

Wissenschaftliche Ergebnisse der Amazonas-Ucayali-Expedition
Dr. K. H. LÜLING 1959/60

ZUR BIOLOGIE UND ÖKOLOGIE VON *ARAPAIMA GIGAS*
(PISCES, OSTEOGLOSSIDAE)

Von
K. H. LÜLING

Mit 46 Textabbildungen, davon 4 farbigen
(Eingegangen am 23. Juli 1964)

Inhaltsübersicht

	Seite
A. Einleitung	436
B. Allgemeine Verbreitung, Aussehen und Größe des <i>Arapaima gigas</i>	437
C. Die Biotop- und Nahrungsansprüche des <i>Arapaima gigas</i>	443
D. Die Aufnahme atmosphärischer Luft, die Vorlaichzeit, der Laichbiotop und das Verhalten vor und bei der Laichabgabe	453
E. Die larvalen und postlarvalen Stadien des <i>Arapaima gigas</i> und das Verhalten der Jungfische im Pulk und zu den bewachenden Eltern; die Zapote Cocha als Laichbiotop	468
F. Die Kopfsekretionsfelder, ihre Morphologie, ihre Histologie und ihre Bedeutung in der Laichzeit	492
Zusammenfassung	509
Resumen	519
Literatur	528

A. Einleitung

The most important Amazonian fish is one of the least known. Its history, habits, food, migrations are not only unknown, but misinformation about them prevails, and a fertile subjects for future study awaits someone.
EIGENANN u. ALLEN, 1942

Auf Grund einer Einladung des peruanischen Landwirtschaftsministeriums (Dirección Pesquería y Caza) weilte ich im Jahre 1959 bis zum Anfang des Jahres 1960 in der Hylaea von Peru (Departamento de Loreto), um dort an den Tieflandflüssen und deren Cocha die Biologie und Ökologie des *Arapaima gigas* (CUVIER 1829) zu untersuchen.

Dieser mächtige Fisch, der zusammen mit einigen Amazonaswelsen der größte echte (d. h. nicht anadrome oder katadrome) Süßwasserfisch der Erde ist, hat im „Oriente“ Perus und in Brasilien eine starke wirtschaftliche Bedeutung. Er wird harpuniert; sein Fleisch — als Heringsverwandter sensu lato liegt der Fettgehalt höher als z. B. bei den schellfischartigen Fischen —, wird dann filetiert, stark gesalzen und in der Tropensonne getrocknet. Das getrocknete Fleisch wird auf den Märkten verkauft.

Die vorliegende Abhandlung will die Lebensweise, die ökologischen Ansprüche und vor allem das Laichverhalten dieses altertümlichen Physostomen¹, der seinen nächsten Verwandten, *Osteoglossum bicirrhosum* AGASSIZ, im gleichen südamerikanischen Biotop besitzt, die anderen aber alle außerhalb Südamerikas², im einzelnen und in dem Ausmaß darstellen, wie es mir gelang, diese Zusammenhänge 1959 auf meiner Amazonas-Ucayali-Expedition aufzudecken. Besonders das Laichverhalten zeigt einige interessante Analogien und Parallelen mit den Cichlidae, also einer großen Fischgruppe mit der *Arapaima gigas* nicht die geringste Verwandtschaft hat.

Für das Zustandekommen und den Ablauf der einjährigen Expedition im peruanischen Amazonasgebiet habe ich in erster Linie dem "Ministerio de Agricultura" in Lima — ganz besonders dem Subdirektor der dortigen "Direccion Pesquería y Caza" Señor JORGE SANCHEZ ROMERO — auch Herrn Prof. Dr. H. W. KOEPECKE und seiner Gattin für den Aufenthalt und die Betreuung im „Humboldt-Haus“ in Lima-Miraflores und ihren ständigen Kontakten mit dem peruanischen Landwirtschaftsministerium — zu danken. Desgleichen gebührt mein Dank dem Auswärtigen Amt in Bonn für die finanzielle Bewilligung der Mittel der Expedition und der „Deutsche Ibero-Amerika Stiftung“ in Hamburg, die die Reisekosten nach und von Peru trug.

Auch danke ich dem Gesandten der Republik Peru, Leiter der Wirtschafts- und Kulturabteilung in Bonn, Herrn Dr. VICTOR MANCHEGO für seine Initiativen. Nicht zuletzt fühle ich mich verpflichtet, verschiedenen deutschen Firmen zu danken, die mir, zum Teil in sehr großzügiger Weise, nützliches Expeditionsgut zur Verfügung stellten; hier darf ich neben den großen pharmazeutischen Werken, die meine Tropenapotheke ausrüsteten, namentlich den Seitz-Werken G.m.b.H. in Bad Kreuznach für die Überlassung eines gut transportablen Tornisterfiltergerätes zur Aufbereitung von Trinkwasser (ein Gerät welches nach Beendigung der Expedition als Dauerleihgabe an das Humboldtthaus nach Lima-Miraflores gegangen ist) und der Agfa Aktiengesellschaft in Leverkusen danken.

