergewicht. Nach den Angaben bei GASCHOTT.

Als die Gelege von *Hemichromis* ausgezählt wurden, waren die betreffenden Fische nur gemessen aber nicht gewogen worden (vgl. die Längenangaben in Abb. 3; es handelt sich um die Entfernung Schnauzenspitze-Hinterrand der Schwanzflosse). Die Gewichte wurden nachträglich extrapoliert, nachdem an Hand von Messung und Wägung von 39 anderen *Hemichromis* der gleichen Größenklassen die Beziehung Totallänge zu Körpergewicht einwandfrei geklärt worden war. Da die meisten, wenn nicht alle diese Fische außerhalb einer Fortpflanzungs-Periode standen, hatte das Verfahren den Vorteil, daß die Gelege-Größen nunmehr auf das Gewicht von Fischen mit Ruhe-Gonaden bezogen sind.

Kastrations-Versuche

Wenn man einen Teil des Ovars entfernt, so kommt trotzdem ein Gelege normaler Größe zustande.

Meistens wurde ein Schenkel des Ovars ganz oder zum Teil entnommen, und zwar der linke. Die beiden Hälften der Gonade stehen in der Nähe des Ausführungsganges über ein kurzes Stück in offener Verbindung. Dort also wurde abgetrennt. In einigen Versuchen wurde nur ein distaler Abschnitt entfernt, einmal ein Schenkel ganz und die Hälfte des anderen. Alle Daten sind in Tab. 1 zusammengestellt.

Es war wichtig, den Reifegrad der Ovarien zum Zeitpunkt der Kastration zu kennen. Zu diesem Zweck wurde an dem herausgenommenen Gonadenstück die Größe der am weitesten entwickelten Eier festgestellt. Zum Teil waren das Reserve-Eier, z. T. bereits heranwachsende Gelege. Einige Zeit nach dem Eingriff wurden die Fische getötet und die Gonaden wieder untersucht. Jetzt wurde festgestellt, wieviel Eier zu einem Gelege heranwachsenden waren. Die Größe dieser Eier

wurde nicht in allen Fällen einzeln ermittelt, z. T. beschränkte ich mich darauf, die Maße der größten und der kleinsten festzuhalten. Auch die Größe der am weitesten entwickelten Reserve-Eier wurde festgestellt.

In Abb. 3 sind zusammen mit den Gelege-Größen normaler Tiere auch die Gelege der partiell kastrierten berücksichtigt. Wegen der Einzelheiten vgl. man Tab. 1 unter den betreffenden Nummern. Man sieht, daß die Kastration keinen Einfluß auf die Gelege-Größe hat⁸. Auch ein Ovar-Schenkel allein liefert ein vollständiges Gelege. Von besonderem Interesse sind diejenigen Beispiele, in denen zum Zeitpunkt der Kastration bereits ein Gelege-Satz heranwuchs, zu erkennen an den Ei-Größen (Nr. 460, 439, 447, 475). Obwohl in diesen Fällen also ein sehr großer Teil der heranwachsenden Eier entfernt worden war, wurde die Normalzahl erreicht. Das ist nur mit der Annahme zu erklären, daß das Entnommene von den Reserve-Eiern ergänzt wurde.

Diese Erklärung läßt sich auch direkt beweisen. Zwei Beispiele bietet Abb. 5. Kurve Nr. 434 demonstriert zunächst noch einmal das normale Verhalten (Wiederholung nach Abb. 1); die Größenklassen

