

Über die Atmung, amphibische Lebensweise und Futteraufnahme von *Synbranchus marmoratus* (*Pisces Synbranchidae*)

Von

K. H. LULING, Bonn

(Mit 13 Abbildungen und einer Farbtafel)

Einleitung:

Vor 1½ Jahren erhielt ich von einer westdeutschen Tierimport-handlung einen damals kaum fingerdicken *Synbranchus*¹⁾ *marmoratus*, der in einem umfangreichen Import von Süßwasserfischen aus Südamerika als „unbekannter, aalförmiger Fisch ohne Brustflossen“ (wie es in der Ankündigung hieß) enthalten war. — Das Tier ist inzwischen zu einem ansehnlichen, sehr kräftigen und bissigen Exemplar herangewachsen.

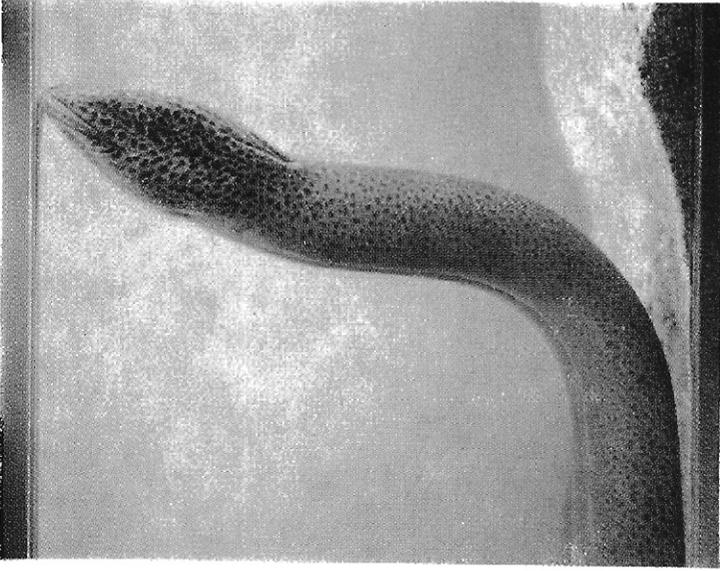
Dieser seltene Zufallsimport war mir sehr willkommen, denn über die Lebensweise dieses südamerikanischen Kurzschwanzaaals sind nur einige sehr spärliche Einzelheiten bekannt und mitgeteilt worden.

Hingegen liegen von den nächsten asiatischen Verwandten, vornehmlich von *Monopterus javanensis* Lacép. und *Amphipnous cuchia* (Ham. Buch.), etwas ausführlichere Angaben besonders über eine amphibische Lebensweise vor. So sagt Das (1947) von *Amphipnous cuchia*, dem Cuchia-Aal Indiens, „*cuchia* is a semi-terrestrial fish and habitually spends its time in wet mud, and often makes an U-shaped or a zig zag burrow in the soft mud in which it lives“. Daß *Monopterus javanensis* ein weitgehend amphibisch lebender Synbranchide sei, spricht Volz schon 1906 mit ziemlicher Sicherheit aus („die Fische sollen auch wandern“²⁾), sagt er auf p. 167 seiner Arbeit über den Circulations- und Respirationsapparat dieses Kurzschwanzaaals; zumal auch Dunker (zitiert nach Volz, 1906) ein Exemplar fing, „als es sich mit der vorderen Körperhälfte außerhalb des Wassers sonnte“. Noch klarer drücken sich Wu und Kung (1940) aus: „*Monopterus* is capable of maintaining an amphibious life and it needs an accessory respiratory organ in order to avoid the danger of the depletion of oxygen supply when the animal loses its surrounding water or exists in a liquid medium with extremely low oxygen content.“

Über *Synbranchus marmoratus* fehlen solche direkte Hinweise auf eine aktive amphibische Lebensweise fast vollständig; wohl wird mehrfach darauf hingewiesen, daß dieser einzige amerikanische Vertreter aus der Familie der Synbranchidae ähnlich wie *Lepidosiren paradoxa*, dessen Biotop er im übrigen weitgehend teilt, in einen Trockenschlaf verfällt, wenn seine Wohngewässer vollständig austrocknen.

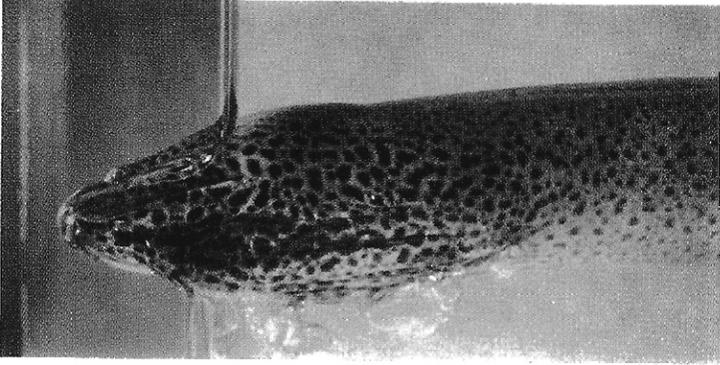
¹⁾ Nicht *Symbranchus* (siehe Bloch 1795).

²⁾ Aus dem Zusammenhang muß man schließen, daß er ein aktives Wandern über Land meint.



A

A: Vorderkörper von *Synbranchus marmoratus* mit geschwelltem Kiemensack kurz nach der Aufnahme von atmosphärischer Luft am Wasserspiegel.



B

B: Vorderkörper von *Synbranchus marmoratus* bei der Abgabe der verbrauchten Luft durch die Kiemenspalte.

Photos: Dr. H. Jesse

Nichols (1940) berichtet, daß zwei *S. marmoratus* in den noch feuchten unterirdischen Gängen eines Ameisennestes von *Atta cephalotes* gefunden wurden³⁾, und zwar 400 m vom nächsten Sumpf entfernt, der seinerseits zu der betreffenden Zeit völlig ausgetrocknet war.

Bei *Synbranchus marmoratus* muß in bezug auf die Lebensweise die Hauptfrage lauten, ob und in welchem Umfang auch diese Species unter normalen Verhältnissen amphibisch lebt, d. h. auch wenn sie ohne ein vollständiges Austrocknen (oder außerhalb eines extrem niedrigen Sauerstoffgehalts) ihrer Wohngewässer nicht unbedingt gezwungen ist, diese zu verlassen, sich einzugraben oder „über Land zu gehen“?

Die anatomisch-physiologischen Voraussetzungen sind dafür, wie Taylor (1891) und Carter und Beagle (1930/31) mitteilen, durchaus gegeben — einmal soll die feuchte atmosphärische Luft bei dieser Fischart von den Kiemenblättchen selbst (!), die hier das 25- bis 35fache der Breite ausmachen, veratmet werden können, zum anderen zeigen Dach und Boden der Maul- und Kiemenhöhle ein reiches respiratorisches Blutgefäßnetz — wenn auch die Voraussetzungen bei diesem amerikanischen Vertreter vielleicht nicht ganz so weit fortgeschritten sind, wie bei *Monopterus* und *Amphipnous*. Bei den altweltlichen Synbranchii bewahrt der erwachsene *Amphipnous* Kiemen nur am II. Kiemenbogen, während sie bei *Monopterus* nur am I. und II. Bogen spärlich vorhanden sind (Rauther, 1940).

Bei *Amphipnous* ist die erste Kiemenspalte geschlossen; vom Rachen her sind oberhalb derselben mächtig schwellbare, mit Muskelhüllen versehene, über den Kiemenbögen bis zum Schultergürtel sich ausdehnende „Atemsäcke“ vorhanden, die bei *Synbranchus* nur schwachen, blinden Vertiefungen entsprechen. Bei *Monopterus* fehlen solche Aussackungen, jedoch ist auch hier die Rachenschleimhaut außerordentlich gefäßreich. Das ganze Epithel der Haut der peribranchialen Region und des ganzen Pharynx als dem Hauptatmungsorgan ist nach Wu und Kung (1940) und nach Wu und Liu (1940) über und über capillarisiert. Im übrigen glauben aber diese Autoren im Gegensatz zu Volz (1906) nicht an eine zusätzliche Darmatmung dieses Synbranchiden, die übrigens als zusätzliche Atemmöglichkeit Schreitmüller (1927) auch bei *Amphipnous* annimmt, da er nach einem Transport des Tieres ohne Wasser aus dem Darm große Luftblasen entweichen sah, nachdem er das Tier — zu Hause angekommen — in ein Aquarium setzte.

Breder (1927/28) fand *Synbranchus marmoratus* im südwestlichen Teil des Staates Panama am Rio Sucubti oberhalb eines hohen Wasserfalles, wohin die Tiere niemals auf dem Wasserwege gelangt sein konnten. Er spricht die Vermutung aus, daß die Tiere nur über Land dorthin gelangt sein können.

Die von Holly, wie mir scheint, weitgehend theoretisch geschlossene, lapidare Feststellung „geht auch auf das Trockene“ sagt nichts über die Voraussetzungen darüber aus und ist mir daher zu allgemein gehalten.

Als ich meinen *Synbranchus marmoratus* erhielt, richtete ich gleich nach Durchsicht der Literatur ein großes, fast 2 m langes Aquarium ein, das neben einem Teil mit tieferem und einem Teil mit sehr flachem, nur wenige Zentimeter hohem Wasserbereich auch eine um 60 cm lange Feuchtsaumzone aufwies, die über einer Sandschicht zuerst mit einem Graspolster, später mit einem *Sphagnum*-Polster ausgelegt war und kein freies Wasser enthielt. Ich wollte prüfen, ob das Tier auch in der Enge

³⁾ Aus diesen Gängen entnimmt *Atta cephalotes* einen Teil der Feuchtigkeit zur Kultivierung ihrer Pilzgärten.

eines nicht zu kleinen „Aqua-Terrariums“ Reaktionen zeigt, die in ihrer Art so eindeutig sind, daß man aus ihnen auch auf eine aktive amphibische Lebensweise in der freien Natur Rückschlüsse ziehen kann.

Zur Abrundung meiner Aquarienuntersuchungen an *Synbranchus marmoratus* habe ich den ausgezeichneten Bericht von Carter und Beagle (1930/31) über die physiko-chemischen Besonderheiten der „swamps“ des Chaco von Paraguay herangezogen, einen eigenartigen Biotop, auf den ich noch zu sprechen komme und in welchem *Synbranchus* geradezu ein Charaktertier ist. Aber außer der Feststellung, daß *S. marmoratus* an dieses äußerst sauerstoffungünstige Milieu gut angepaßt sei, fehlen bei Carter und Beagle leider detaillierte Angaben über den genaueren Aufenthalt und Einzelangaben über das Leben dieses Fisches in diesen „swamps“.

Eigene Untersuchungen

A) Die verschiedenen Atemweisen durch die Kiemen

Synbranchus marmoratus atmet auf verschiedene, deutlich von einander abgrenzbare Manier durch die Kiemen im Wasser. Es handelt sich einmal um eine schwache, kaum sichtbar werdende Atmung und zum anderen um eine starke Atembewegung, die als Bewegungsphase am Maul- und Kiemenhöhlenboden deutlich sichtbar wird.

1. Die schwache, kaum sichtbare Atembewegung durch die Kiemen.

Bei dieser Atembewegung im gut durchlüfteten Wasser ist das Maul des Tieres nur leicht geöffnet. Der Strom des Atemwassers geht in sehr mäßiger Stärke in die kaum geweitete Rachen- und Kiemenregion, zieht an den vier Kiemenbögen mit ihren äußerst langen Kiemenblättchen⁴⁾ vorbei und tritt ohne Veränderung der hinteren Kiemen- und Kehlpertie (so daß die Faltenbildung ventral deutlich sichtbar bleibt) an der letzten durch die quergestellte Kiemenöffnung wieder heraus, die sich dabei ganz schwach und ohne wesentliche Muskelbeteiligung ihrer Ränder öffnet.

Liegt der Fisch in Ruhe am Boden seines Gewässers und nicht zufällig an irgendwelche festen Gegenstände oder Pflanzenpolster im Wasser angelehnt, so wird bei dieser Atemweise sein Vorderkörper im allgemeinen nicht von der Unterlage emporgehoben, wie man es sonst bei diesem *Synbranchiden* so oft sieht. Der Fisch macht dabei den Eindruck völliger Ruhe und Entspannung.

