

Über Regeneration des Schwanzendes bei Syngnathiden.

(Zweite Mitteilung.)

Von

Georg Duncker

in Hamburg.

Mit Tafel XXVIII und 2 Figuren im Text.

Eingegangen am 6. Oktober 1907.

Seit dem Erscheinen meines ersten Aufsatzes über diesen Gegenstand (dieses Archiv. Bd. XX. S. 30—37. Tafel I) hatte ich Gelegenheit zu einigen weiteren hierauf bezüglichen Beobachtungen, die ich im folgenden zusammenstellen möchte.

Außer den früher genannten Gattungen (*Nerophis*, *Gastrotokeus*, *Dorichthys*, *Siphonostoma*, *Syngnathus*) besitzen noch *Phyllopteryx*, *Corythoichthys* (*conspicillatus* Jen.), *Trachyrrhamphus*, *Stigmatophora* und *Hippocampus* die Fähigkeit, den Verlust der terminalen Schwanzringe zu ertragen.

Dem Verzeichnis der Arten, an welchen entsprechende Vorkommnisse beobachtet wurden (l. c. S. 31) füge ich aus eigener Anschauung noch hinzu: *Nerophis aequoreus* L., *N. ophidion* L., *Phyllopteryx foliatus* Shaw, *Stigmatophora argus* Richards., *Syngnathus Schlegeli* Kp., *Hippocampus brevisrostris* Cuv.; ferner aus der Literatur: *Trachyrrhamphus longirostris* Kp. (DAY, Fishes of India, p. 677. Pl. 173 Fig. 5) und *Syngnathus spicifer* Rüpp. (GÜNTHER, Catal. Fish. Brit. Mus. Vol. VIII. p. 173, specim. g).

Nerophis aequoreus besitzt, als einzige Art ihrer Gattung, dauernd, *Hippocampus brevisrostris* unmittelbar nach dem Ausschlüpfen eine kleine Schwanzflosse; diese enthält bei ersterer Art gewöhnlich sechs bis acht, bei letzterer, bei welcher sie später verschwindet, drei bis fünf Strahlen. Beide Arten aber bilden nach Verlust der terminalen Schwanzringe keine Schwanzflosse wieder, sondern die entstandene

Wundfläche verheilt einfach¹⁾. Dasselbe gilt für *Nerophis ophidion*, *Phyllopteryx foliatus* und *Stigmatophora argus*, welche anscheinend niemals eine Schwanzflosse aufweisen. Von *Trachyrrhamphus longirostris* bildet DAY ein schwanzflossenloses Exemplar mit reduzierter Ringzahl ab; die Angehörigen dieser Gattung besitzen sämtlich eine nur rudimentäre Schwanzflosse, und es erscheint zweifelhaft, ob sie diese zu regenerieren vermögen.

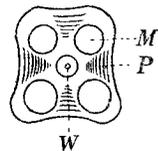
Einem Weibchen von *Hippocampus brevisrostris* amputierte ich am 19. VII. 05 15 von 34 Schwanzringen, welche 30 Minuten lang ihre Beweglichkeit behielten. Es erfolgte Überhäutung der Wundfläche vom Rande her, welche am 30. VII. ihren Abschluß erreichte. Die neu gebildete Haut erhielt ihr Pigment vom 27. VII. ab von den zwischen den vier Muskelbündeln belegenen Stellen des Randes (vgl. Textfig. 1); am 9. VIII. war die Pigmentierung der verheilten Wundfläche gleich der des übrigen Körpers. — Ein andres Exemplar mit geheiltem, gestutzten Schwanz (28 Ann. caud.) wurde bald darauf frei lebend gefunden.

Das bei GÜNTHER angeführte gestutzte Männchen von *Syngnathus spicifer* dagegen, mit 29 statt etwa 40 Schwanzringen, hatte anscheinend die Schwanzflosse regeneriert; wenigstens erwähnt GÜNTHER nichts von dem Fehlen derselben.

Den höchsten beobachteten Grad des Verlustes von Schwanzringen mit nachfolgender Regeneration einer Schwanzflosse erreichte ein am 15. VII. 05 gefangenes Männchen von *Siphonostoma typhle* L., dessen Bruttasche in ihrer hinteren Hälfte mit Eiern gefüllt ist. Statt der normalen Anzahl von 35 bis 36 besitzt es nur 19 Schwanzringe, unter denen sich ihrer ganzen Länge nach die Bruttasche erstreckt. Unmittelbar dieser ansitzend befindet sich eine etwas nach unten gerichtete hypertrophische Schwanzflosse mit 14 (statt 10) Strahlen. Die Beschreibungsformel des außerordentlich auffällig gestalteten Tieres (s. Tafel XXVIII Fig. 1 bis 3) lautet:

Ann. 20 + 19, Ann. subdors. 1 + 8, D 35, P 16, C 14, B. i. 19,
 Tl. 15,8 cm.