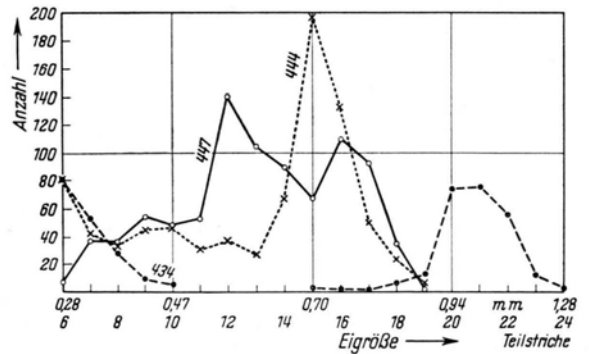
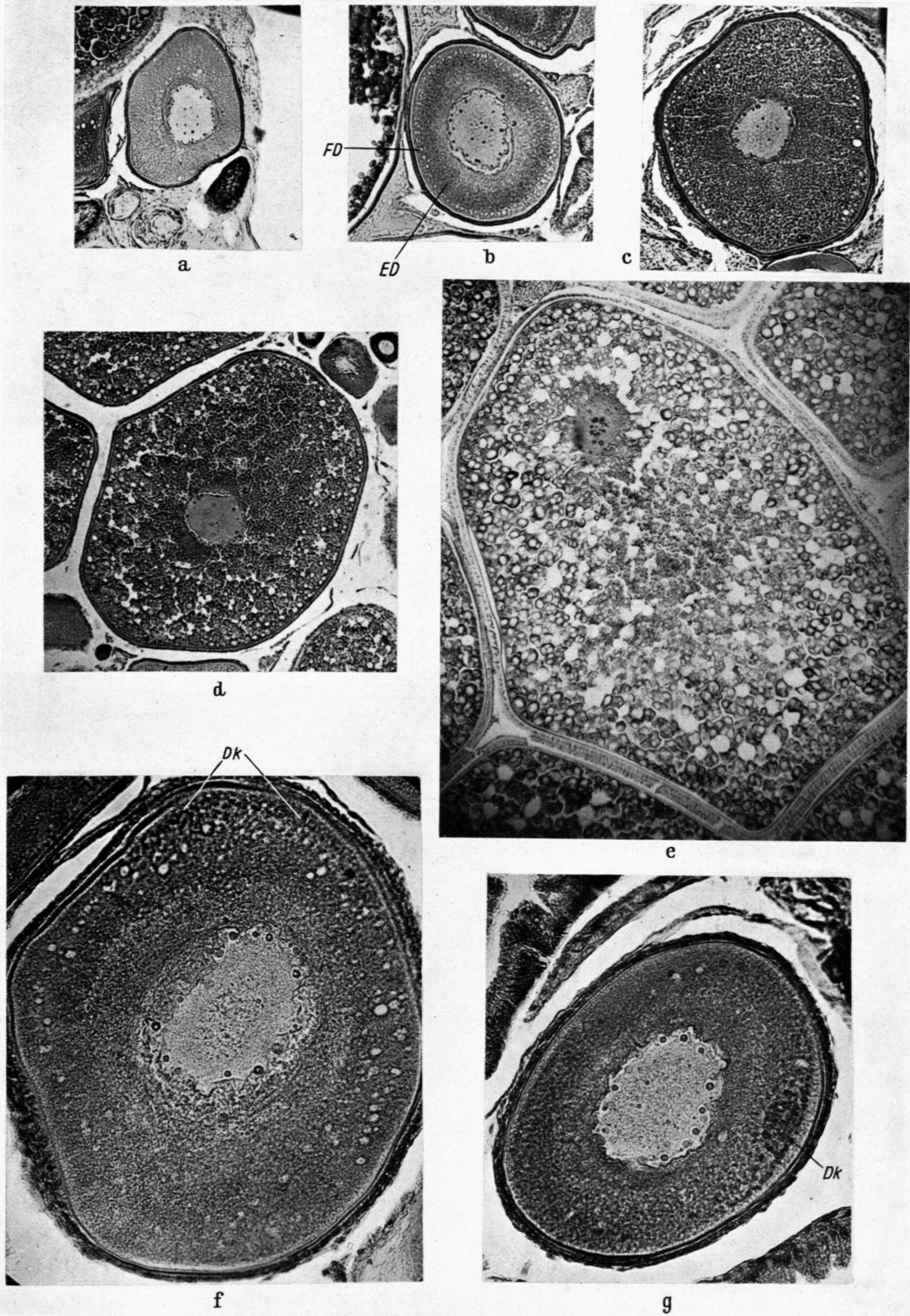


Abb. 5. *Hemichromis bimaculatus*. Gesamtbestand an Eiern in den Ovarien zweier partiell kastrierter Tiere (Nr. 447 und Nr. 444) bis hinab zur Größe von 0,28 mm. Im Vergleich dazu Ei-Bestand eines normalen Tieres, Nr. 434 (nur ein Schenkel berücksichtigt, Wiederholung aus Abb. 1).

zwischen dem herangewachsenen Gelege-Satz und den Reserve-Eiern sind kaum besetzt. Nr. 447 bezieht sich auf ein Tier, das halbseitig kastriert worden war, als bereits ein Gelege-Satz heranwuchs. Die Kurve hat zwei Gipfel, was im Normalfall nie beobachtet wird. Der rechte Gipfel bezieht sich offenbar auf diejenigen Eier, welche nach der Entfernung des

⁸ Übrigens fiel auch kein Einfluß auf die Reife-Größe der Eier auf.