2. Die starke, gut sichtbare Atembewegung durch die Kiemen.

Sehr häufig in mäßig bis schlecht durchlüftetem Wasser, in sauerstoffreichem Wasser hingegen nur selten. Das Maul ist beim Einnehmen des Atemwassers etwas stärker geöffnet und das Wasser wird auch in stärkerem Sog in die Maul- und Kiemenhöhle eingenommen.

⁴⁾ Siehe den entsprechenden Hinweis im Kapitel Einleitung.

Der zwischen den Längsfalten zum Teil sehr dünnwandige Boden der Maul- und Kiemenregion wird dabei durch das eingenommene Atemwasser buckelförmig vorgewölbt, und zwar sieht man deutlich, wie sich dieser Buckel — indem die aufgenommene Wassermenge an den Kiemen vorbeistreicht — in zügiger Weise von vorn nach hinten verlagert (s. Abb. 1). Ich möchte betonen, daß die ventral fortlaufende Vorwölbung der Maul- und Kiemenhöhle jeweils weit lokalisierter, d. h. viel enger begrenzt, auftritt (vgl. Abb. 1 mit den Abb. 2, 7c) als bei der noch zu besprechenden Ausdehnung dieser Partien zu einem regelrechten Kiemen- bzw. Kehlsack bei der Aufnahme von atmosphärischer Luft in die Kiemenhöhle. Das Kiemenwasser tritt unter mäßiger bis starker Öffnung der Kiemenspalte wieder aus.

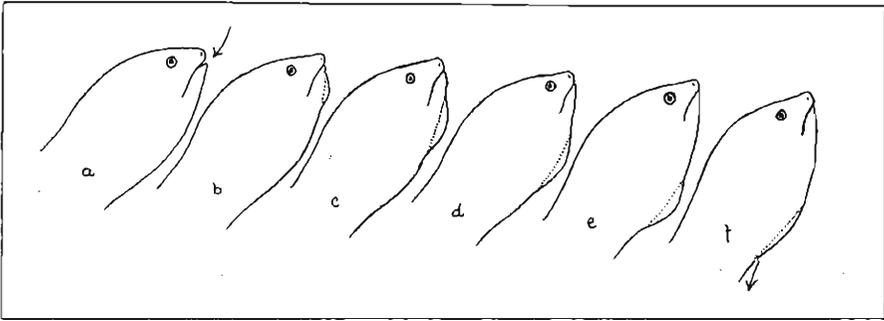


Abb. 1: Die starke, gut sichtbare Atembewegung durch die Kiemen bei *Synbranchus marmoratus* (aufgeteilt in sechs Bewegungsphasen a—f). Das eingenommene Atemwasser dehnt den Boden der Rachen- und Kiemenhöhle kontinuierlich fortlaufend von vorn nach hinten eng begrenzt deutlich buckelartig vor. Bei f tritt es ventral durch die median liegende quergestellte und dann stark geöffnete Kiemenöffnung wieder aus.

Ich habe keine histologische Untersuchung der Ränder der Kiemenspalte vorgenommen; nach eingehender Beobachtung dieser Region am lebenden Tier vermute ich aber mit einiger Sicherheit, daß diese Spalte von einer ziemlich starken (z. T. ringförmig angeordneten) Muskulatur umgeben ist, die plötzlich erschlafft und dadurch die Kiemenspalte öffnet, wenn das Atemwasser hier ausströmt (vgl. auch Abb. 5).

B) Die Atmung mit Hilfe des Einnehmens von atmosphärischer Luft

Die Aufnahme von atmosphärischer Luft zu Atemzwecken ist in allen Lebenslagen des Tieres zu beobachten. Allerdings beobachtete ich sie in Wasser mit sehr guten O₂-Bedingungen etwas weniger häufig, als in Wasser mit für die betreffende Temperatur durchschnittlichem O₂-Gehalt, wo sie schon häufig ist, so daß man sie als sehr charakteristisch für diese Species ansehen kann. Sie ist sehr häufig in Wasser mit schlechten bzw. sehr schlechten Sauerstoffverhältnissen (s. nächstes Kapitel).

Will *Synbranchus marmoratus* atmosphärische Luft aufnehmen, dann reckt er den Vorderkörper bis zum Wasserspiegel soweit hoch, daß das Maul bis zu den Augen (Abb. 2), gelegentlich auch noch weiter, aus dem Wasser herausragt.

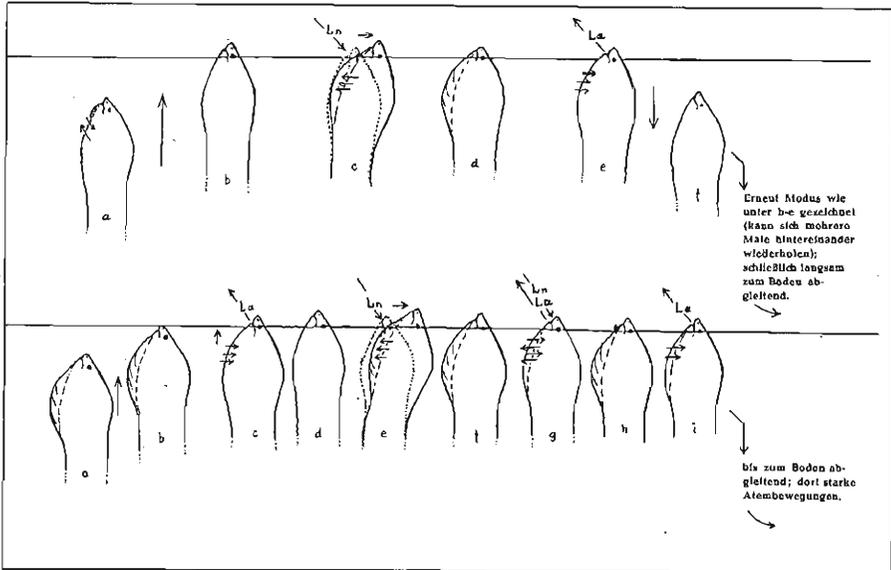


Abb. 2: Das Einnehmen von atmosphärischer Luft bei *Synbranchus marmoratus* am Wasserspiegel in einzelne Bewegungsphasen aufgeteilt. Obere Reihe: Ein Exemplar, das unter starken Atembewegungen durch die Kiemen im Wasser (a) zum Wasserspiegel hochkommt (b), einmal unter Schwellung des Kiemensacks atmosphärische Luft aufnimmt (c), dann einige Zeit am Wasserspiegel verharrt (d), die verbrauchte Luft ausstößt (e) und vollständig wieder ins Wasser zurückgleitet (f). — Untere Reihe: Ein Exemplar, das mit luftgefülltem Kiemensack (a, b) — aufgenommen kurze Zeit vorher an der Wasseroberfläche — wiederum bis zu diesem hochkommt und hier nun in mehreren Intervallen atmosphärische Luft einnimmt und abgibt (c — i) bis es schließlich vollständig wieder ins Wasser zurückgleitet. — Modus der unteren Reihe vornehmlich in Wasser mit schlechten O_2 -Verhältnissen! — Ln = Lufteinnahme; La = Luftabgabe.

Häufig, d. h. vornehmlich in Wasser mit schlechten O_2 -Verhältnissen, geschieht dieses Hochrecken unter einer vorgelagerten, länger andauernden, in Abbildung 1 dargestellten starken Atembewegung durch die Kiemen, indem das Tier ein Stück unter dem Wasserspiegel einige Zeit mit dem Vorderkörper hochgereckt stehen bleibt (Abb. 2a).

Liegen vor dem Einholen der atmosphärischen Luft größere Exemplare dabei in flachem Wasser (siehe z. B. Abb. 7 A. u. B.) oder in Pflanzenpolstern an der Wasser-Landgrenze (Abb. 7 C), dann brauchen diese Tiere nur den Vorderkörper oder auch nur den Kopf hochzurecken, anderenfalls ist eine größere Kraftanstrengung notwendig, um an den Wasserspiegel zu kommen. So außerordentlich agil und wendig diese Fischart am Gewässerboden und im Pflanzendickicht ist (auch sogar an Land in

der feuchten Uferzone, wie weiter unten noch dargestellt wird), so scheint für sie ein Schwimmen in freiem Wasser, völlig losgelöst vom Boden oder von Pflanzen und Steinen, sehr schwierig, wenn nicht gar unmöglich, zu sein.

Ich habe hierüber in der Enge des Aquariums natürlich keine exakten Beobachtungen machen können. — Es mag das aber einer der Gründe sein, warum mein Exemplar, als es größer und schwerer geworden war, in dem großen Aquarium eindeutig den Flachwasserbereich gegenüber dem Bereich mit tieferem Wasser vorzog⁵⁾. In dem letzten kann ein größerer und damit relativ viel schwererer *Synbranchus* seinen Körper günstigstenfalls nur bis zur Körpermitte, meist aber nur zu etwa $\frac{1}{4}$ (siehe Abb. 6a) im Wasser kerzengerade aufrichten, wenn das Tier nicht irgendwo angelehnt ist. Will ein größerer *Synbranchus* aus tieferem Wasser heraus atmosphärische Luft einnehmen, so lehnt er sich daher meist an Wände (in der freien Natur Steine, Pflanzen usw.) an und geht auch, wenn er den Wasserspiegel trotz der Anlehnung an feste Gegenstände noch nicht erreichen kann, diese mehr oder weniger als Stütze oder Gleitfläche verwendend, an ihnen hoch, wie es Abbildung 3 zeigt.

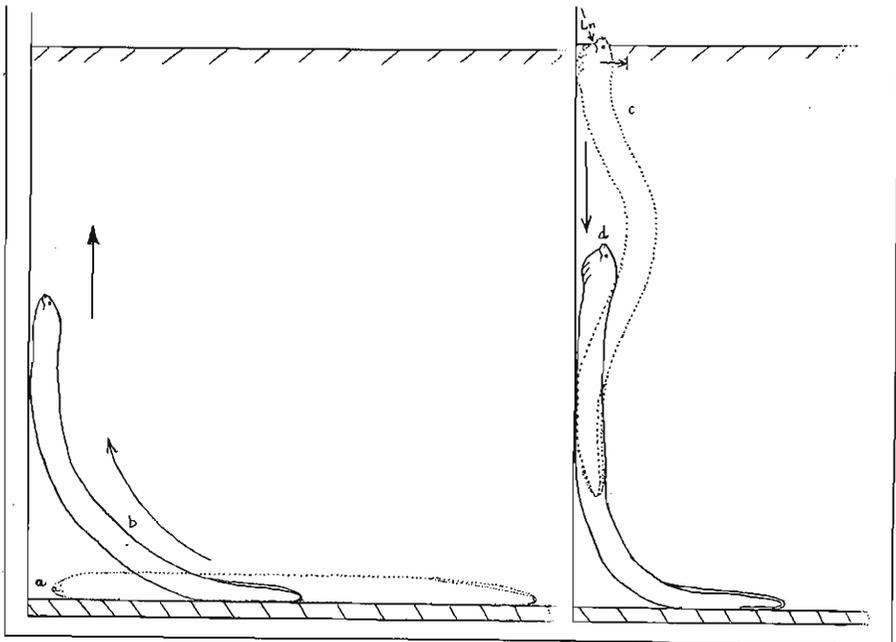


Abb. 3: Ein großes und relativ schweres *S. marmoratus*-Exemplar bei der Aufnahme von atmosphärischer Luft an der Wasseroberfläche. Das Tier nimmt die Seitenscheibe des Aquariums als Stütz- und Gleitfläche zu Hilfe. Die Bewegungen des Tieres in vier Phasen gezeichnet; die Pfeile deuten (auch in den anderen Zeichnungen) die Bewegungsrichtungen an. — Ln = siehe unter Abbildung 2.

⁵⁾ Ich möchte hier hervorheben, daß die Fütterung meines Tieres absichtlich ganz wahllos an allen möglichen Stellen des Aquariums und zu ganz verschiedenen Zeiten (unregelmäßig) stattfand, so daß eine Gewöhnung des Tieres an eine bestimmte Futterstelle von vornherein ausscheidet.