Die Agfa Aktiengesellschaft in Leverkusen hat die Mittel für die Herstellung der Farbtafel gegeben; ihr sei hierfür ganz besonders verbindlich gedankt.

B. Allgemeine Verbreitung, Aussehen und Größe des *Arapaima gigas*

Arapaima gigas, der am peruanischen Amazonas und seinem Einzugsgebiet „Paiche“, in Brasilien „Pirarucú“ (Wort aus der Tupi-Sprache³: Pirá = Fisch, Urucú = rot, d. h. Name des berühmten Farbstoffes pflanzlicher Herkunft, mit dem viele „Rothäute“ ihren Körper

¹ Fossile Osteoglossidae sind aus der Kreide bekannt; SUNDER LAL HORA hat fossile Osteoglossidenschuppen in Indien gefunden.

² *Heterotis niloticus* EHRENBAUM kommt in Westafrika bis zum Nil vor, *Scleropages leichhardii* GUENTHER in Nordostaustralien-Westneuguinea und *S. formosum* (MÜLLER u. SCHLEGEL) in Südindien-Malayischer Archipel (bis zur Wallace Linie).

³ Tupi-Guarani eine im Tiefland Südamerikas (z. B. Brasilien-Paraguay) weit verbreitete Sprachfamilie, aus der das moderne Umgangsbrasilianisch (auch das Spanische in Paraguay) viele Worte entliehen hat, insbesondere was die Flora und Fauna des von den Portugiesen kolonisierten Landes betrifft. Im Gegensatz dazu

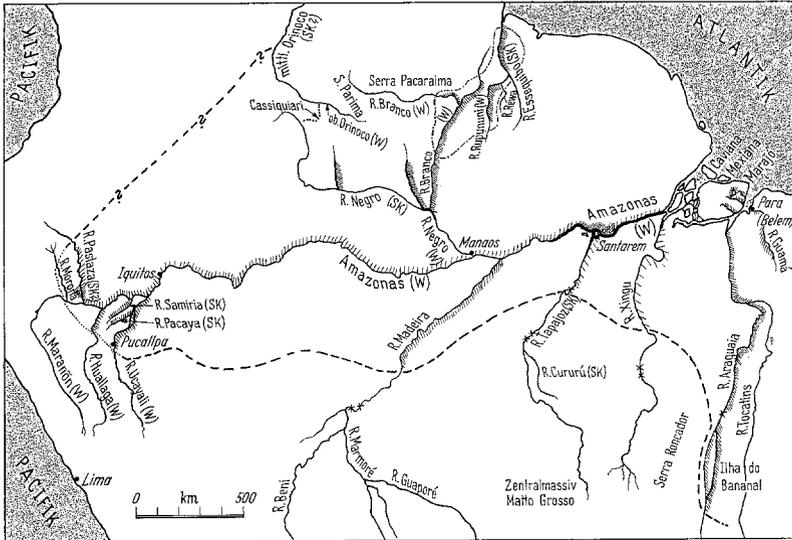


Abb. 1. Allgemeines Verbreitungsgebiet des *Arapaima gigas* (gestrichelte Linie). Punkt-Strichlinie: mutmaßliches Ursprungszentrum von *A. gigas*; gepunktete Linie: 200 m-Höhenlinie am Fuße der Anden (Osthang) in Mittelperu; kurze Schrägstriche an Flüssen: *Arapaima*-Vorkommen (nach eigenen Kenntnissen, nach der Literatur und nach briefl. Mitt. von MESCHKAT und SIOLI); „Páche-Reservezonen“ in Peru (R. Samiria, R. Pacaya und unterer R. Pastaza mit Lago Rimachi) unterstrichen; *W* Weißwasserflüsse; *SK* Schwarzwasserflüsse oder Klarwasserflüsse, die zur Hochwasserzeit mehr oder weniger trüb, dann aber durch rasche Sedimentation klar werden; kl. Kreuze (an Flüssen): Wasserfälle

bemalen; also der „rote Fisch“ genannt wird, kommt im südlichen Orinocogebiet, am Amazonas selbst und im Einzugsgebiet des Amazonas vor, soweit es die Tieflandgebiete unterhalb der 200 m-Höhenlinie umfaßt. Er ist also ein typischer *Hylaea*-Fisch, denn seine allgemeine Verbreitung fällt ziemlich genau mit jenem Gebiet zusammen, das ALEXANDER VON HUMBOLDT als *Hylaea* bezeichnet hat.