Taf. I. *Hemichromis bimaculatus*. Eier verschiedener Reife, alle im größten Durchmesser. a: kleineres und b: größeres (0,3 mm) Reserve-Ei, letzteres mit einem Hof von Eiweiß-Dotter (ED) und mit einem Kranz von Fett-Dotter (FD); c, d: Eier aus heranwachsenden Gelegen, e: reifes Ei, noch im Follikel. a—e: alle im gleichen Maßstab. g: kleines Reserve-Ei mit noch deutlichem Dotterkern (DK) bei stärkerer Vergrößerung, f: etwas größeres Reserve-Ei, Dotterkern (DK) in Auflösung. Alle Präparate fixiert nach Bouin und mit Hämatoxylin nach Delafield gefärbt.

linken Schenkels im Ovar verblieben waren; der linke auf die nach dem Eingriff nachgewachsene Gruppe. Auch Kurve Nr. 444 belegt das Nachwachsen von Reserve-Eiern. In diesem Falle war der linke Schenkel zu $\frac{3}{4}$ entfernt worden, als das Tier eben im Begriff stand, einen Gelege-Satz auszubilden. Noch bei einem dritten Tier (Nr. 396, Tab. 1), das unter dem gleichen Gesichtspunkt untersucht werden konnte, war das Nachrücken von Reserve-Eiern eindeutig festzustellen.

Der Anteil der beiden Ovar-Schenkel an der Gelege-Bildung

Es versteht sich von selbst, daß normalerweise beide Ovar-Schenkel gemeinsam das Gelege hervorbringen. Da aber der rechte Schenkel größer zu sein pflegt als der linke, liefert er auch entsprechend mehr Eier (Tab. 2).

Die in dem unpaaren Ovarteil, in der Nähe des Ausführgangs, vorhandenen Eier wurden zur Hälfte dem einen, zur Hälfte dem anderen Schenkel zugerechnet. Die dabei unterlaufenden Fehler sind so gering, daß sie vernachlässigt werden können.

Vergleicht man die Angaben in Tab. 2 mit den Gelege-Größen der Halbkastraten nach Tab. 1, dann kann man ungefähr abschätzen, wieviel mehr als gewöhnlich ein Schenkel des Ovars leistet, wenn der andere entfernt worden ist.

Die Neubildung von Gelegen nach dem Laichakt

Es wurde schon erwähnt, daß Cichliden wie *Hemichromis*

Nr.	Kastriert am	bei einer Körperlänge [mm]	entfernt wurde	Eigröße (max)	fixiert am	bei einer Körperlänge [mm]	Sektionsbefund	Anzahl Gelege-Eier im Ovar	Größe derselben min. max.	Größe der Reserve-Eier (max)	Bemerkungen
444	16. 7. 55	48	Hälfte des link. Schenkels	0,25	26. 8. 55	60	rechter Schenkel mit sehr kleinem Anhang li. rechter Schenkel mit kleinem Anhang rechts	817	—	—	vgl. graph. Darstellung Abb. 5
453	16. 7. 55	48	$\frac{3}{4}$ des linken Schenkels	0,16	11. 9. 55	63		—	0,38	—	kein Gelege ausgebildet
396	31. 1. 55	51	1 Schenkel ganz u. d. andere $\frac{1}{2}$	0,27	16. 5. 55	67	unpaares Ovar	685	0,31—1,00	0,24	
463	28. 7. 55	51	linker Schenkel	0,30	3. 10. 55	66	unpaares Ovar	1037	0,58—0,90	0,30	
459	28. 7. 55	51	linker Schenkel	0,32	3. 10. 55	71	unpaares Ovar	1224	0,88—1,06	0,26	
461	28. 7. 55	53	linker Schenkel	0,25	3. 10. 55	70	unpaares Ovar	1117	0,71—0,83	0,25	
447	11. 8. 55	55	linker Schenkel	0,65	26. 8. 55	58	unpaares Ovar	876	—	—	vgl. graph. Darst. Abb. 5
439	28. 7. 55	55	linker Schenkel	0,74	20. 8. 55	58	unpaares Ovar	697	0,60—0,93	0,33	
460	11. 8. 55	59	linker Schenkel (kleiner Rest verblieben)	0,75	3. 10. 55	73	rechter Schenkel (mit kleinem Anhang)	re. 1563 li. 34 1597	0,79—0,99	0,34	
475	6. 8. 55	78	linker Schenkel	0,47	5. 11. 55	85	Gelege (abgeleuchtet!)	1285	0,92—1,14	—	Es handelt sich um das 4. Gelege nach der Kastration. Das 3. hatte 1280 Eier umfaßt