Hat der *Synbranchus* sein Maul aus dem Wasser herausgehoben, nimmt er durch das nun leicht geöffnete Maul atmosphärische Luft in die Kiemenhöhle ein, die sich dabei — viel stärker als bei der starken Atembewegung durch die Kiemen — kehsackartig aufbläht. Dabei ist ganz automatisch ein Durchbiegen des Vorderkörpers nach dorsal gegeben (Abb. 2, obere Reihe, Phase c). In dieser Weise bleibt der *Synbranchus* nun meist einige Zeit am Wasserspiegel mit aufgeblasenem Kiemensack stehen (Abb. 2, obere Reihe, Phase d; Abb. 5a).

Fast genau in der gleichen Weise scheint *Monopterus* die atmosphärische Luft aufzunehmen; jedenfalls zeigt der Vorderkörper am Kiemenhöhlenboden bei geschwelltem Kiemensack ein weitgehend ähnliches Aussehen. Ich verweise hier auf Wu und Kung, 1940, p. 62, Fig. 1 und 2.

Häufig läßt sich der *Synbranchus* mit aufgeblasenem Kiemensack eben bis unter den Wasserspiegel absinken, so daß die Maulspitze von unten her gerade eben den Wasserspiegel berührt. Ebenso häufig läßt er sich jedoch noch etwas tiefer unter den Wasserspiegel absinken, um dann nach einiger Zeit die atmosphärische Luft meist aus der Kiemenspalte (siehe Abb. 5c), in einigen wenigen Fällen aber auch durch das Maul (siehe Abb. 5b; auch Abb. 3b) abzugeben.

Es ist daher nicht ganz exakt, wenn Holly es so darstellt, als wenn die verbrauchte Luft nur durch die Kiemenspalte abgegeben würde.

Der Fisch entläßt häufig die Luft auch aus der Kiemenspalte oder aus dem Maul (Abb. 2, obere Reihe, Phase e), ohne mit der Kopfspitze unterzutauchen.

In manchen Fällen kann er mehrere Male schnell hintereinander die Luft über dem Wasserspiegel abgeben und neu aufnehmen (Abb. 2, untere Reihe, Phase g) und anschließend, ohne besondere anderweitige Bewegungen, dann wieder einige Zeit mit aufgeblasenem Kiemensack stehen bleiben (Abb. 2, untere Reihe, Phase h) bis er, unter Abgabe der zuletzt aufgenommenen Luftmenge durch Kiemenspalte oder Maul, endgültig absinkt. Ich habe beobachtet, daß mein *Synbranchus*, als er noch kleiner und damit relativ leichter war, sich sehr gern nach der Luftaufnahme mit aufgeblasenem Kiemensack soweit absinken ließ, daß er sich — kerzengerade durchgedrückt — auf dem letzten Viertel seines Körpers, d. h. also praktisch auf der Schwanzpartie, auf den Boden eben aufstützen konnte, wie es Abb. 4a zeigt. Die in den Kiemenkorb eingenommene Luftblase erlaubt diesem kleineren und damit relativ leichteren Exemplar in ihrem Auftrieb eine derartig, für jüngere *Synbranchus marmoratus* direkt charakteristische Stellung⁶⁾. Simon hat schon 1914 (die Zeichnung wurde später von Holly übernommen) diese charakteristische Stellung zeichnerisch festgelegt. Ältere Tiere mit ihren massiveren Körpern sind nicht mehr befähigt, eine solche kerzengerade nach oben gerichtete Stellung,

⁶⁾ Das erinnert sehr stark an ähnliche Verhältnisse bei dem feuchtluftangepaßten Periophthalmiden *Apocryptes (Pseudoapocryptes) lanceolatus*, wo der Kiemenkorb bei Luftaufnahme so geschwellt wird, daß diese Fische mit herausragendem Kopf passiv im Wasser schweben können (Rauther, 1940).

nur mit der Schwanzpartie aufgestützt, einzunehmen. Es ist also nicht ganz richtig, die eben geschilderte Stellung für *S. marmoratus* in allen Größen- und Altersstadien als vorkommend darzustellen, wie es Holly tut.

Dank dem Wirksamwerden des Auftriebs der Luft in ihrem geschwellten Kiemensack haben also kleinere *Synbranchus*-Exemplare eine weit geringere Kraftanstrengung nötig, als ältere Exemplare, wenn sie zur Neuaufnahme von Luft hochsteigen wollen.

Tatsächlich war mein Fisch in der ersten Zeit, als er noch kleiner war, so geschickt, daß er sehr häufig den aufgeblasenen Kehlsack als Auftriebskörper benutzend mit Leichtigkeit, nicht überstürzt, aber doch zügig, aus tiefem Wasser bis fast zum Wasserspiegel hochstieg, kurz darunter angekommen, dann die Luft durch die Kiemenspalte oder durch das Maul abgab (Abb. 4b), dann das allerletzte Stück schnell bis zum Wasserspiegel hochkam und nun „frei hängend“ neue Luft aufnahm (Abb. 4c). Darauf ließ er sich mit aufgeblasenem Kiemensack ganz langsam passiv wieder zu seiner charakteristischen Stellung absinken (Abb. 4d).

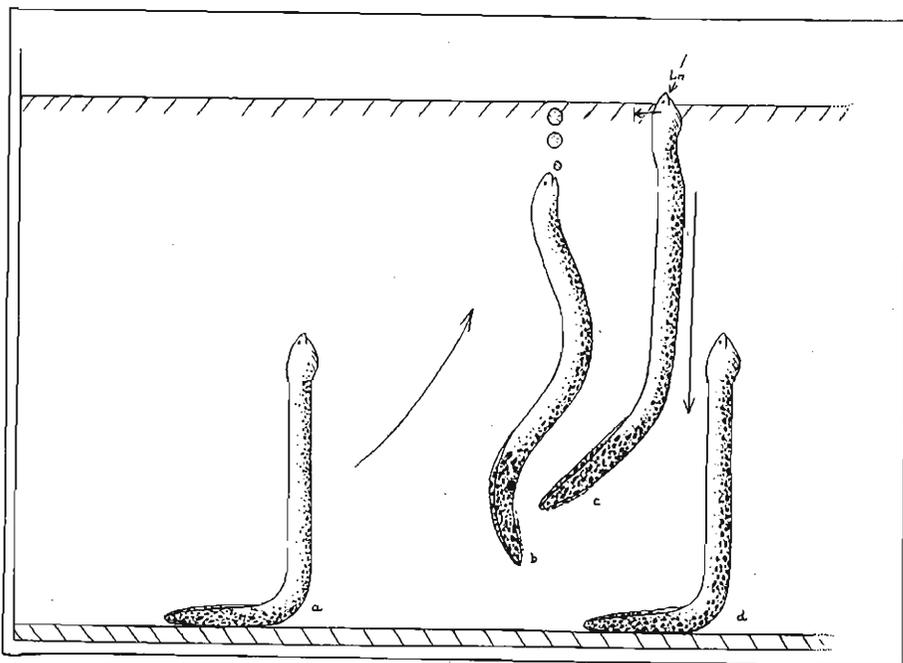


Abb. 4: Typische Verhaltensweisen und Stellungen eines kleinen und relativ leichten *S. marmoratus*-Exemplares bei der Aufnahme atmosphärischer Luft in tieferem Wasser. — Ln == siehe unter Abbildung 2.

Aus diesen Beobachtungen schließe ich, daß jüngere, d. h. kleinere *Synbranchus marmoratus* in der freien Natur sowohl in flachem wie auch in tiefem Wasser zu Hause sind, während ältere, d. h. größere Tiere viel mehr an sehr flaches Wasser gebunden sind, abgesehen natürlich von Wanderzeiten und Laichgewohnheiten, über die wir bei dieser Fischart

nichts wissen. Das würde sich auch völlig mit den Angaben von Pearse (1920) decken, der die Tiere im See Valencia in Venezuela fand. Junge Exemplare kommen vor, sagt er, "in both deep and shallow water".

Ist vornehmlich das tiefere Wasser sauerstoffarm, wie in stagnierendem Wasser mit Schlamm Boden mit reichlich organischer Substanz (z. B. weite Teile des hier genannten Sees Valencia in Venezuela), so bedeutet für jüngere, relativ leichtere *S. marmoratus* die Tiefe allein kein Hindernis. Die Fähigkeit der Aufnahme atmosphärischer Luft macht sie vom niedrigen O₂-Gehalt der Tiefe unabhängig; der Auftrieb der Luftblase im Kiemensack, die häufig erneuert werden muß, erlaubt auch diesem ausgesprochenen Bodenfisch ein leichtes und schnelles Hochsteigen, ohne ein aktives freies Schwimmen.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß diese Fischart nicht nur gegenüber anderen Wassertieren von annähernd gleicher Größe und Stärke sehr bisig — ich selbst bin mehrfach von meinem Exemplar recht schmerzhaft in

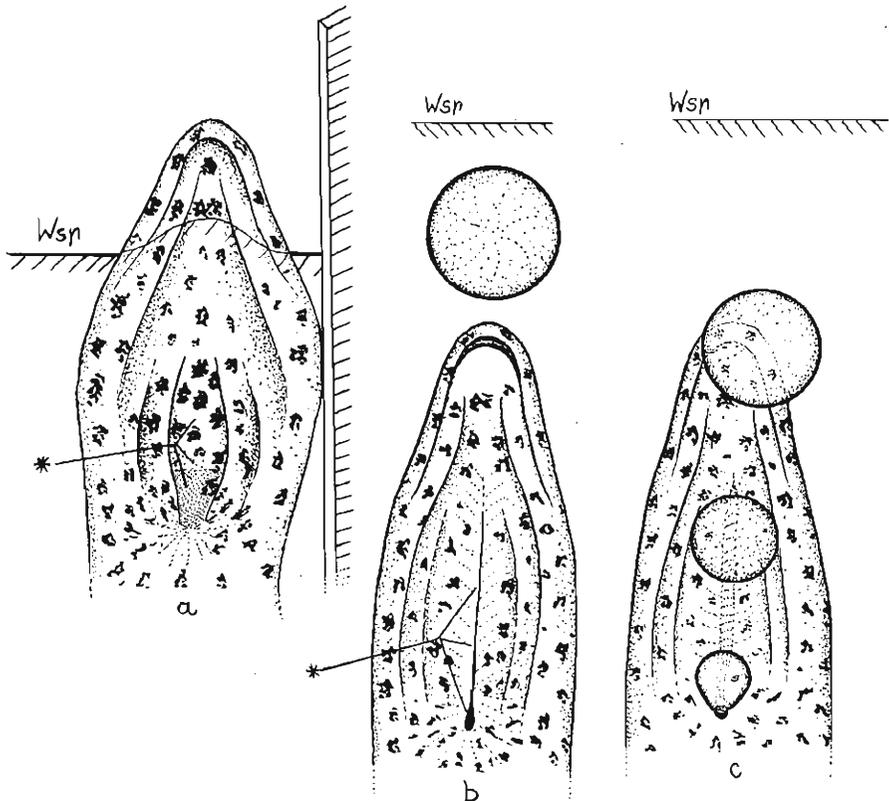


Abb. 5: *Synbranchus marmoratus*; Sicht auf die Ventralseite des Kopfes und auf die Umgebung der Kiemenspalte. — a: Ein Exemplar mit geschwelltem Kiemensack am Wasserspiegel Wsp (vgl. Farbabb. A); b: ein etwas unter dem Wasserspiegel stehendes Exemplar, das die Luft bei zusammenfallendem Kiemensack durchs Maul abgibt; c: ein Exemplar, das die Luft durch die Kiemenspalte abgibt (vgl. Farbabb. B).

den Finger gebissen worden —, sondern auch gegenüber seinesgleichen sehr zänkisch ist. Simon konnte 1914 kurze Zeit mehrere Tiere in einem Aquarium des Kölner Zoologischen Gartens beobachten. Er schreibt darüber: „Der Pfleger der Tiere tut gut daran, in ein Becken nur etwa gleichgroße Exemplare einzusetzen. Denn ohne Beißerei geht nichts ab und Wundstellen am ganzen Körper und abgebissene Schwänze beweisen, daß solche Beißerei nicht harmlos war.“

Man wird annehmen dürfen, daß in der freien Natur an Stellen, an denen diese Tierart häufig ist, die jüngeren Exemplare vor den Nachstellungen der älteren Tiere ins tiefere Wasser ausweichen. Es ist das gar nicht verwunderlich, zumal sie auch, wie eben geschildert, dort weit leichter als die älteren und relativ schwereren Tiere das Bedürfnis nach der Aufnahme atmosphärischer Luft befriedigen können.