Im Osten des Verbreitungsgebietes dieser Fischart (Abb. 1) sehen wir zwei große Vorkommensbereiche. Einmal ist es das Gebiet an der Ostgrenze Nordbrasilens nach Britisch Guayana und zwar die ausgedehnten Flußsysteme des unteren und vor allem mittleren Rio Branco und des Rio Rupununi bis zum Rio Essequibo hin. Zum anderen sind es die weiten Gebiete beiderseitig des Amazonas und zwar vornehmlich des Várzeagebietes mit seinen großen und kleinen Seen und Überschwemmungsgewässern, ein Gebiet, in dem unterhalb von Manaus *A. gigas* heutzutage stellenweise durch intensive, nicht selektive Fischerei schon stark dezimiert wurde. Zu diesem Gebiet gehören auch die Bereiche

sind die Bezeichnungen in den peruanischen Amazonasdistrikten meist aus dem Ketschua entnommen (oder stellen eine Mischung von Ketschua und Spanisch dar), weil früher die Jesuiten-Missionare den Indianern als Unterrichts- und Verkehrssprache Ketschua gelehrt haben.

der südlichen Zuflüsse des Amazonas, die je nach ihrer Eignung als *Arapaima*-Biotope, worüber weiter unten im einzelnen noch gesprochen wird, eine sehr unterschiedlich starke Besiedlung von *A. gigas* zeigen.

Der ausgesprochen Weißwasser führende Rio Branco mündet in das sehr saure Wasser des Rio Negro. Hier findet, wie auf S. 448 noch dargestellt wird, der große *Arapaima gigas* mit seinem starken Nahrungsbedarf keine günstigen Existenzbedingungen. Aber wenn schon dieses Gebiet mit seinen „hunderte von Kilometern sauren Schwarzwassers“ (briefl. Mitt. von Herrn Prof. SIOLI) auch keine sonderlich geeigneten *Arapaima*-Biotope enthalten, so war es als Durchgangsgebiet sicherlich keine unüberwindliche Barriere für die *Arapaima*-Verbreitung, anderenfalls müßte man mindestens zwei verschiedene Entstehungszentren für *A. gigas* annehmen, nämlich im Norden und Süden vom mittleren und unteren Rio Negro, was völlig unlogisch ist. Wir wissen, daß viele amazonische Fischarten das sehr saure Schwarzwasser als längere Aufenthaltsbereiche meiden, es aber doch gelegentlich zügig durchschwimmen.

Ich möchte mutmaßen, daß diese Fischart im Gebiet des mittleren Rio Branco, des Rio Rupununi bis zum Rio Rewa und vielleicht auch noch ein wenig nach Nordwesten hinaus, ihr Ursprungszentrum besaß, von wo sie sich über das Rio Negro-Gebiet hinweg zum Amazonas und von da weiter verbreitete.

Ich habe nicht in Erfahrung bringen können, ob dieser Fisch im Westen seines Verbreitungsgebietes noch in dem andennahen, aber schon im Tiefland liegenden Rio Morona vorkommt, möchte es aber annehmen. Im mittleren und unteren Rio Pastaza, einschließlich des Lago Rimachi, sind gute Bestände vorhanden; hier liegt eine sog. „Reservezone“ für den Paichefang, d. h. eine Zone, in der dieser Fisch nur im staatlichen Auftrag von eigens zu diesem Zweck in Kontrakt genommenen Fischern gefangen werden darf. Desgleichen habe ich nicht erfahren können, wie weit der Fisch zur peruanisch-ecuadorianischen Grenze vorstößt; sicherlich gibt es hierüber keine lückenlosen Beobachtungen.

Im Süden des Amazonaseinzugsgebietes hindern und begrenzen die großen Stromschnellen die weitere Ausbreitung des *A. gigas* nach Süden.

Diese natürlichen Schranken scheinen für den Pirarucú ebenso unüberwindlich zu sein wie für den Flußdelphin und die große Amazonas-Schildkröte (gemeint ist *Podocnemis expansa*), die sonst alle Kosmopoliten im Amazonasbecken sind, sagt SCHULTZ (1962).

Nur im oberen Araguaia ist *A. gigas* häufig, obgleich der Oberlauf dieses Flusses durch sehr lange und schwierige Stromschnellen von seinem Unterlauf, der Rio Tocantins genannt wird, getrennt ist.

Im äußersten Westen kommt der Pirarucú noch auf der Insel Marajó vor, die zu jeder Zeit vom reinen Süßwasser des riesigen Amazonasstromes umgeben ist.