Fig. 1.



M Muskelbündel,
 P Pigment,
 W Wirbelstumpf.

¹⁾ Solche Exemplare von *Nerophis aequoreus*, die ihre Schwanzflosse verloren haben, wurden von JENYNS unter dem Namen *N. anguineus* und später von TH. CORNISH unter dem Namen *Syngnathus brevicaudatus* als besondere Art beschrieben.

Die vom Zeichner der Zoologischen Station zu Neapel, Herrn MERCULIANO, ausgeführten Abbildungen verdanke ich der gütigen Vermittlung des Herrn Prof. W. GIESBRECHT-Neapel.

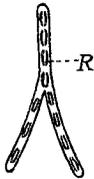
Bemerkenswert erscheint an diesem Exemplar, daß es trotz seiner Entstellung zur Paarung gelangt, d. h. von einem Weibchen mit Eiern belegt ist. Als ich es erhielt, war es durchaus gesund und lebhaft und fraß reichlich. Jetzt befindet es sich in der Sammlung des Naturhistorischen Museums zu Hamburg (Nr. 10583).

Weitere experimentell hervorgerufene Regenerationen an *Syngnathus acus* L. ergaben eine Bestätigung der früheren Befunde, u. a. hinsichtlich des späten Auftretens des Urostyls und der Zeitdauer des gesamten Prozesses, welche wenigstens 2 Monate bis zur vollständigen Entwicklung der definitiven Schwanzflosse und des Urostyls in Anspruch nimmt. Kleinere Exemplare scheinen sich zu Regenerationsversuchen, vor allem in bezug auf die Zeitdauer derselben, besser zu eignen als größere.

Versuche über die Möglichkeit wiederholter Regeneration bei einem und demselben Individuum wurden in drei Fällen angestellt. Zwei experimentell gestutzte Exemplare, von denen das eine nach Amputation von 13 Ringen am 3. V. 05 bis zum 2. VII. eine ventral verdoppelte Schwanzflosse mit 15 Strahlen und Urostyl, das zweite nach Amputation von 11 Ringen am 20. VI. bis zum 17. VII. eine wohlentwickelte Schwanzflossenknospe regeneriert hatten, überstanden die sodann am 7. bzw. 17. VII. erfolgenden zweiten Amputationen von je drei Ringen nicht; beide gingen an Wundinfektion zugrunde. Dagegen lieferte ein gestutzt gefangenes Exemplar mit 32 (statt etwa 41) Schwanzringen und elf Strahlen in der Schwanzflosse nach Amputation weiterer fünf Ringe in 20 Tagen eine embryonale Schwanzflosse. Es steht somit fest, daß diese Flosse bei einem und demselben Individuum wiederholt regeneriert werden kann.

Neben einfacher Hypertrophie der regenerierten Schwanzflosse findet man nicht selten ventrale Vordoppelung derselben. Die Flosse erhält auf diese Weise dach- oder hahnenschwanzförmige Gestalt, insofern ihr dorsaler Abschnitt mediane, unpaare, ihr ventraler paarige, wenn auch nicht symmetrisch angeordnete Strahlen enthält (vgl. Textfig. 2). Auf Tafel XXVIII Fig. 4 bis 6 ist ein solcher Fall von einem gestutzt gefangenen, nahezu ausgewachsenen Männchen aus Neapel

Fig. 2.



Schematischer Querschnitt durch eine ventral verdoppelte Schwanzflosse.
R Strahlenquerschnitt.

(Hbg. Mus. Nr. 10595) mit 25 Schwanzringen dargestellt. Die oberen sechs Strahlen der Schwanzflosse sind unpaar, median und von normaler Dicke; der siebente wurzelt in der rechten, der achte in der linken Hälfte der Flossenbasis, und beide ordnen sich mit ihrem distalen Abschnitt median in die hier noch ungeteilte Flosse ein. Dann folgen auf der linken Seite vier dicht aneinander gedrängte, verkürzte und verdickte Strahlen, von unten nach oben (Fig. 4: 1 *s* bis 4 *s*) an Länge zunehmend und von einer besonderen Falte der Flossenhaut umhüllt. Auf der rechten befinden sich drei ebenfalls von einem besonderen Teil der Flossenhaut eingeschlossene Strahlen (Fig. 5: 1 *d* bis 3 *d*); von diesen ist der unterste (1 *d*) der kürzeste; er ist von dem nächstfolgenden (2 *d*) durch einen ziemlich breiten, in seinem distalen Teil durchlocherten Streifen der Flossenhaut getrennt. Der zweitunterste Strahl liegt basal neben und außen von dem dritten (3 *d*); nahe dem Flossenrande tritt letzterer an die Außenseite von jenem und umschlingt die Spitze desselben mit seinem spiralig eingerollten Endstück. Alle drei Strahlen sind ebenfalls verdickt, wenn auch nicht in dem Maße wie die vier linksseitigen. — Fig. 4 gibt die linke, Fig. 5 die rechte Seitenansicht der Flosse, Fig. 6 ihre Ansicht von unten. Ihre gesammte Strahlzahl beträgt 15, ihre Strahlzahl von links gezählt 12, von rechts 11.