Steht ein *Synbranchus marmoratus* mit aufgeblasenem Kiemensack mit der Kopfspitze am oder unterm Wasserspiegel, so ist er in der freien Natur gegenüber Feinden aus dem Luftraum oder vom Ufer her gefährdet.

Ein *S. marmoratus* in dieser Stellung ist daher ganz auf Störungen durch Erschütterungen oder schnelle Bewegungen von außen her eingestellt. Erreicht ihn eine Erschütterung oder zieht ein Schatten über ihn, dann schießt er nach unten-hinten weg, indem er, meist unter Zurückziehen des Körpers aus dem freien Wasserraum (oder aus dem Schwimmpflanzen- oder Unterwasserpflanzendickicht), blitzschnell ein Stück nach rückwärts gleitet — und dann, *f a s t i m m e r n u r d u r c h d a s M a u l*⁷⁾, die Luft abgibt —, sich augenblicks mit dem Vorderkörper ganz umdreht und nun eilig in eine dunkle Ecke, an Steinen oder tiefer ins Unterwasserpflanzengewirr verschwindet (Abb. 6).

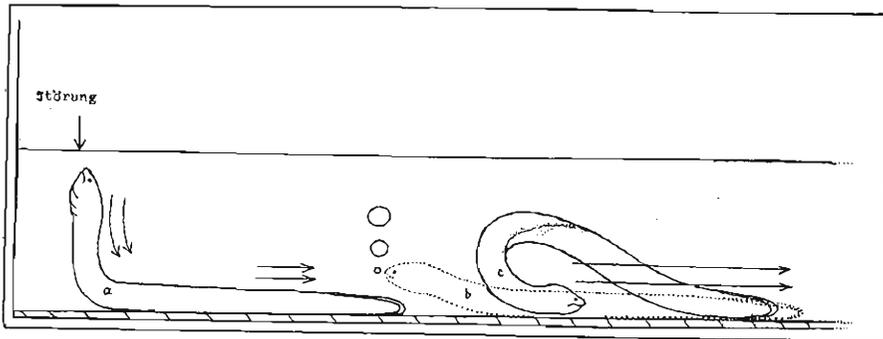


Abb. 6: Reaktion und typische Fluchtbewegung eines mit geschwelltem Kiemensack nahe am Wasserspiegel stehenden *Synbranchus marmoratus* bei Störung (plötzliche Erschütterung oder plötzlich auftauchender Schatten von oben) in drei Bewegungsphasen (a — c) gezeichnet. Die Doppelpfeile sollen die Heftigkeit der Fluchtreaktion andeuten. Näheres siehe im Text.

Als mein Tier längere Zeit in Gefangenschaft war, ließ die Überempfindlichkeit in dieser Situation nach. Das Tier hatte sich, da die Erschütterungen für es in der Gefangenschaft ja keine Gefahr bedeuteten (es waren bei mir im Raum

⁷⁾ Wahrscheinlich weil er sich der ihn dann hindernden Luftblase nur durch das Maul am schnellsten entledigen kann.

der II. Etage durch den vorbeie rollenden Verkehr praktisch immer feinste Erschütterungen vorhanden), daran gewöhnt. Erst nach dieser Zeit konnten die im folgenden dargelegten auswertbaren Beobachtungen beginnen,

C) Die Aufnahme atmosphärischer Luft in Abhängigkeit vom O₂-Gehalt des Wassers

Im Vorhergehenden hatte ich schon mitgeteilt, daß das schwache Atmen durch die Kiemen besonders in gut mit Sauerstoff beladenem Wasser erfolgt, wogegen das starke Kiemen-Atmen in schlecht mit O₂ versehenem Wasser bevorzugt wird.

Die Abhängigkeit zwischen der Aufnahme der atmosphärischen Luft und der dazwischenliegenden Einschaltung der Kiemenatmung soll jetzt etwas genauer beleuchtet werden.

Zuvor möchte ich aber zum besseren Verständnis dieser Zusammenhänge eine typische Beobachtung als Beispiel für viele ausführlich wiedergeben.

Der Sauerstoffgehalt wurde herabgedrückt bzw. variiert, indem die Durchlüftung mehrere Tage vor Beobachtungsbeginn abgestellt wurde und zusätzlich ein vermoderndes Graswurzelgeflecht (z. T. auch *Sphagnum*-Ballen) ins Wasser gegeben wurde.

Protokoll vom 21. III. 1957:

Das Wasser im Aquarium ist gut durchlüftet (Luftzufuhr durch Eingabe von Luft, die in zahlreichen Luftperlen aus einem Sprühstein ins Wasser gegeben wird). Die O₂-Verhältnisse im Becken sind sehr gut. Wassertemperatur 19°C; pH 8,0; Luftfeuchtigkeit direkt über dem Wasserspiegel 99%. 20.30 Uhr = der *Synbranchus* kommt zur Oberfläche und nimmt Luft in den Kiemensack. Er hält sie 10' in diesem, indem er mit der Kopfspitze über den Wasserspiegel hinausgeht.

Nach dieser Zeit gibt er um 20.40 Uhr die Luft aus der Kiemenspalte ab. Bis 20.45 Uhr bleibt er unter schwachen Atembewegungen am Boden. Um 20.46 Uhr steigt er hoch, nimmt Luft in den Kiemensack, gleitet mit geschwelltem Kiemensack etwas unter den Wasserspiegel und bleibt dort 9' stehen. Dann gibt er um 20.55 Uhr durch die Kiemenspalte die Luft ab und gleitet unter schwachen Atembewegungen zum Boden. Hier bleibt er insgesamt 12' bis 21.07 Uhr und kommt dann zu neuem Einholen von atmosphärischer Luft zum Wasserspiegel.

Die knappe Zusammenfassung lautet also: Zeitspanne jeweils mit aufgeblasenem Kiemensack mit Kopf über oder (nahe) am Wasserspiegel (Wsp) einmal 10', ein zweites Mal 9'; Zeitspanne der Kiemenatmung einmal 6' (—)⁸⁾, ein zweites Mal 12'.

In Form einer tabellarischen Übersicht führe ich nun aus einer Reihe gleichlaufender und gleich zu bewertender Beobachtungen aus meinem Hauptprotokoll zwei aufschlußreiche Beispiele (zweimal für das Verhalten in gut mit O₂ versorgtem Wasser und zweimal für das Verhalten in schlecht mit O₂ versorgtem Wasser) an, woraus einige interessante Abhängigkeiten abgelesen werden können:

⁸⁾ (—) bedeutet schwache Atemweise durch die Kiemen; (+) starke Atemweise durch die Kiemen.

Hieraus folgert: Die Kiemenatmung verliert ziemlich kontinuierlich immer mehr an Bedeutung, je sauerstoffärmer das Wasser ist, in welchem sich *S. marmoratus* aufhält. Während in gut mit O₂ beladenem Wasser die Einzelperioden (Zeitspannen) der Kiemenatmung lang oder kurz sein können (in den Beispielen von 1' bis 64'; siehe die mit einem * [lange Perioden eingerahmt] versehenen Zahlen in Spalte i), — je nachdem wie stark jeweils die Tendenz (als solche immer vorhanden!) und „Stimmung“ ist, zwischendurch atmosphärische Luft aufzunehmen — sind sie in schlecht mit O₂ versehenem Wasser immer sehr kurzfristig (in den Beispielen niemals über 12' hinausgehend; meist nur 2' bis 6' dauernd bei den äußerst schlechten Sauerstoffverhältnissen von 4,0 mg O₂/l und darunter).

Kurz ausgedrückt: Die Intervalle zwischen den einzelnen Perioden der Veratmung atmosphärischer Luft, die die Kiemenatmung im Wasser beinhalten, sind um so kleiner, je niedriger der O₂-Gehalt des Wohngewässers ist.

Die Zeitspanne des Beisichbehaltens der eingenommenen atmosphärischen Luft (ohne ein schnelles Neueinnehmen am Wasserspiegel) im Kiemensack zur Ausnutzung des Atmungssauerstoffs beträgt im Durchschnitt 10' bis 15' und nur ganz gelegentlich wesentlich länger, nämlich 23' bis 29', nicht aber mehr als eine halbe Stunde. Alle diese Folgerungen ergaben sich sehr eindeutig auch aus den übrigen aus Platzmangel hier nicht aufgeführten Beobachtungen.

Liegt der Fisch jedoch mit geschwelltem Kiemensack ganz oder auch nur zum größten Teil außerhalb des Wassers, dann finden wir weiter unten mitgeteilte andere Verhältnisse. Abhängigkeit von Luftdruck und Luftdrucktendenz habe ich nicht feststellen können.

D) Beobachtungen über die amphibische Lebensweise des *Synbranchus marmoratus*

Nach Einrichtung des großen „Aqua-Terrariums“ mit seiner 60 cm langen Feuchtlandzone hatte ich reichlich Gelegenheit, das Anlandgehen meines *S. marmoratus* zu beobachten.

Ich habe weiter oben mitgeteilt, daß mein Exemplar, als es größer und relativ schwerer geworden war, in dem Aqua-Terrarium eindeutig den Flachwasserbereich mit seiner nur wenige Zentimeter hohen Wassersäule vorzog.

Das Tier lag ganz vornehmlich und immer über längere Zeit hinweg an der Wasser-Landzone entweder so, daß der Kopf und der Vorderkörper genau an der Grenze eines dicken Wasserpflanzen- und *Sphagnum*-Polsters (das dort mit Drahtbügeln verankert war) zur Wasserseite hin eben sichtbar wurde (Abb. 7 B) oder so, daß der Kopf in umgekehrter Richtung zur Landseite hin unter diesem Pflanzenpolster genau an der Wasser-Landgrenze zu liegen kam (Abb. 7 C; auch 7 D). Hier brauchte das Tier zum Einholen der atmosphärischen Luft nur den Kopf bzw. den Vorderkörper hochzurecken.

a	b	c	d	e	f	g	h	i	k
Beobach- tungsdatum (pH immer 8,0)	Gesamtbe- obachtungs- zeit	Luftfeuchtig- keit über dem Wasser- spiegel	Wassertem- peratur in Celsius	Luftdruck	Durchlüftung- u. Sauerstoff- verhältnisse; auch Angabe d. O ₂ -Gehalts des Wassers	Zeitspanne je- weils mit auf- geblasenem Kiemensack mit Kopf über oder (nahe) am Wsp.	Durchschnitt von g	Zeitspanne der Kiemen- atmung und deren Modus	Durchschnitt von i
31. 3. 57	70'	99 %	20 0	—	starke Durchlüf- tung: 7,7 mg O ₂ /l = sehr gute O ₂ -Ver- hältnisse	7' 5' 14' 15'	10'	1' (-)* <u>24' (-)*</u> 4' (-)	10'
2. 4. 57	175'	99 %	20 0	1018 mb Tendenz: leicht steigend	starke Durchlüf- tung 8,2 mg O ₂ /l = sehr gute O ₂ -Ver- hältnisse	28' 6' 5' 9' 29'	15'	9' (-) 5' (-) <u>64' (-)*</u> <u>20' (-)*</u>	25'

12 4. 57	94'	97 %	19 0	1014 mb Tendenz: leicht fallend	keine Durch- lüftung; 4,0 mg O ₂ /l= sehr schlechte O ₂ -Verhält- nisse	12' 14' 10' 10' 9' 10' 3'	10'	12' (+) 10' (+) 2' (+) 3' (+) 4' (+) 5' (+)	6'
3 2. 58	157'	98 %	20 0	—	keine Durch- lüftung; Fauststoffe im Wasser; besonders schlechte O ₂ Verhältnisse	18' 14' 19' 13' 15' 12' 23' 19'	17'	2' (+) 4' (+) 6' (+) 3' (+) 1' (-) 4' (+) 4' (+)	3'

An dieser ganz auffällig bevorzugten Aufenthaltsstelle hatte es sich eine regelrechte Wanne geschaffen (Abb. 7 C u. D; siehe auch Abb. 8 A u. B 7), die es nicht nur als Liegeplatz, sondern auch als Aussteigestelle aus dem Wasser vorzog (Abb. 8 A und B).