Die Körperform und das Aussehen des adulten *Arapaima gigas* ist in den bisherigen Veröffentlichungen gründlich dargestellt worden, so daß ich mich in diesem Punkt sehr kurz fassen kann. Ich will jedoch hier nicht nur auf die sehr schlanke, etwas walzenförmige Gestalt hinweisen, sondern auch hervorheben, daß dieser Fisch in seiner gestreckten Form mit dem ziemlich schmalen Schwanzstiel, der nach hinten breitgerundeten und basal sehr kräftigen Rücken- und Afterflosse und dem verhältnismäßig kleinen Schwanzblatt trotz seiner Größe und Schwere unter Umständen sehr beweglich ist und durch koordinierte Wellenbewegungen des Körpers unter Mithilfe des Schwanzes mindestens auf kurze Entfernungen sehr schnell zu schwimmen versteht. SANCHEZ (1961) berichtet, daß ein großer Paiche in Fischfallen am Ausfluß eines Sees bei nur 50 cm Wasserhöhe behende entschlüpfen kann, wobei ihm der reichlich abgesonderte Hautschleim, der den Kopf und den Schuppenmantel¹ einhüllt, gute Dienste leistet, da er besonders in sehr flachem Wasser mit weichen, bewachsenem Grund den Reibungswiderstand weitgehend herabsetzt.

Der adulte *Arapaima gigas* ist ein sehr schön gefärbter und gezeichneter Fisch: der Rücken ist schwarzblau bis stahlgrau; die Körperseiten einschließlich des Schwanzstieles sind silbergrau, und der Bauch cremefarben bis grauweiß, manchmal auch leicht rötlich. Der hintere Rand jeder der großen Schuppen ist von der Körpermitte ab (auf dem Höhepunkt der Laichzeit bei manchen Stücken auch schon im Bereich etwas vor der Körpermitte), zum Körperende hin immer stärker werdend, zinnober- bis blutrot umrandet (Abb. 41 in der Mitte, hinteres Tier). Bei einzelnen Exemplaren verschmelzen diese roten Schuppenumrandungen seitlich auf dem Schwanzstiel zu unregelmäßigen kleineren und größeren Flecken. Die erwähnte gelegentlich zu beobachtende rötliche Tönung des Bauches rührt nicht von der roten Umrandung der Bauchschuppen her, sondern ist eine Eigenfärbung dieser Körperpartie; möglicherweise ist sie manchmal, wenn auch sicherlich nicht immer, der zum Teil nach außen sichtbar werdende Ton des lachsfarbigen Fleisches. Alleidings sind am Rio Pacaya, der ergiebigsten Reservezone in Peru, *A. gigas*-Exemplare mit deutlich lachsfarbigem Fleisch sehr in der Minderzahl; die weißfleischigen (wenn auch nicht immer ganz weißfleischigen) Stücke überwiegen dort bei weitem. Dagegen teilt mir Herr Dr. MESCHKAT brieflich mit, daß an vielen Stellen in Brasilien weißfleischige

¹ Die großen Schuppen umschließen fest und lückenlos den ganzen Rumpf, beim Filetieren muß daher als erstes dieser Schuppenmantel als ganzer vom Unterhautbindegewebe losgelöst werden.

Arapaima gegenüber den lachsfarbenen sehr selten sind. Die Lachsfarbe des *Arapaima*-Fleisches ist möglicherweise — besonders bei heranwachsenden Exemplaren — ein indirekter Hinweis für die reichliche Nahrung an Garnelen der amazonischen Süßwasserspecies *Macrobrachium amazonicum* (HELLER). Hier besteht vielleicht eine Parallele zu der Bachforelle *Salmo trutta forma fario* (LINNAEUS), die ebenfalls lachsfarbenes Fleisch erhält, wenn sie sich stark von Bachflohkrebsen *Gammarus pulex* LINNAEUS ernährt.

Während der Laichzeit ist das Männchen im allgemeinen das intensiver gefärbte Tier. Ich habe aber am Rio Pacaya an Hand ganz frisch gefangener Exemplare durch Prüfungen der Gonaden festgestellt, daß manchmal auch weibliche Stücke stärker gefärbt sind als ihre zugehörigen Männchen. FONTENELE (1948) [VON SANCHEZ (1961) ebenfalls erwähnt] macht darauf aufmerksam, daß das Männchen zur Laichzeit einen besonders dunklen Kopf besitzt. Ich sah, daß diese besonders intensiv dunkle Färbung der Dorsalpartien des Kopfes sich seitlich bis unter die Augen hinzieht, während die unteren Kopfseiten und die ventralen Partien des Kopfes cremefarben sind.

Besonders auffällig ist auch das oberständige Maul dieses Fisches (s. Abb. 12a, b; 25, 26) mit dem nach außen fleischig überwölbten Prämaxillare und Dentale und dem deutlich sichtbaren Maxillare.

Die Augen des *Arapaima gigas* sind verhältnismäßig klein, woraus aber nicht unbedingt in bezug auf das Bild- und Bewegungssehen auf eine beschränkte Funktionstüchtigkeit der Augen geschlossen werden kann.