Tab. 1. Übersicht über die Kastrationsversuche an *Hemichromis bimaculatus*.

Protokoll-Nr.		434	433	176	446	725	389	387	386	W. F. ¹	392	W. F.	314	315
Körperlänge, total		53	57	59	59	60	61	63	65	67	72	74	75	76
Anzahl der Gelege-Eier	rechts	247	354	396	593	380	317	502	386	585	396	558	642	697
	links	125	238	487	384	219	231	387	303	542	407	562	247	390

Tab. 2. Verteilung reifer oder reifender Eier auf die beiden Schenkel des Ovars von *Hemichromis bimaculatus*.
¹ WF = Wildfänge aus Belgisch-Kongo.

mis in einer Fortpflanzungs-Periode gewöhnlich mehrere Bruten hochbringen. Gehen das Gelege oder die Brut verloren, so pflegen die Tiere bald wieder abzulaichen, und das kann sich mehrmals wiederholen. Nach unseren Untersuchungen an *Hemichromis* muß mindestens bei dieser Art jedesmal ein Gelege vollständig neu heranwachsen, da bei einem Laichakt so gut wie keine reifen Eier im Ovar zurückbleiben, die für später aufbewahrt werden könnten.

Mit welcher Geschwindigkeit ein neues Gelege von den Reserve-Eiern geliefert werden kann, dafür einige Beispiele:

Ein *Hemichromis*-♀ war mit einem ♂ verpaart, dessen Hoden degeneriert waren (Untersuchung an Schnittserien). Die Gelege gingen am nächsten oder übernächsten Tag verloren. Das Paar laichte 4-mal hintereinander ab; die Abstände betragen 6 Tage, 11 Tage, 22 Tage. Bei 3 anderen ♀♀ folgten die Laichakte nach Gelege-Verlust im Abstand von 10, 13, 9 Tagen / 12, 9 Tagen / 17 Tagen. Es wurden keine Anhaltspunkte dafür gefunden, daß ein späteres Gelege etwa kleiner wäre oder daß die Ei-Größe nachließe.

Es fragt sich, welche Faktoren für die Neubildung eines Geleges verantwortlich sind. Möglicherweise handelt es sich um die gleichen Ursachen, welche auch die Nachlieferung von Eiern bewirken, wenn durch partielle Kastration ein Gelege-Satz zum Teil entfernt worden war. Die Frage kann nur durch weitere Beobachtung geklärt werden. Dabei wäre zu berücksichtigen, daß schon die Degeneration der reifen Eier allein genügt, um bei einem in der Fortpflanzungs-Periode befindlichen Fisch sofort das Heranwachsen eines neuen Gelege-Satzes auszulösen. Zwei besonders klare Beispiele sind folgende:

1. *Hemichromis* Nr. 840 (Länge 53 mm). Dieses Tier war verpaart und stand vor der Eiablage, als es halbseitig kastriert wurde. Die dabei entnommenen 224 reifen Eier lagen aber noch in den Follikeln. Das Tier wurde 6 Tage (ohne Artgenossen) bei $26 \pm 1,5^\circ \text{C}$ gehalten und dann fixiert. Im rechten Ovar-Schenkel waren nur 7 reife Eier intakt geblieben, alle anderen waren zu einer weißlichen Masse degeneriert. In diese eingebettet lag ein neu heranwachsendes Gelege. 6 Tage vorher war davon noch keine Spur vorhanden gewesen.

wie aus der Untersuchung der entnommenen Ovar-Hälfte hervorging.