Ich habe, abgesehen von der allerersten Zeit seiner Gefangenhaltung, immer wieder ein aktives Heraussteigen meines *S. marmoratus* auf die Feuchtlandzone beobachten können. Der Fisch schlängelt sich dabei wie eine Schlange aus dem Wasser, ohne aber dabei sehr ausgebuchtete Kriechlinien einhalten zu müssen.

Mein Fisch ist zeitweilig regelmäßig Tag für Tag und Nacht für Nacht vollständig aus dem Wasser gestiegen. Oft genug kam er nur unvollständig aus dem Wasser heraus- oder tauchte wenigstens mit dem Kopf anschließend wieder unter (Abb. 7 A); häufiger jedoch entglitt er (am Tage) völlig dem Wasser (siehe

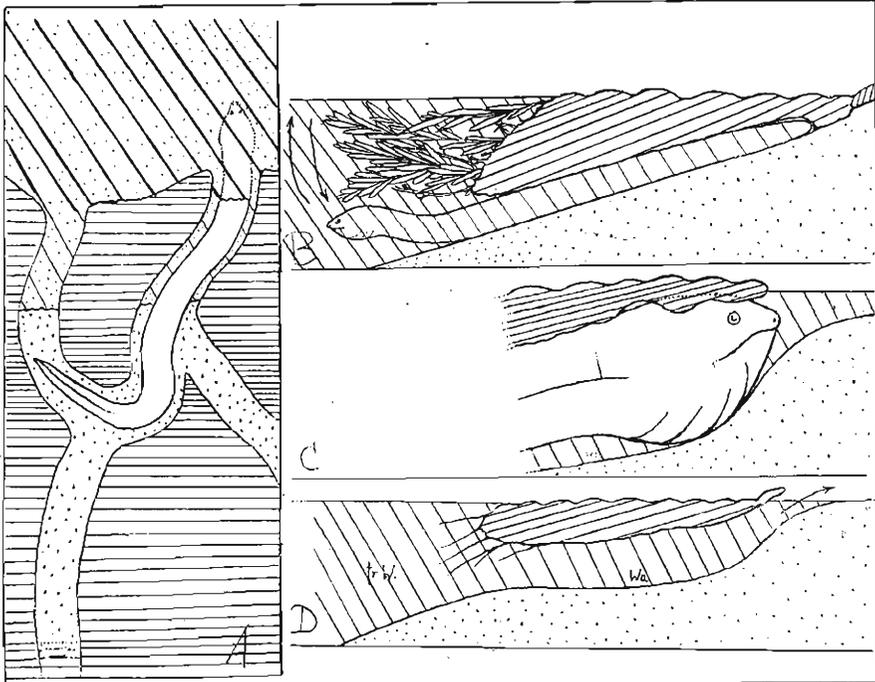
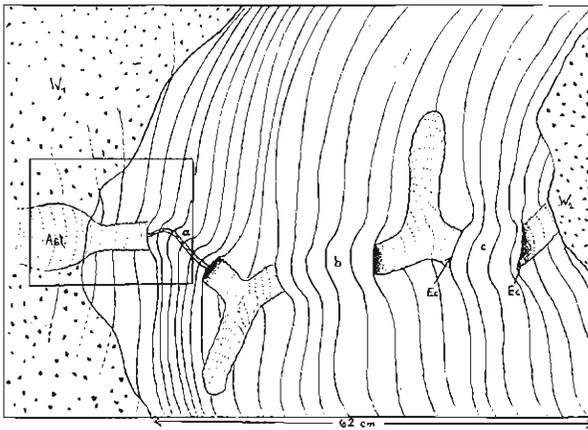


Abb. 7: Bevorzugte Aufenthaltsbereiche von *Synbranchus marmoratus* in einem großen Aqua-Terrarium nach zahlreichen Beobachtungen gezeichnet. A) Körper des Tieres liegt zum größten Teil in einer der Kriechspuren, die sich durch das ständige Anlandgehen im *Sphagnum*-Polster gebildet haben. Kopf des Tieres im Wasser. B) Das Tier unter einem Pflanzenpolster liegend. Kopf genau in der Höhe des Polsterrandes. C) Kopf des Tieres mit geschwelltem Kiemensack an der Wasser-Landgrenze. D) der bevorzugte Liegeplatz an der Land-Wassergrenze nach dem Anlandgehen des Tieres. — Wa = wannenförmige Vertiefung an der Wasser-Landgrenze; frW = freier Wasserbereich.



Abb. 8: Ausstiegstelle und Kriechspuren von *Synbranchus marmoratus* in einem großen Aqua-Terrarium. A) Die Ausstiegstelle (Ast = Wanne) an der Wasser-Landgrenze (Markierung der Wassergrenze durch die weiße Linie) mit anschließender Kriechspur (zur besseren Markierung wurde ein Bindfaden hineingelegt), die bei a durch ein streckenweises Hochheben des Moospolsters von seiten des



Tieres „unterirdisch“ verläuft (Foto: Dr. K. F. Buchholz). B) Ausstiegstelle und Kriechspuren in einem größeren Ausschnitt dargestellt (der Ausschnitt in Abb. 8 A eingerahmt). Bei a, b und c „unterirdischer“ Verlauf der Kriechspuren. C) Bereich der „unterirdisch“ verlaufenden Strecke c im fotografischen Bild. — Ec = die Ein- und Ausgänge der „unterirdischen“ Strecken; W₁ = Hauptwasserbereich; W₂ = ein kleiner Wasserbereich auf der Feuchtlandzone. (Foto: Dr. K. F. Buchholz).

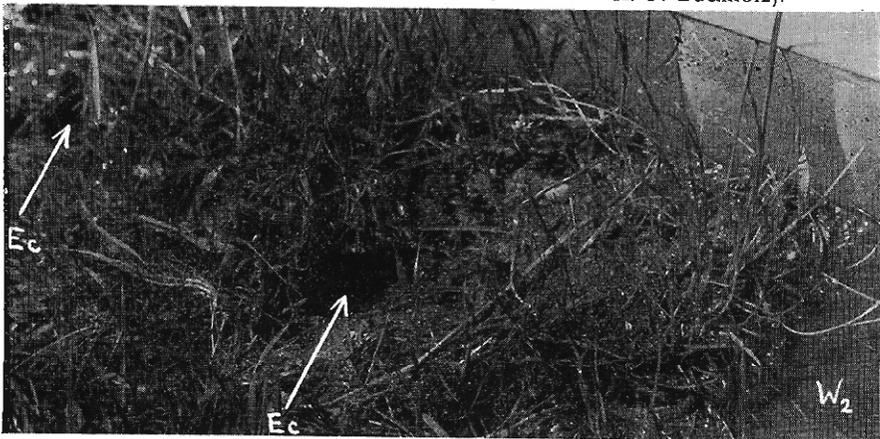


Abb. 9 als photographischer Beleg hierfür). Durch sein ständiges Anlandkriechen hatte das Tier in den feuchten Gras- und *Sphagnum*-Belag teilweise recht deutliche Kriechspuren eingedrückt (Abb. 8 A u. B).

Synbranchus marmoratus geht allerdings nur dann an Land, wenn die Luft über dem Gewässer und dem Ufersaum sehr stark feuchtigkeitshaltig ist. Eine Luftfeuchtigkeit von 97—100 % ist Voraussetzung (siehe auch die Tabelle weiter oben). Die hohe Luftfeuchtigkeit ist in Gefangenschaft bei einer Deckscheibe, die gut abschließt, gegeben.

Ist die Luft trocken, dann kann auch diese Fischart nicht an Land atmen, da sowohl die vaskularisierte Kiemenhöhle, wie auch die Kiemen selbst — und wie darüber hinaus auch die gesamte Körperhaut — nur in feuchter atmosphärischer Einhüllung voll funktionsfähig sind.

Gelangt z. B. ein *S. marmoratus* durch einen Unglücksfall in das lufttrockene Zimmer, dann tritt sehr schnell der Tod des Tieres ein. So gibt Schreitmüller (1927) an, daß ihm ein *S. marmoratus* eines nachts aus dem Aquarium entwich und am Morgen auf dem Boden des Zimmers tot aufgefunden wurde.

An Land bekundet *Synbranchus marmoratus* eine starke wühlende Tätigkeit mit dem Kopf. Ich vermute daher, daß die Tiere in der freien Natur am Ufersaum mehr oder weniger vollständige Gänge und Höhlen in weiche und feuchte Bodenpartien eindrücken, wie es *Amphipnous cuchia* in Indien auch tut. In der Enge des Aquariums konnte ich davon nur ansatzweise etwas sehen, indem mein Exemplar die Neigung hatte, den *Sphagnum*-Belag der Feuchtlandzone stellenweise tunnelförmig hochzuheben (Abb. 8 A, B; die Stellen a, b c und in Abb. 8 C die Stellen Ec). In Abbildung 9 wühlt sich das völlig aus dem Wasser herausgekommene Tier gerade mit dem Kopf in den feuchten Sand ein.

Wenn man berücksichtigt, daß eine starke wühlende Tätigkeit ganz allgemein den Synbranchidae eigen zu sein scheint, kann es nicht weiter verwundern, daß gleich zwei⁹⁾ Vertreter aus dieser artenarmen Familie in zwei verschiedenen Kontinenten — *Typhlobranchus boueli* (siehe Pelegrin 1922) und *Pluto internalis* (siehe Hubbs 1938) — zu echten troglobionten Blindfischen geworden sind, obgleich, wie mir scheint, primär die Haut bei dieser Bodenfischfamilie nicht durch eine sonderlich große Zahl oder eine besonders gute Ausbildung von Sinnesknospenreihen auf dem ganzen Körper zu einem unterirdischen Leben in dieser Hinsicht präadaptiert ist. Die Präadaptation ist vielmehr hier in der ausgesprochenen Bodentiernatur und der wühlenden Tätigkeit begründet.

Ich habe in einer früheren Veröffentlichung¹⁰⁾ die Meinung vertreten, daß bei Blindfischen wegen des Fortfalls der optischen Steuerung (als „Kompensationsorgane“) andere Sinnesorgane nicht notwendigerweise stärker auftreten

⁹⁾ Thines führt in seiner Zusammenstellung „Les Poissons aveugles (I)“, Ann. Soc. Roy. Zool. Bot., Tome LXXXVI, 1955, Fasc. 1, p. 72 sogar *Synbranchus marmoratus* als Blindfisch an. Das dürfte wenig berechtigt sein; es mag höchstens einzelne Individuen als troglaxene Tiere geben. Jedenfalls kann ich feststellen, daß mein Exemplar gut sehen kann und sich auch stark optisch orientiert. Das Auge macht, äußerlich betrachtet, nicht im geringsten den Eindruck, anatomisch irgendwie verkümmert zu sein.

¹⁰⁾ Siehe Lüling: „Über die Lebensweise des ‚Point-Loma-Blindfisches‘ (*Typhlogobius californiensis*) und seiner Verwandten“; Forsch. u. Fortschr., Bd. 28, H. 9, 1954, pp. 126—129.

müssen. „Unsere Blindfische bringen von Hause aus ein solches Maß von Empfindungsmöglichkeiten mit, daß dieses Maß auch nach Fortfall der Augen sicher ausreicht.“

Wenn die Natur dennoch — oder besser außerdem — auf mutativem Wege bei Blindfischen die Sinnesknospenreihen als taktile und chemische (Geruchs)-Organe weiter ausbildet (und das ist ja bei vielen, aber nicht allen Blindfischen tatsächlich zu beobachten), so sind diese Arten — weiter spezialisiert — an das unterirdische Leben besonders gut angepaßt. Das braucht, wie gesagt, aber nicht so zu sein. Ein feines Empfindungsvermögen braucht gar nicht einmal „in der hohen architektonischen Einheit der einfachen oder komplizierten Sinnesknospen oder Papillen (die u. U. auf erhabenen Wülsten liegen können) seine Perzeptionspforte zu haben. Eine feine, qualitativ wertende Tastempfindung ist sicher auch ohne Sinnesknospen möglich“ (Lüling 1954).