Unter den weit über hundert Exemplaren, die ich am Rio Pacaya durchgemustert habe, fand ich einige wenige (~4%), die eine andere Färbung zeigten als die rotschuppig umrandeten Exemplare: diese Tiere zeigten eine zumeist blaßgelbe Umrandung der Schuppen (Abb. 42 Mitte, vorderes Tier). Nur in einem ganz eng begrenzten Bereich am Ende des Schwanzstiels und dem Ansatz der Schwanzstrahlen können die Umrandungen rötlich sein. Unter den gewöhnlich gefärbten Stücken fand ich kein Individuum, das einen Farbton zwischen rot (rötlich) oder gelb (gelbweißlich) aufwies. Die Farbvariation zwischen gewöhnlichen Stücken läuft, wie gesagt, von blutrot zu zinnoberrot, die der selteneren Stücke zwischen deutlich gelb (wohl sehr selten) bis gelbweißlich. Wegen des Fehlens von Farbstücken zwischen roter und gelber Schuppenumrandung halte ich die viel selteneren gelbschuppigumrandeten Individuen für eine besondere Farbmutante.

Die Paichefischer sagten mir auch, daß die gelbschuppig umrandeten *Arapaima* etwas andere Körperproportionen aufweisen als die gewöhnlichen rotschuppig umrandeten Tiere. Da wir aber nur einige gelbschuppig umrandete Stücke fangen konnten, habe ich es für wenig sinnvoll gehalten, das durch Messungen an den schwereren Tieren genauer nachzuprüfen.

Bei dem großen Verbreitungsgebiet dieser Fischart vom Mündungsdelta des Amazonas bis kurz vor den Sockel der Anden ist es wahrscheinlich, daß der im allgemeinen sehr standorttreue *A. gigas* in einigen Rassen auftritt.

So ist es gut vorstellbar, daß die *A. gigas* des westlichen und nordwestlichen Gebietes des Marañon-Ucayali-Tieflandes [SCHULTZ (1962) „in manchen Gegenden Amazoniens zieren rote Fleckenreihen sogar die Rücken- und Schwanzflosse unseres Fisches“, Tiere mit einem Farbmuster, wie ich es nie bei den Beständen des Rio Pacaya gesehen habe] und zum anderen die des unteren Amazonas mit den Gebieten südlich davon sowie die des nordwestbrasilianisch-guayanischen Gebietes in gesonderten Rassen auftreten. Doch hierüber gibt es noch keine exakten Untersuchungen.

Die Angaben der Maximalgröße (und dementsprechend auch über die Maximalgewichte) des *Arapaima gigas* sind besonders in der älteren Literatur stark übertrieben worden. Das liegt zum größten Teil an den alten Angaben von SCHOMBURGK, der im Jahre 1836 Guayana bereiste und der auf S. 201 in seinem Werk „Die Fische von Britisch Guayana“, Teil I, von einer Maximalgröße von 4,57 m und 186 kg gesprochen hat. Diese Angaben erhielt er aber ohne tatsächliche Beweise aus dem Munde von Eingeborenen.

Ohne kritische Nachprüfungen sind diese Angaben dann in neuere, zum Teil zusammenfassende Werke übernommen worden, so daß nach McCORMICK (1949) heutzutage in folgenden Werken folgende zu hoch gegriffenen Maximalgrößen enthalten sind: WEBSTERS Unabridge Dictionary 15 ft (4,57 m), 500 lbs (227 kg); Encyclopaedia Britannica 15 ft (4,57 m); Century Dictionary und Cyclopaedia, in DAVID STARR JORDANS "Fishes", in der "History of Fishes" von J. R. NORMAN und nach CARL H. EIGENMANN 15 ft (4,57 m), 400 lbs (180 kg).

McCORMICK hält diese Angaben ebenfalls für übertrieben; er kommt nach Überprüfung aller erreichbaren und halbwegs zuverlässigen Daten zu dem Schluß, daß diese Fischart wahrscheinlich nicht wesentlich über 3 m Gesamtlänge groß werden wird. Dieser Angabe stimme ich vollauf zu. Die Tiere, die wir am Rio Pacaya fingen, hatten eine Durchschnittslänge (Totallänge) von knapp 2 m (genau 1,98 m); das größte Tier, das wir mit der Harpune fingen, war ein 2,32 m langes und 133 kg schweres Männchen, das kleinste ein 1,10 m langes Weibchen. Nach McTURK (zitiert in McCORMICK 1949) liegt die Durchschnittsgröße geschlechtsreifer *A. gigas* zwischen 1,98—2,28 m. SCHULTZ (1962) gibt an, daß im brasilianischen Amazonas und seinen Nebenflüssen „Fische von 1,80 bis 1,90 m schon keine alltägliche Erscheinung mehr“ sind. „Meistens fangen die Fischer *Arapaima* von kaum anderthalb Meter Länge.“ Bei diesen Angaben ist aber zu berücksichtigen, daß sie auf Gebiete mit jahrzehntelanger, sehr starker, nicht selektiver Pirarucú-Fischerei gemünzt sind. Es ist eine bekannte Erscheinung, daß bei sehr intensiver Befischung eines Bestandes nicht nur die Fangzahlen allmählich abnehmen, sondern auch die Durchschnittsgrößen und die Gewichte als