2. *Hemichromis* Nr. 725 (Länge 60 mm). In diesem Falle wurde der Laichakt 25 Min. nach Beginn gestoppt (er dauert sonst rund 1 Stde.), indem das Tier herausgefangen wurde. Es wurde bei $\pm 27^\circ \text{C}$ isoliert gehalten. Nach 12 Tagen wurde der Fisch fixiert. In beiden Schenkeln waren die reifen Eier vollständig degeneriert; doch konnten noch 222 als solche erkannt werden. Dafür war aber ein vollständiges neues Gelege heran gewachsen, bestehend aus 599 reifen Eiern.

Ergebnis

Die Beobachtungen reichen noch nicht aus, um eine bestimmte Hypothese über den Mechanismus aufzustellen, der die Gelege-Größe bei *Hemichromis* regelt. Doch läßt sich vielleicht folgende vorläufige Annahme machen:

1. Während der Fortpflanzungs-Periode ist im Körper von *Hemichromis* dauernd ein Stoff vorhanden, der die Reserve-Eier zum Wachstum anregt. Die Quantität dieses Stoffes, ihrerseits in einfacher Beziehung zur Körpergröße (dem Gewicht des Fisches), ist maßgebend für die Menge der zum Wachstum angeregten Eier.

2. Die heranwachsenden Eier ihrerseits produzieren einen Stoff, der die Wirkung jenes ersten aufhebt und mit ihm ein Gleichgewicht eingeht. Wenn sich dieses Gleichgewicht eingestellt hat, hört die Heranbildung weiterer Eier auf. Nach Störung (experimentelle Entfernung heranwachsender Eier, Laichakt) stellt es sich unter Neubildung von Eiern wieder her.

Diese Vorstellung, die experimentell geprüft und auf bestimmte Inkrete bezogen werden könnte, würde folgende Tatsachen unter einen einheitlichen Gesichtspunkt stellen:

1. Die Gelege-Größe steht in einfacher Beziehung zur Körpergröße des Fisches.

2. Nach teilweiser Entnahme eines heranwachsenden Geleges wird das Fehlende von den Reserve-Eiern nachgeliefert.

3. Auch nach Abläichen eines Geleges oder nach dessen Degeneration tritt sofort wieder Neubildung aus dem Vorrat der Reserve-Eier ein.

Es wäre verlockend, die Befunde im Zusammenhang mit den Hypothesen zu diskutieren, welche

⁹ Vgl. z. B.: What is Growth? in: The Hypophyseal Growth Hormone, Nature and Actions. Edit. R. W. SMITH, jr., O. H. GAEBLER and C. N. H. LONG, S. 3—16, McGrand-Hill, New York, Toronto, London 1955; Specificity in Growth Control

WEISS über die Regulation von Wachstumsvorgängen entwickelt hat⁹. Da aber die von WEISS behandelten Phänomene anders gelagert sind — schon durch die wesentliche Beteiligung von Mitosen — wäre ein solcher Versuch noch verfrüht.

in: Biological Specificity and Growth. Edit. E. G. BUTLER, Princeton, New Jersey, 1955, S. 195—206. Ich danke Herrn Professor WEISS herzlich für wertvolle briefliche Auskünfte und die liebenswürdige Überlassung von Literatur.

NOTIZEN

Zum zeitlichen Gang der Oberflächenspannung wässriger und nicht-wässriger Systeme

VON R. SIGNER und K. BERNEIS

Institut für organische Chemie der Universität Bern
(Z. Naturforschg. 12 b, 261—262 [1957]; eingeg. am 11. Dezember 1956)

Bisher wurde die Veränderung der Oberflächenspannung mit dem Alter der frisch gebildeten Oberfläche vor allem an wässrigen Lösungen typischer Netzmittel untersucht. In der vorliegenden Arbeit wird gezeigt, daß auch nicht-wässrige Systeme einen ausgeprägten zeitlichen Gang der Oberflächenspannung aufweisen können. Dabei werden, je nach System, Effekte verschiedener Größenordnung erhalten. Die Ergebnisse entsprechen der von BARTHOLOMÉ und SCHÄFER¹ aufgestellten Beziehung über den zeitlichen Verlauf der Oberflächenspannung wässriger Netzmittel.