Ich habe bei meinen Beobachtungen nicht feststellen können, daß *S. marmoratus* vornehmlich des nachts aus dem Wasser stieg. Er fand sich über mehrere Wochen hinweg tagsüber immer wieder außerhalb des Wassers; an Hand der Kriechspuren konnte ich feststellen, daß er also wie auch in der Nacht sehr aktiv war.

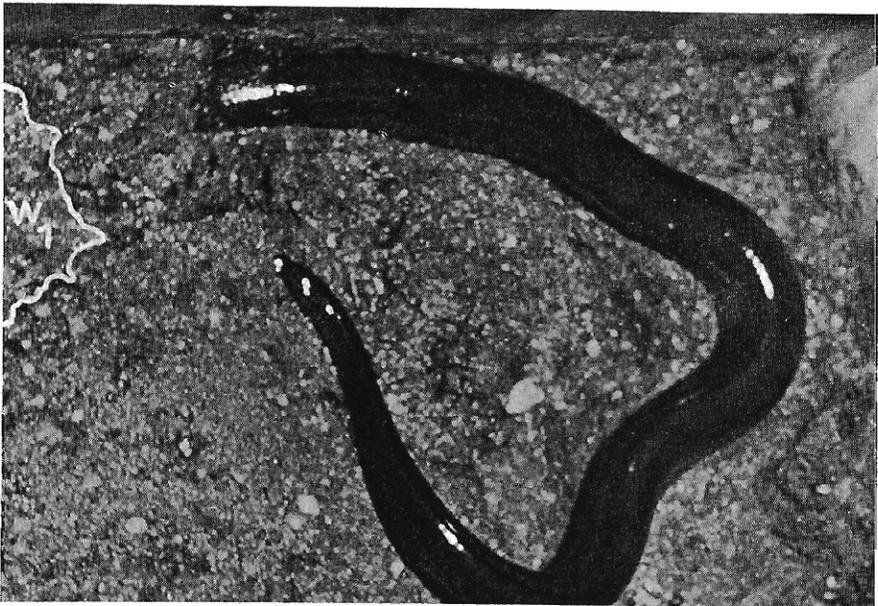


Abb. 9: *Synbranchus marmoratus* im großen Aqua-Terrarium völlig auf dem Land liegend. — W_1 = Hauptwasserbereich mit Wassergrenze. Photo: Dr. K. F. Buchholz.

Breder (1927/28) konnte den amerikanischen Kurzschwanzaal in Panama nicht in Netzen fangen, sondern ihn nur durch Anwendung von Gift erhalten, weil dieses Tier nicht in freiem, befischbarem Wasser, sondern, wie er glaubte, ganz vornehmlich am Boden unter Steinen und im Sand sich aufhalte. Hildebrand (1938) bezweifelte das; er glaubt, daß Breder *S. marmoratus* seiner nächtlichen Lebensweise wegen nur mit Hilfe von Gift fangen konnte ("these fish probably are nocturnal, as it is not reasonable to suppose that they always lie hurried"). Auf Grund meiner monatelangen

Beobachtungen neige ich zu folgender Auffassung: Dieser Fisch wird in Fließgewässern, dort wo eine ausgedehnte und dichte Schwimm- oder Unterwasserpflanzendecke nicht vorhanden ist, sehr stark am Gewässergrund und Ufersaum unter Steinen und Schotterstrecken und an lehmig-sandigen Strecken in flachen, selbstgewühlten, teilweise sicherlich recht unvollständigen Höhlungen leben, wobei er aber am Tage und des nachts ziemlich gleich aktiv ist.

Mehr noch als bei dem Aufenthalt an der Wasser-Landgrenze zwischen Pflanzenpolstern oder mit aufgeblasenem Kiemensack am Wasserspiegel ist *Synbranchus marmoratus* an Land gefährdet. Es ist daher ganz klar, daß er in dieser Situation ganz besonders auf äußere Einflüsse (sich bewegende Schatten, Erschütterungen usw.) reagiert. In der ersten Zeit der Gefangenhaltung stieg mein Fisch nicht an Land; er mußte sich erst an die ständigen feinen Erschütterungen in meinem Beobachtungsraum gewöhnen. Das geschah bei ihm innerhalb von 3—4 Wochen; nach dieser Zeit stieg er an Land und blieb dort, unabhängig von den Erschütterungen des Verkehrs, so lange es ihm paßte. Wenn ihn aber dann durch mein Hantieren am Becken ein Schatten traf, wendete er und schoß blitzschnell mit dem Kopf voran ins Wasser zurück. In vielen Fällen glitt er aber auch fast aus der Geraden heraus und ohne sich ausgesprochen zu schlängeln, mit dem Schwanz voran, ins Wasser zurück.

Mir ist nicht bekannt, daß z. B. *Anguilla vulgaris* — experimentell auf den feuchten Gewässerrand gebracht — dazu in der Lage ist und mir ist immer noch unklar, wie das Tier das im einzelne durch Muskelkontraktionen bewerkstelligt.

In der freien Natur wird der Kurzschnanzaal wohl in der gleichen Weise ins Wasser zurückgleiten.

Mein Exemplar hat sich erst nach 6—8 Monaten Gefangenhaltung (!) an das plötzliche Auftreten von Schatten an Land gewöhnt. Die Abbildung 9 war daher erst nach dieser relativ langen Zeit möglich; allerdings haben dann die Manipulationen der Aufnahmevorbereitung den Fisch nicht mehr im geringsten gestört.

Dem Kurzschnanzaal *Synbranchus marmoratus* scheint aber noch eine andere sehr auffällige und sehr bemerkenswerte Fluchtreaktion an Land eigen zu sein. Ich hatte das Tier eines Tages mit dem Kescher gefangen und legte es flach auf die Tischplatte. Als ich mich anschickte, das Tier zu greifen, sprang es „aus dem Stand heraus“ in einem mächtigen Satz von schätzungsweise 1,5 m in flachem Bogen an mir vorbei auf den Boden! Das wäre nicht wert, erwähnt zu werden, wenn es sich nicht um einen aalförmigen Fisch handeln würde.

Dort klatschte der Fisch heftig auf die Fliesen und Blut trat aus dem Maul. Zu meinem Schrecken — denn eine solche Fähigkeit hatte ich bei einem aalförmigen Fisch nicht für möglich gehalten — trat die Sorge, den Fisch nun verloren zu haben. Das Tier hat den Aufprall aber ohne jeglichen sichtbaren Schaden überwunden.

Es wäre sehr interessant, wenn an den Rändern der Wohngewässer in dieser Richtung einige Beobachtungen angestellt werden könnten. Sollte sich *Synbranchus marmoratus* als aalförmiger Fisch mit einem Sprung „aus dem Stand heraus“, wenn auch vielleicht nur gelegentlich, tatsächlich ins Wasser retten, wäre das doch eine äußerst bemerkenswerte Eigenart, die kaum ihre Parallele hat.

Die Haut des in hoher Luftfeuchtigkeit an Land liegenden *S. marmoratus* sieht dann matt glänzend aus (zu beachten die feinen Lichtreflexe auf dem Körper des Tieres in Abb. 9); man wird lebhaft an die Konsistenz der Haut von *Salamandra salamandra* erinnert, wenn diese auf Moos oder Borke liegen. Wie unablässig *Synbranchus marmoratus* zeitweilig an Land geht, will ich hier an Hand eines Beobachtungsbeispiels vom 20. XII. 1957 zeigen:

10.38 — *Synbranchus* kommt langsam aus dem Wasser heraus.
 10.42 — 11.20 — *Synbranchus* ist nun zu Zweidrittel aus dem Wasser heraus;
 11.20 — 15.16 — *Synbranchus* vollständig an Land;
 (also 236' lang)
 16.18 — *Synbranchus* kommt langsam wieder aus dem Wasser heraus;
 16.18 — 21.14 — *Synbranchus* vollständig an Land.
 (also 296' lang) — und so fort.

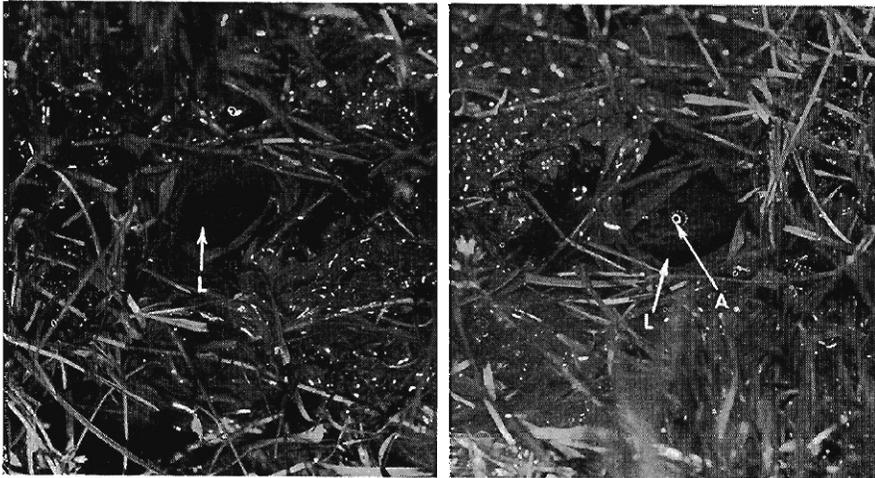


Abb. 10: Ein von *Synbranchus marmoratus* im Pflanzengeflecht an der Wasser-Landgrenze angelegter Tunnel (L). In A leer; in B vom Tier besetzt. — A = das Auge des Tieres. (Foto: Dr. K. F. Buchholz)

Ich konnte bei dieser und anderen gleich gelagerten Beobachtungen feststellen, daß *Synbranchus*, wenn er vollständig oder wenigstens bis zur Hälfte an Land lag, die atmosphärische Luft im geschwellten Kiemensack häufig weit länger anhielt, als wenn er sich im Wasser befand.

Während der Fisch, im Wasser liegend, nur ausnahmsweise die Luft längstenfalls bis zu einer halben Stunde im Kiemensack hielt, gab er sie, an Land liegend, hingegen sehr häufig erst nach einer halben Stunde bzw. auch noch später ab.

Ich führe das möglicherweise auf eine an Land eingeschaltete Hautatmung zurück, wodurch die Schnelligkeit des Verbrauchs der atmosphärischen Luft im Kiemensack verzögert wird.

Auch Carter und Beadle (1930/31) deuten das Vorhandensein einer Hautatmung bei *S. marmoratus* (und *Hypopomus brevirostris*, der mit *S. marmoratus* das gleiche Biotop bewohnt) an.

Die Tendenz an Land zu gehen, scheint zeitweilig bei dieser Fischart sehr ausgeprägt zu sein. Ich setzte mein Tier, als es größer und gut eingewöhnt war, kurzfristig in ein Aquarium mit tiefem Wasser zurück, in dem nicht ohne weiteres die Möglichkeit bestand, an Land zu gehen. Das Aquarium hatte keine Pflanzen und Steine; nur an der Rückwand war ein Heizer mit zwei Gummihaltern angebracht. Das Tier hatte das Bestreben, sowohl flach zu liegen, wie auch zeitweilig aus dem Wasser herauszusteigen: es benutzte die beiden Gummihalfer als Stützen und klemmte sich zwischen Heizer und Rückwand des Aquariums so ein, daß es mit einem Teil des Vorderkörpers aus dem Wasser herauskommen konnte.

Ich messe dieser Beobachtung große Bedeutung bei, da ich aus ihr das sehr starke Bedürfnis im Flachwasser zu liegen und an Land zu gehen, ableite. Ich habe daher auch in Abbildung 11 dieses Verhalten skizziert.