Zeichen einer Überfischung abfallen und die sehr großen Tiere immer seltener werden oder ganz fehlen. SANCHEZ bringt in seiner Abhandlung „El Paiche“ (1961) als Titelphoto das Bild eines sehr großen *Arapaima*, der als schwere Last von zwei Paichefischern auf der Schulter gehalten wird. Ganz sicher handelt es sich hier um ein Exemplar, das der Maximalgröße sehr nahe kommt. SANCHEZ ist sicherlich auch dieser Meinung, da er gerade dieses Exemplar für sein instruktives Titelphoto auswählte. Jene Zeichnung, die in den alten Ausgaben von „Brehms Tierleben“ einen frischgefangenen, schätzungsweise 4—5 m langen *Arapaima gigas* zeigt, auf dessen Rücken ein Eingeborener sitzt, eine Zeichnung, die in manchen anderen Werken Platz gefunden hat [z. B. in GUDGER (1943), Fig. 4], fußt ohne Zweifel auf reine Phantasie.

C. Die Biotop- und Nahrungsansprüche des *Arapaima gigas*

Eingehende Beobachtungen und Untersuchungen im Einzugsgebiet des unteren Ucayali im Jahre 1959/60 haben mir gezeigt, daß *Arapaima gigas* sowohl gegenüber dem Chemismus und der Sedimentationsstärke der Gewässer (innerhalb einer recht breiten Skala) *keine besonderen Ansprüche stellt; vielmehr ist die Morphologie der Gewässer und der Pflanzenwuchs am Wassersaum und auf dem Wasser viel wichtiger*, indem dieser Fisch als Aufenthaltsbereich eine viel verzahnte Uferzone mit einem mit dem Wasser innig und vielgestaltig verbundenen und ausgedehnten Gelegetpflanzensaum (Schwingwiesen) und eine Schwimmflora wünscht (Abb. 2—5).

Dabei habe ich jedoch, im Gegensatz zu den Beobachtungen von SCHULTZ (1962), diese Fischart niemals direkt unter einer geschlossenen Schwimmflanzendecke stehen oder auftauchen sehen, sondern bemerkte die adulten großen Tiere immer nur in direkter Nachbarschaft der Schwimmflorafelder und Schwingwiesen oder zwischen solchen Schwimmflorafeldern.

In einem typischen *Arapaima*-Biotop bilden am Ufersaum die aquaphilen Uferpflanzen und die Schwimmpflanzen, wie gesagt, eine sehr innige Verzahnung. Schon aus diesem Grunde kann eine schnellfließende Flußstrecke (z. B. der Amazonas selbst oder der untere Ucayali oder ein auch in der Niedrigwasserzeit so stark wasserführender Hauptarm wie der Puinahua) kein *Arapaima*-Biotop (höchstens Durchzugsgebiet heranwachsender Tiere) sein, weil eine stark in Bewegung befindliche Wassermasse mehr oder weniger ein einheitliches, wenn auch oft sich änderndes Bett auswäscht mit viel zu wenig mit dem Wasser innig verbundenen *lebenden* Pflanzen trotz mancher Auswaschungszonen im Gefolge des Prallhanges mit eingestürztem Gesträuch und Geäst darin und dort angehakten Schwimmpflanzen (z. B. *Pistia stratiotes* LINNAEUS). So ist in Brasilien *A. gigas* im Wasser des Amazonas nie häufig, sondern er lebt ganz überwiegend in den turbulenzfreien Überschwemmungsgewässern zu beiden Seiten des Stromes. Neben den dort zum Teil auch



Abb. 2. Biotop von *Arapaima gigas*: ein nur ganz schwach strömender Seitenarm eines Hylaeafusses mit vielen Stillwasserzonen, der während der Niedrigwasserzeit durch zeitig beendete Sedimentation klar geworden ist (aber als Wasserkörper einen leicht dunklen Eindruck macht), mit einem dem freien Wasser innig und vielgestaltig verbundenen Geleegpflanzensaum (Schwingwiesen). Vorn im Bild hinter dem Bug des Bootes unvollständige Matten von *Pistia stratiotes*, dahinter vom Ufer her ins Wasser vorwachsendes *Paspalum repens* und *Echinochloa polystachia*. Es handelt sich hier um den Caño Yarina am unteren Rio Pacaya zur Niedrigwasserzeit (August 1959) (s. LÜLING, 1961 b, Karte 1)

Schwingwiesen erzeugenden Gramineen *Echinochloa polystachia* HITCHC. und *Paspalum repens* BERGIUS (Abb. 2—5) sind es am Rio Pacaya vor allem drei Pflanzen, die am Gewässerrand und auf dem Wasser den *Arapaima*-Biotop charakterisieren: a) die schwimmende Arazee *Pistia stratiotes* LINNAEUS (Abb. 5, b) die schwimmende Mimose (Mimosoidee) *Neptunea oleracea* LUOUR. und c) die Pontederazee *Eichhornia azurea* (SWARTZ) (s. auch die Farbabbildung auf der Rücktitelseite/Umschlagseite von Heft 11 in LÜLING 1961 b).