Solche ventralen Verdoppelungen der Schwanzflosse wurden mehrfach bei *Siphonostoma typhle*, *Syngnathus acus* und *S. abaster* beobachtet und treten auch bei künstlich hervorgerufener Regeneration auf. Ich halte für wahrscheinlich, daß sie ebenso, wie die bloße Vermehrung der Strahlzahl der Flosse, eine Folge der Vergrößerung des Urostyls sind. Der Querschnitt des Schwanzes ist bei fast allen Syngnathiden außer an seinem in unverletztem Zustand seitlich komprimierten Hinterende trapezförmig und nimmt nach vorn hin an Flächeninhalt zu. Damit steht in Zusammenhang, daß die Wirbelkörper einen um so größeren Durchmesser aufweisen, je näher sie der Schwanzbasis liegen, und daß gleichzeitig die Divergenz ihrer Hämalbögen wächst. Ein Urostyl, daß sich vorderen Schwanzwirbeln ansetzt, muß daher in sagittaler Richtung vergrößert sein, und die stärkere Divergenz der Hämalbögen, denen das Urostyl im wesentlichen entspricht, läßt vermuten, daß es in seinem ventralen Abschnitt zur Verdoppelung neigt. Jedoch kann erst die histologische Untersuchung der in Betracht kommenden Entwicklungsvorgänge, die jedenfalls wegen der Beschaffung des Materials ziemlich viel Zeit in Anspruch nehmen dürfte, diese Frage zur Lösung bringen.

Außer den bereits beschriebenen beiden Fällen (1. Mitt. S. 34—35) vom Auftreten einer überzähligen, nicht terminalen Schwanzflosse besitze ich jetzt einen dritten (*Syngnathus abaster* Canestr. (♂), in welchem sich auf der dorsalen Fläche des vorletzten (30.) Schwanzringes eine kleine sechsstrahlige Schwanzflosse befindet, deren Ebene mit der Medianebene des Tieres zusammen fällt. Dagegen fehlt dem Exemplar die terminale Flosse am letzten Schwanzring. Offenbar haben hier zwei Verletzungen des Schwanzes stattgefunden, von denen die frühere die Entstehung der überzähligen Schwanzflosse bewirkt, die spätere dagegen zum Verlust des dahinter liegenden Schwanzendes geführt hat, ohne daß inzwischen eine terminale Schwanzflosse regeneriert wäre.

Der Versuch, durch seitlichen, bis zur Mitte reichenden Anschnitt des 28. Schwanzringes bei einem jungen Exemplar von *Syngnathus acus* mit 42 Schwanzringen eine überzählige, laterale Schwanzflosse zu erhalten, schlug fehl; es erfolgte einfache Wundheilung. Die Überhäutung der Wundfläche dauerte dabei 12, die Restitution des Hautpanzers daselbst weitere 18 Tage.

Ich habe versucht, durch Röntgenphotographie die Abänderungen des Skelets bei der Regeneration zu ermitteln, jedoch ohne günstigen Erfolg. Es läßt sich erkennen, daß ein eigentümlich gestaltetes Urostyl vorhanden ist, doch ergibt sich nicht klar, aus welchen Bestandteilen des erhalten gebliebenen Wirbels es sich entwickelt. Die Zeichnung (Taf. XXVIII Fig. 7) wurde nach der Platte mit Hilfe einer ZEISS'schen Binokularlupe angefertigt; hier sitzt das neu gebildete Urostyl der Schnittfläche eines in der Mitte seiner Länge durchtrennten Wirbels an.

Unsre gegenwärtige Kenntnis über die Regeneration des Schwanzendes bei Syngnathiden läßt sich in folgende Sätze zusammenfassen:

1) Arten, denen im erwachsenen Zustand eine Schwanzflosse fehlt oder bei denen sie rudimentär ist (*Nerophis aequoreus*), gleichen den Verlust der terminalen Schwanzringe durch einfache Wundheilung aus. Solche Arten sind: *Nerophis aequoreus* L., *N. ophidion* L., *N. papacimus* Risso, *Gastrotokeus biaculeatus* L., *Phyllopteryx foliatus* Shaw, *Trachyrrhamphus longirostris* Kp. (?), *Stigmatophora argus* Richards, *Hippocampus brevirostris* Cuv.