Die Stärke der Tendenz des Anlandgehens von *Synbranchus marmoratus* ist unabhängig vom O₂-Gehalt des Wassers, wenn der Fisch nur genügend Gelegenheit hat, durch Wasserpflanzenpolster oder einen sanft ansteigenden Ufersaum (oder beides) flach im Wasser zu liegen. Das ist auch ganz natürlich, denn zur Befriedigung der Atmung im O₂ armen Milieu genügt ja allein ein Hochrecken des Kopfes aus dem Wasser.

Die Hautatmung an Land ist — wenn überhaupt wirklich vorhanden — sicherlich nicht von hervorragender Bedeutung.

Daher entfällt auch für *S. marmoratus* meiner Meinung nach das Aufsuchen der tiefsten Stellen der „swamps“ im Mittelpunkt dieser Wasserbereiche, wo die O₂-Verhältnisse für nur durch Kiemen atmende Fische noch am günstigsten sind (siehe Carter und Beadle, 1930/31)¹¹⁾.

— Daß Flachwasserfische, die vornehmlich an der Wasser-Landgrenze leben, auch in den engen Verhältnissen von Aquarien durchaus ein Empfinden für einen fallenden Wasserspiegel haben, beobachtete ich kürzlich bei *Periophthalmus barbatus* (Linnaeus). Diese Tiere wühlen eine tiefe Sandgrube aus, um darin das wenige Wasser zusammenzuziehen, und zwar nur, wenn durch starke Verdunstung der Wasserspiegel sukzessiv fällt, ohne daß ergänzendes Wasser nachgereicht wird (Lüling: „Ein interessanter Zug des Benehmens von *Periophthalmus barbatus* bei fallendem Wasserspiegel“, z. Zt. im Druck in „Die Aqu. u. Terr.-Zeitschr. (DATZ)“.) —

¹¹⁾ Die Intensität des Anlandgehens von *S. marmoratus* scheint auch unabhängig zu sein von fallendem (oder auch steigendem) Wasserspiegel. Zog ich, ohne mein Tier zu beunruhigen oder zu stören, täglich etwas Wasser ab, so konnte ich dadurch keine merkliche Intensitätssteigerung des Anlandgehens und keine merklich längeren Aufenthaltsperioden an Land feststellen.

Weite Strecken sind bedeckt mit ausgedehnten schwimmenden Polstern, in denen *Pistia*, *Salvinia* und *Azolla* dominieren — und der Ufersaum steht vielerorts unter einem starken Verlandungsbestreben. Der Boden der „swamps“ ist überall mit einem meist 3 — 4 Fuß dicken Schlamm bedeckt, der eine starke Sumpfgasbildung aufweist. Unter dem Schlamm befindet sich eine Tonschicht. Daher ist das Wasser äußerst sauerstoffarm.

Das ist der Biotop, in dem *Synbranchus marmoratus* lebt¹²⁾.

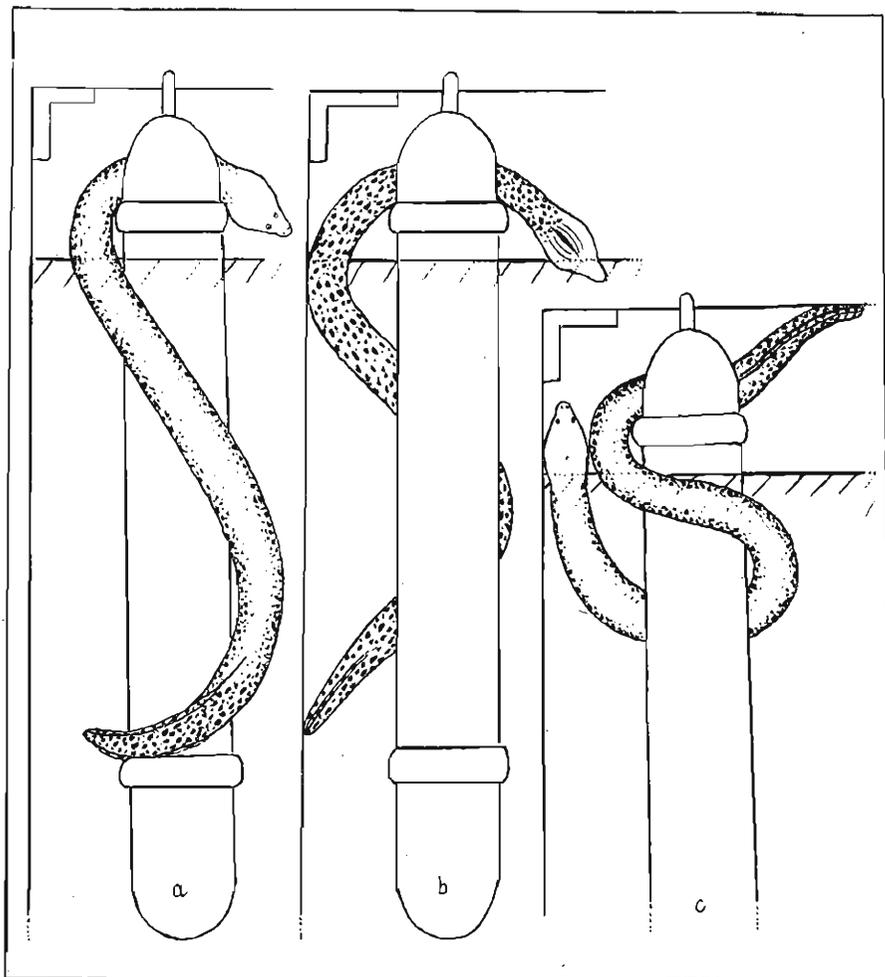


Abb. 11: Skizzenhafte Illustration des *Synbranchus marmoratus* in drei verschiedenen Stellungen (a — c) am Wasserspiegel und darüber hinaus in einem Aquarium mit hohem Wasserstand. Das Tier benutzt die Rückwand, den Heizer und dessen Gummihalter als Stützen.

¹²⁾ Als weitere Biotope für *S. marmoratus* werden angegeben: tropische Flüsse, und zwar vornehmlich verkrautete Uferstellen, aber auch Sand- und Geröllhalden (Breder, 1927/28), Abzugsgräben von Plantagen (Müller und Troschel, 1848) und tropische Flachwasserseen mit an Detritus sehr reichem Boden (Pearse, 1920).

Ich habe in Abbildung 12, die einen schematischen Querschnitt durch einen typischen „swamp“ des Chaco von Paraguay darstellt, den vornehmlichen Aufenthaltsbereich von *Synbranchus marmoratus* eingezeichnet (die Abbildung wurde ohne diese Ergänzung aus Carter und Beadle 1930/31 übernommen), wie er sich mir aus der Gesamtheit meiner hier dargestellten Beobachtungen geradezu aufdrängt.

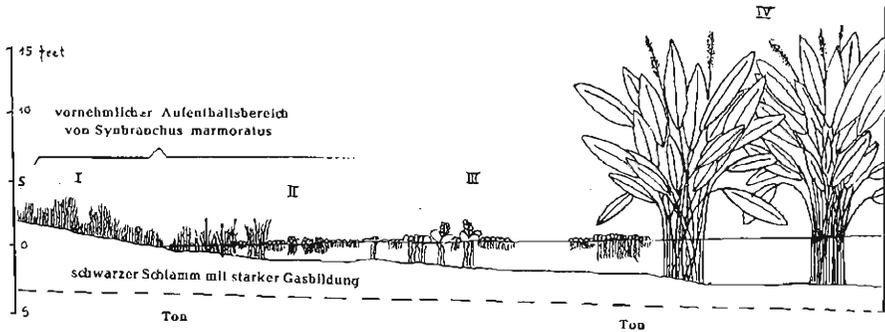


Abb. 12: Schematischer Querschnitt durch einen typischen „swamp“ des Chaco von Paraguay aus Carter und Beadle (1930/31) mit Einzeichnung des vornehmlichen Aufenthaltsbereiches von *Synbranchus marmoratus*. I Feuchte, stark bewachsene Uferbank. II und III Flachwasserbereich (reiche schwimmende Vegetation; *Pistia*, *Salvinia*, *Azolla* dominieren) kaum mit freien Wasserflächen; IV Bereich mit stärker aus dem Wasser herauswachsenden Sumpfpflanzen.

Hier werden die größeren und relativ schwereren Exemplare ganz vornehmlich zu Hause sein. In der Überfülle der Vegetation sind sie gut geschützt vor den Feinden aus der Luft und vom Ufersaum; ihr Anspruch an den Sauerstoffgehalt des Wassers ist sehr gering, wenn nicht gar zeitweilig praktisch gleich Null.

E) Beobachtungen über die Aufnahme größerer Beutefische

Der südamerikanische Kurzschwanzaal nimmt nur tierische Nahrung zu sich (Breder, 1927/28, Schreitmüller, 1927). Er ist sehr räuberisch. „Nicht sofort aufgefressene tote Beutetiere verschwanden stets während der folgenden Nacht“, sagt Schreitmüller. Ich habe das bei meinem Exemplar niemals beobachten können; es interessierte sich für Fische, die es nicht selbst totgebissen hatte, nicht im geringsten. Sollte mein *Synbranchus* sie dennoch aufnehmen, so mußte ich eine List anwenden, indem ich den Beutefisch — nur in ganz frischem Zustand — an einer Pinzette vor seinem Kopf vibrieren ließ. Ich halte es für unwahrscheinlich, daß diese Tierart mit Vorliebe Aas verzehrt.

Mein Tier nimmt sehr gerne große Regenwürmer auf und erst in zweiter Linie lebende Fische. Diese Fische erbeutet es durch ein blitzschnelles Vorschießen des Vorderkörpers, wenn Beute nahe an seinem Kopf vorbeischwimmt. In hungrigem Zustand beobachtet es sehr lebhaft die Fische in seiner Umgebung. Die Augen sind jedoch weder in der Horizontalen, noch

in der Vertikalen drehbar; auch eine Raddrehung der Augen ist nicht vorhanden. Daß in der freien Natur neben größeren Arthropoden kleine Fische einen nicht unbeträchtlichen Anteil seiner Nahrung ausmachen, hat neben Breder (1927/28) hauptsächlich Pearse (1920) durch Darminhaltuntersuchungen festgestellt.

Eine interessante Variante der Aufnahme von Beutefischen ist hier zu ergänzen:

Wenn *S. marmoratus* einen Beutefisch geschnappt hat, der zum Herunterwürgen etwas zu groß ist (also etwas über der „Portionstüchtigkeit“ der Beute liegt), beißt er ihn tot bzw. schwimmunfähig und würgt ihn, nachdem er ihn „abgetastet“ hat, in Längsrichtung bis eben hinter den Kopf (also bis zu der Stelle, wo der Körperumfang im allgemeinen am dicksten ist) in Maul und Schlund herein. Nun versuchter den Fischkopf vom übrigen Körper regelrecht abzdrehen, indem er sich langgestreckt blitzschnell wiederholt um seine Längsachse dreht.