Arapaima gigas ist sowohl ein Fisch des Weißwassers wie auch des Klarwassers und auch des Schwarzwassers, soweit dessen Humusgehalt (Braunfärbung-Acidität) nicht zu sauer ist, so daß man direkt von einem stark sauren Humuswasser sprechen müßte. Der Rio Negro, der keine eigentlichen Quellen besitzt, sondern aus riesigen versumpften Buriti-Palmenhainen (*Mauritia*) kommt, hat auf weitesten Strecken einen pH von nur 4,3—4,1 und ist auf seiner ganzen Länge praktisch tot. Herr Dr. MESCHKAT schreibt mir über den Rio Negro: „Nur an wenigen Stellen gibt es Cladoceren und Süßwasser-Schizopoden, die vielleicht von Humusstoffen leben. Auch Insektenlarven habe ich nicht gefunden.“ Einige wenige Kleinfischarten können mehrere Tage ohne



Abb. 3. Eine Stillwasserzone am Caño Yarina auf dem Höhepunkt der Niedrigwasserzeit (August/Sept.) durch *Echinochloa polystachia* völlig zugewachsen. Vor diesem ausgedehnten Pflanzengelege hielten sich 1959 in der Vorlaichzeit wochenlang mehrere große *Arapaima gigas* auf

Schaden in so stark saurem Wasser leben — durchschwimmen es auch freiwillig — auch *Arapaima* kann das sicher. Nur wo aus Nebenflüssen Weißwasser einströmt (z. B. Rio Dimini, der sehr wasserreiche Rio Branco sowie andere von Norden kommende Weißwasserzuflüsse des Rio Negro, die aus der Serra Pacaraima und der Serra Parima kommen) ist das tierische Leben reicher. Der Rio Branco und die von Norden kommenden Weißwasserzuflüsse haben gute, teilweise sogar sehr reichliche *Arapaima*-Bestände, wo hingegen am Rio Negro nur die Weißwassereinmündungen *Arapaima* beherbergen. GUDGER (1943) sagt: "It may be remarked that this region of the Negro (at the mouth of the Branco) is well known as a special habitat of *Arapaima*. ROBERT SPRUCE, in 1868, speaking of his experiences there from 1850 to 1855, says that about the mouth of the Rio Branco is the only place in the Rio Negro where the Pirarucú is found." Mit dieser Einschränkung in bezug auf sehr saures Schwarzwasser kommt *Arapaima*, wie gesagt, in allen Gewässertypen vor — wenn es nur flache, ganz langsam fließende oder stillstehende Gewässer mit der oben skizzierten Morphologie sind oder solche einschließen (Abb. 6). Ein leichter Humusgehalt (Braunfärbung) ist kein Hinderungsgrund, aber auch keine Bedingung für sein Vorkommen. *Arapaima*-Gewässer, die von reinem, d. h. stark sauren Humusgewässern gespeist werden, gibt es nicht. Die Terra firme-Seen in Brasilien haben selten *Arapaima*, sondern nur die Várzea-Gewässer im Überschwemmungsgebiet der großen Ströme. Das ziemlich von Sedimenten befreite, also „geklärte“ Wasser der Flachzonen mit einem pH von 6,5—7 (gelegentlich besonders

auf dem Höhepunkt der Hochwasserzeit auch etwas darüber) ist sehr fruchtbar und nahrungsproduktiv und wird einem so groß werdenden Fischfresser wie *A. gigas* (ebenso wie dem langschnäuzigen Flußdelphin, *Inia geoffroyensis* BLAINVILLE¹) reichlich Nahrung geben, denn mancherorts ist für diesen starken Fisch ein üppiges Nahrungsangebot sehr ausschlaggebend für sein Vorkommen. Die sehr großen Seen in Brasilien bei Santarem, wie der Lago Grande da Vila Franca (=Lago Grande de Santarem) westlich und der Lago Grande de Monte Alegre östlich, die gute *Arapaima*-Bestände haben sollen, sind „weiß“, trübe wie der Amazonas selbst.