2) Arten mit dauernd wohlentwickelter Schwanzflosse bilden nach dem Verlust terminaler Schwanzringe an der Wundfläche eine neue bewegliche, oft hypertrophische Schwanzflosse mit Urostyl. Solche

Arten sind: *Dorichthys boaja* Bleck., *Corythoichthys conspicillatus* Jen., *Siphonostoma typhle* L., *Syngnathus acus* L., *S. Schlegeli* Kp., *S. Agassizii* Michah., *S. abaster* Canestr., *S. pelagicus* Osb., *S. spicifer* Rüpp.

3) Diese Regeneration findet in der Weise statt, daß zunächst eine embryonale Schwanzflosse an der verheilenden Wundfläche, und zwar an der Durchtrennungsstelle der Wirbelsäule, auftritt. Während der Bildung von definitiven Strahlen in der Flosse entsteht zwischen ihrer Basis und dem erhaltenen Wirbel bzw. Wirbelrest ein verknochernes Urostyl. Bei experimentell gestutzten Exemplaren von *Syngnathus acus* nahm die gesamte Regeneration der Flosse eine Zeitdauer von rund 2 Monaten in Anspruch.

4) Die regenerierte Schwanzflosse ist häufig hypertrophisch, d. h., sie erreicht eine bedeutendere Größe und enthält mehr Strahlen als die ursprünglich vorhandene. Nicht selten verdoppelt sie sich in ihrem ventralen Abschnitt. Sowohl die Verdopplung wie die Hypertrophie der regenerierten Flosse ist wahrscheinlich die Folge einer übermäßigen Entwicklung des neugebildeten Urostyls.

5) Infolge von Verletzungen des Schwanzes, welche nicht die völlige Abtrennung seines Hinterendes bewirken, kann bei regenerationsfähigen Arten eine überzählige, nicht terminale Schwanzflosse entstehen, deren Ebene bei dorsaler und voraussichtlich auch bei ventraler Position der Flosse mit der Medianebene des Tieres zusammen fällt, bei lateraler dagegen senkrecht zur letzteren in sagittaler Richtung gestellt ist.

6) Die Regeneration des Schwanzendes kann bei einem und demselben Individuum mehrfach erfolgen. Es werden Verluste bis zur Hälfte der ursprünglichen Schwanzringzahl ertragen und mit Regeneration einer Schwanzflosse beantwortet, obwohl Autotomie bei Syngnathiden nicht vorkommt und die Funktion der ursprünglichen wie der regenerierten Schwanzflosse für das Individuum unwesentlich ist.

7) Die histologischen Vorgänge bei der Regeneration sind noch unbekannt.

Hamburg, 5. X. 07.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XXVIII.

- Fig. 1. *Siphonostoma typhle* L. ♂ mit 19 Schwanzringen, in ihrer hinteren Hälfte gefüllter Bruttasche und regenerierter, 14strahliger Schwanzflosse (Hbg. Mus. Nr. 10583). Nach der Natur gezeichnet.
- Fig. 2. Skizze desselben Exemplars, die Abgrenzung der Körperringe darstellend.
- Fig. 3. Schwanzflosse desselben Exemplars von rechts gesehen; vergrößert 8/1.
- Fig. 4. Linke Seitenansicht einer regenerierten, ventral verdoppelten Schwanzflosse von *Syngnathus acus* L. (Hbg. Mus. Nr. 10595).
- Fig. 5. Rechte Seitenansicht derselben.
- Fig. 6. Aufsicht auf die Unterseite derselben.
- Fig. 7. Skizze der vergrößerten Röntgen-Aufnahme eines regenerierten Ürostyls von *Syngnathus acus* L. (Hbg. Mus. Nr. 9283).

Fig. 1—3 sind von Herrn E. MERCULIANO-Neapel, Fig. 4—7 von Frä. A. CALLENBACH-Hamburg gezeichnet.



1.



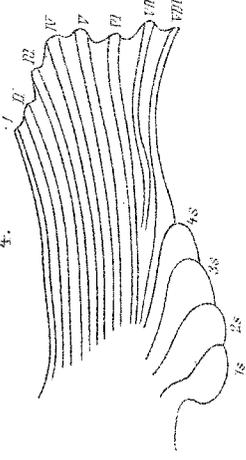
2.



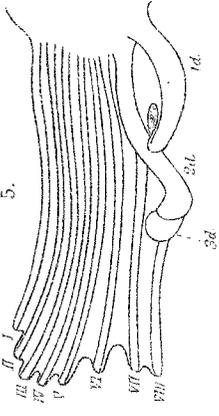
3.



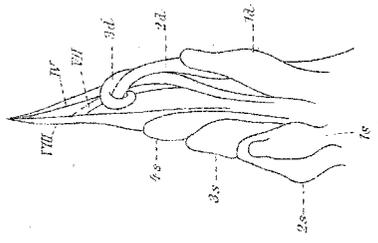
4.



5.



6.



7.