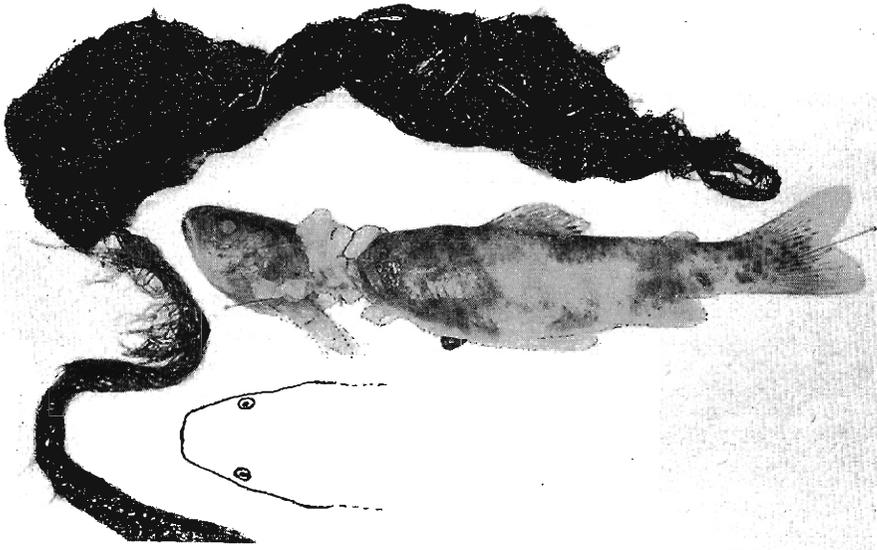


Abb. 13: Ein von *Synbranchus marmoratus* gepackter Beutefisch (eine kleine Regenbogenforelle, *Salmo irideus*), dem durch Längsdrehung die Bauchpartie eingerrissen wurde. Der Kopf hängt nur noch an der Wirbelsäule. Um diese hat sich z. T. der Darm geschlungen. In diesem Zustand wurde die Beute dem Kurzschwanzaal abgenommen. — Oben: Ein von Grünalgenfäden umspinnener *Myriophyllum*-Sproß, der sich bei der schnellen Längsdrehung um den Beutefisch geschlungen hatte. Unten: Umrißlinie des Kopfes von *Synbranchus marmoratus* in gleichem Maßstab wie der Beutefisch. (Foto: H. Dischner)

Durch die drehenden Bewegungen — häufig ist durch Pflanzengewirr, Steine oder durch den Boden auch ein Widerstand gegeben — reißt nämlich die Bauchpartie als der weichste Teil der Beute hinter dem Kopf auf

und der übrige Körper wird nun restlos vom Körper abgedreht. Kurz vor Vollendung dieses Zustandes hängt dann der Kopf nur noch an der Wirbelsäule fest (Abb. 13), bis er dann ganz abgerissen wird. Die beiden Beuteteile sind nun leichter zu verschlingen.

Es wurde beobachtet, daß *S. marmoratus* sich häufig bis zu einem dutzendmal und mehr blitzschnell um seine Längsachse dreht. Das geschieht mit einer solchen Vehemenz, daß Sand und Schlamm hochwirbeln und das Wasser trüben.

Ich habe diese Art der Beuteaufnahme oft gesehen, so daß es sich hier kaum um eine Ausnahme handeln dürfte; sie wird im Gegenteil im Leben des Tieres eine gewisse Rolle spielen.

Bei Muränen soll gelegentlich eine ähnliche Art der Tötung und Nahrungsbereitung vorkommen; ich habe allerdings in der Literatur nichts Ausführliches hierüber gefunden.

Es ist bekannt, daß sich *Anguilla vulgaris* durch Längsdrehung um seine Achse u. U. befreien kann, wenn er am Maul mit einem Angelhaken festsetzt, jedoch dreht er sich dabei nicht annähernd mit der gleichen Schnelligkeit wie *S. marmoratus* um seine Längsachse.

Zusammenfassung

Ähnlich wie bei den altweltlichen *Monopterus* und *Amphipnous* ist der neuweltliche *Synbranchus marmoratus* sowohl in bezug auf seinen Atemmodus und seine Atemmöglichkeit, wie auch in seiner Lebensweise eine ausgesprochen feuchtluftangepaßte Fischart, die neben dem Aufenthalt in ganz flachem Wasser — vornehmlich genau an der Wasserlandgrenze — sehr gern aktiv aus dem Wasser steigt, und zwar nicht nur, wenn ihre Gewässer auszutrocknen beginnen, sondern sogar auch dann, wenn nur die umgebende Luft feucht genug ist (97 — 100 %).

In den tropischen mittel- und südamerikanischen „swamps“, seinem typischen Biotop, dürfte *Synbranchus* nicht nur dem Zentrum der flachen Wasseransammlungen zustreben (wo die ganz allgemein sehr schlechten O₂-Verhältnisse in den oberflächlichen Schichten noch am erträglichsten sind), sondern mindestens ebenso intensiv dem jenseits des Wasserrandes gelegenen vegetationsbestandenen feuchten Uferraum. Dabei scheint er stark zu wühlen.

Synbranchus marmoratus verfügt im Wasser über zwei verschiedene Atemweisen durch die Kiemen: Einmal eine schwache, kaum sichtbare Atmung durch die Kiemen und zum anderen eine starke Atembewegung, die am Boden der Maul- und Kiemenhöhle deutlich sichtbar ist.

Die erste wird ganz vorwiegend in gut durchlüftetem Wasser, die zweite in mäßig bis schlecht durchlüftetem Wasser ausgeübt.

Die Aufnahme atmosphärischer Luft unter Schwellung des Bodens der Kiemenhöhle zu einem regelrechten Kiemensack ist bei *Synbranchus marmoratus* immer wieder zu beobachten, so daß man sie als sehr charakteristisch für diese Fischart ansehen kann.

Die verbrauchte Luft wird meist durch die Kiemenspalte, gelegentlich auch durch das Maul abgegeben. Bei Störung stößt das Tier die Luft fast immer durch das Maul aus.

Die Kiemenatmung verliert ziemlich kontinuierlich immer mehr an Bedeutung, je sauerstoffärmer das Wohngewässer des Fisches ist. Die Intervalle zwischen den einzelnen Perioden der Veratmung atmosphärischer Luft, die die Kiemenatmung beinhalten, sind um so kürzer, je weniger Sauerstoff das Wasser enthält.

Atmosphärische Luft wird im Kiemensack im Durchschnitt 10' bis 15' (ganz gelegentlich bis zu einer halben Stunde, aber niemals darüber hinaus) behalten, wenn der Fisch dabei im Wasser liegt; diese Zeitspannen wachsen aber (sehr häufig eine halbe Stunde und mehr), wenn der Fisch an Land liegt. Es wird vermutet, daß an Land eine Hautatmung wirksam wird, wodurch die Schnelligkeit des Verbrauchs der eingenommenen Luft im Kiemensack verzögert wird.

Die Neigung zum Anlandgehen schwankt bei *Synbranchus marmoratus* unabhängig vom O₂-Gehalt des Wassers.

Der südamerikanische Kurzschwanzaal ist nicht nur am Gewässerboden, sondern auch an Land äußerst wendig. Er gleitet in zügigen Bewegungen, meist mit dem Kopf voran, ins Wasser zurück. Der Fisch ist aber auch in der Lage, mit dem Hinterkörper voran ins Wasser zurückzukehren, ohne dabei eine ausgeprägte Schlangenlinie anwenden zu müssen. Es wird vermutet, daß sich dieser aalförmige Fisch gelegentlich sogar durch einen Sprung „aus dem Stand“ ins Wasser retten kann.

Eine ausgesprochene nächtliche Lebensweise, besonders in bezug auf das Anlandgehen, konnte nicht festgestellt werden.

Eine besondere Variante der Nahrungsaufnahme (das Töten und Teilen von Beutefischen) wird geschildert.

Schrifttum

- Bloch, M. E., 1795: Naturgeschichte der Ausländischen Fische. 9. Teil, pp. 86—88.
- Breder, C. M., 1927/28: The Fishes of the Rio Chucuaque Drainage Eastern Panama. Bull. Amer. Mus. Nat. Hist., 57, pp. 91—176.
- Carter, G. S., and Beadle, B. A., 1930/31: Notes on the Habits and Development of *Lepidosiren paradoxa*. Jour. Linnean Soc. London, Zool., Vol. XXXVIII, pp. 197—203.
- Reports of an Expedition to Paraguay and Brasil in 1926—7, supported by the Trustees of the Percy Sladen Memorial Fund and the Committee of the Carnegie Trust for the Universities of Scotland. The Fauna of the Swamps of the Paraguayan Chaco in relation to its Environment I. Physico — Chemical Nature of the Environment (pp. 205—258). II. Respiratory Adaptions in the Fishes (pp. 327—368). Journ. Linnean Soc. London, Zool. Vol. XXXVII.
- Das B. K., 1947: Further Observations on the Ecology, Bionomics and early development of the Semi-terrestrial Symbbranchoid Eel *Amphipnous cuchia* (Ham. Buch.) — the Cuchia Eel of India. Proc. Indian Sci. Congr., 33rd., 3, p. 127.
- Finckh, H. E., 1917: Breeding habits of Burmese Eel (*Amphipurus cuchia*). Austral. Nat. Sydney, 3, pp. 179—180.

- Günther, A., 1870: Catalogue of the Fishes of the British Museum. Bd. 8, pp. 15—16.
- Hildebrand, S., 1938: A New Catalogue of the Freshwater Fishes of Panama. (Kap. Fam. Synbranchidae). Zool. Ser., Field Mus. Nat. Hist., Vol. XXII, No. 4.
- Holly, M.: Kap. Synbranchidae aus Holly, Meinken, Rachow: „Die Aquarienfische in Wort und Bild“. A. Kernen Verlag, Stuttgart.
- Hubbs, C. L., 1938: Fishes from the Caves of Yucatan. Abschnitt über *Pluto infernalis* (pp 291—292). Carnegie Inst. Washington, Publ. No. 491.
- Müller und Troschel, 1848: Bemerkungen über *Synbranchus marmoratus* (p. 640) in Schomburgk: „Reise in Britisch Guiana“, Bd. 3.
- Nichols, J. T., 1940: Synbranch Eel in Ant Nest. Copeia (Ann Arbor), No. 3, p. 202.
- Pearse, A. S., 1920: The Fishes of Lake Valencia. Venezuela. Univ. Wisconsin Stud. Sci., No. 1, pp. 5—51.
- Pellegrin, M. J., 1922: Sur un nouveau Poisson Aveugle des Eaux Douces de l' Afrique Occidentale. Acad. Sci. Paris, pp. 884—885.
- Regan, C. T., 1912: Anatomy and Classification of the Symbranchoid Eels. Ann. Mag. Nat. Hist. London, Ser. 8, 9, pp. 387—390.
- Schreitmüller, W., 1927: *Synbranchus marmoratus* Bloch. (Der südamerikanische Kurzschwanzaal.) Wochenschr. Aqu.- und Terr.-Kd., Jahrg. XXIV, pp. 20—21.
- *Amphipnous cuchia* H.-B. und anderes. Blätter Aqu.- u. Terr.-Kd., Jahrgang XXXVIII, pp. 9f—93.
- Shih, H. J., 1940: On the Foods of *Monopterus*. Sinensia (Nanking), Vol. 11, pp. 573—576.
- Simon, E., 1914: *Synbranchus marmoratus*, der gefleckte Kurzschwanzaal. Blätter Aqu.- u. Terr.-Kd., Jahrg. 25, pp. 314—316.
- Taylor, J., 1838: On the Respiratory Organs and Airbladder of certain Fishes of the Ganges. Edinburgh Journ. Sci., 5, pp. 33—42.
- Taylor, 1913: Development of *Synbranchus marmoratus*. Quart. Journ. Microsk. Sci. London, 59, pp. 1—51.
- Volz, W., 1906: Der Circulations- und Respirationsapparat von *Monopterus javanensis* Lac. Zool. Jahrb. (Abt. Anatomie u. Ontogenie), Bd. 23, H. 2, pp. 163—183.
- Weyenbergh, H., 1881: Über den Kiemenapparat der Synbranchidae. Zool. Anz., Bd 4, pp. 407—409.
- Rauther, M., 1940: Das Kiemensystem, 2. Abschnitt des VII. Kap. „Der intestinaltraktus“ in Bronns Klassen und Ordn. d. Tierreichs, 6. Bd., Wirbeltiere, I. Abtl. Pisces, 2. Buch: Echte Fische, Teil 1. Akad. Verlagsgesell., Leipzig.
- Wu, H. W., and Liu, C. K., 1940: The Bucco-Pharyngeal Epithelium as the Principal Respiratory Organ in *Monopterus javanensis*. Sinensia (Nanking), Vol. 11, No. 3—4, pp. 221—238.
- Wu, H. W., and Kung C. C., 1940: On the Accessory Respiratory Organ of *Monopterus* Ibid., Vol. 11, No. 1—2, pp. 59—67.

Anschrift des Verfassers: Dr. Karl Heinz Lüling, Zool. Forschungsinstitut und Museum A. Koenig, Ichthyologische Abteilung; Bonn, Koblenzer Straße 150—164.