Apparatur

Die im folgenden beschriebenen Effekte wurden bei Viskositätsmessungen in einem Viskosimeter beobachtet, bei welchem ein Flüssigkeitsfaden durch eine vorher benetzte, nahezu horizontale Kapillare fließt². Dieses Gerät hat folgenden Aufbau. Eine Kapillare — Länge 27 cm, mittlerer Radius 0,0470 cm — ist in einem Thermostaten so angeordnet, daß sie um genau meßbare, kleine Winkel zur Horizontalebene geneigt werden kann. Die zu untersuchende Flüssigkeit wird als Säule bestimmter Länge in die Kapillare gefüllt und zur vollständigen Benetzung der Kapillarwand langsam hin- und herfließen gelassen. Hierauf mißt man die Wanderungsgeschwindigkeit der Flüssigkeitssäule in cm/sec bei bestimmtem Winkel der Kapillare mit der Horizontalebene. Bei den im folgenden beschriebenen Messungen betrug die Temperatur $20 \pm 0,01^\circ \text{C}$.

Beobachtete Effekte, welche auf einen zeitlichen Gang der Oberflächenspannung zurückgeführt werden

Beim Arbeiten mit dem oben kurz beschriebenen Viskosimeter wurde festgestellt, daß die Fließgeschwindigkeit

des Flüssigkeitsfadens in der Kapillare in vielen Fällen eine mehr oder weniger ausgeprägte Abhängigkeit vom Alter des die Kapillarwand netzenden Flüssigkeitsfilmes aufweist. Bei sonst konstanten Bedingungen bewegt sich der Flüssigkeitsfaden dann mit der größten Geschwindigkeit durch die Kapillare, wenn er unmittelbar vorher in umgekehrter Richtung über die Meßstrecke geflossen ist. Der auf der Kapillarwand befindliche Flüssigkeitsfilm, welcher während des Fließens durch den Flüssigkeitsfaden an dessen vorderem Meniskus aufgenommen wird, ist also in diesem Falle ganz jung. Wenn hingegen nach dem Zurückfließen in die Ausgangsstellung eine Alterungszeit eingeschaltet wird, ehe der Faden wieder über die Meßstrecke fließt, so wird bei bestimmten Flüssigkeiten eine bedeutend kleinere Fließgeschwindigkeit gemessen. Der durch den vorderen Meniskus aufgenommene Flüssigkeitsfilm ist jetzt um die eingeschaltete Zeit älter als bei der Messung ohne Alterungszeit. Mit der Verlängerung dieser Zeiten wird die Fließgeschwindigkeit immer kleiner, um schließlich einen mehr oder weniger stationären Wert zu erreichen, der sich auch bei sehr langer Alterungszeit nur relativ geringfügig vermindert. Diese Effekte werden auf einen zeitlichen Gang der Oberflächenspannung des die Kapillarwand netzenden Flüssigkeitsfilmes zurückgeführt. Beim Vorliegen einer ganz jungen Flüssigkeitshaut auf der Kapillare ist deren Oberflächenspannung noch hoch, und dem Flüssigkeitsfaden wird bei der Aufnahme dieser Haut eine entsprechend große zusätzliche Beschleunigung erteilt. Mit dem Alter dieser Flüssigkeitsschicht sinkt deren Oberflächenspannung, und damit schwindet auch die dem Flüssigkeitsfaden erteilte Zusatzbeschleunigung.

In der folgenden Abb. 1 ist die Fließgeschwindigkeit als Funktion der Alterungszeit für zwei wässrige und zwei nicht-wässrige Systeme wiedergegeben. Sowohl bei den wässrigen wie bei den nicht-wässrigen Flüssigkeiten wurde ein Vertreter mit sehr ausgeprägter,

dieses Gerätes zur Viskositätsmessung bei kleinen Strömungsgradienten ist beschrieben in der Arbeit: R. SIGNER u. K. BERNEIS, Makromolekulare Chem. 8, 268 [1952].

¹ E. BARTHOLOMÉ u. K. SCHÄFER, Melliand Textilber. 31, 487 [1950]; K. SCHÄFER, Z. Elektrochem., Ber. Bunsenges. physik. Chem. 59, 273 [1955].

² Eine ausführliche Beschreibung befindet sich in der Dissertation: K. BERNEIS, Universität Bern 1952. Die Anwendung