Hierbei muß man sich aber vor Augen halten, daß die in der Limnologie für Amazonien viel verwendeten Begriffe „Weiß- und Schwarzwasser“ in mancher Hinsicht und auch in bezug auf *Arapaima gigas* sehr schematisch und sehr grob sind; vergegenwärtige man sich doch, daß z. B. auch die Überschwemmungsgewässer zu beiden Seiten des Amazonas durch Sedimentation nach dem Hochwasser auch klar, also „schwarz“ werden. Einige sind es sofort, weil sie sich vom Grund her mit dem Steigen des Stromes füllen und nur wenig Wasser durch die oberirdischen Verbindungen zum Strom erhalten. Auch Flüsse, die ihrer Entstehung und ihrem Oberlauf nach „Weißwasserflüsse“ sein müßten, werden durch Sedimentation „schwarz“, wenn sie in einem langen Lauf ihre Turbulenz und Wirbelbildungen früh beenden (z. B. Tapajos und Xingu in Brasilien). Der Madeira mit *A. gigas* vornehmlich in seinen Uferseen, seiner ganzen Morphologie nach ein echter Weißwasserfluß, und der Purus sind bei steigendem Wasser „weiß“, bei fallendem im Unterlauf „schwarz“. H. SIOLI nennt die braunen Humusflüsse „Schwarzwasserflüsse“ und bezeichnet die nicht braunen „Schwarzwasserflüsse mit Klarwasserflüssen“; aber auch die sauren, braunen Humusgewässer sind in sich klar, ja oft klarer als das, was SIOLI als „Klarwasser“ bezeichnet. Wie mir Herr Dr. MESCHKAT schreibt, ist der Purus (parallel zum Madeira) bei Niedrigwasser oben „weiß“, in der Mitte im Igapógebiet „braun“ und stark sauer und im Unterlauf „schwarz“ aber kaum noch sauer und hat sogar Wasserblüte. Bei Hochwasser ist er von oben bis unten „weiß“.

Die sehr stark zur Wasserblüte neigende Zapote Cocha mit ihrem Gramineen-Ufergelege und ihren Schwingwiesen, von der als Laichbiotop des *A. gigas* weiter unten noch ausführlich berichtet wird, hat zur Niedrigwasserzeit (wo sie von dem Seitenarm, dem Caño Yarina, des unteren Rio Pacaya völlig abgeschlossen ist) einen pH von 6,5—6,6. Ebenso wie der Pacaya hat auch der Samiria, der mit diesem ichthyofaunistisch eine Einheit bildet, gute *Arapaima*-Bestände. Er stellt in gleicher Weise eine Reservezone für den Paiche dar wie der Pacaya. Ein sehr lebendiges Bild dieses Flusses gab schon RIMBACH (1897): „Wir fuhrten auch in einige seitliche Zuflüsse des Samiria hinein, welche sich seenartig verbreitern und nur geringe Strömung haben. Hier gab es stellenweise zahlreiche schwimmende Wasserpflanzen: Eine Pontederiacee mit blaßroten Blüten, eine weißblühende *Jussiaea*-artige Onagräzee, *Pistia*, schwimmende Farne mit blasigen, dicken Blattbasen,

¹ Der aber im Gegensatz zu *A. gigas* auch das stärker strömende Wasser bewohnen kann und bewohnt.



Abb. 4. Blick auf den Caño Yarina auf dem Höhepunkt der Niedrigwasserzeit Ende September. Das Wasser ist dann fast stehend. In der Mitte eine kleine Insel aus *Echinochloa polystachia* und *Paspalum repens*. Der Bildausschnitt umfaßt ziemlich genau den Schwimmbereich eines einzelnen großen *Arapaima gigas* in der Vorlaichzeit. Häufig sah man die Turbulenzkreisel des zur Atmung hochsteigenden Tieres unmittelbar vor der Gramineeninsel (Photo: E. EMMERMACHER)

Utricularia mit gelben Blütentrauben. Hier sahen wir auch zum ersten Mal die *Victoria regia*.

An manchen Stellen hatten die genannten Pflanzen vom Ufer aus die ganze Breite des Wasserlaufes überwuchert, so daß das Dampfboot nicht durchdringen konnte. Indianer gingen deshalb auf Kähnen voraus, hieben aus der dichten Pflanzenmasse große Schollen heraus, welche dann langsam fortschwammen, und bahnten so dem Fahrzeug einen Kanal.“

In anderen Gebieten Amazoniens sind es neben oder an Stelle von *Echinochloa polystachia*, *Paspalum repens*, *Pistia stratiotes*, *Neptunia oleracea* und *Eichhornia azurea* andere aquaphile Pflanzen, die die Seen und Flußarme bedecken, in denen *A. gigas* vorkommt. Der Araysee mit seinem Arapaimavorkommen (MÜLLER 1912) liegt im Zentrum des Camposteiles von Marajó. „Schon im Mittellauf trägt der Fluß längs seiner Ufer, besonders da, wo diese seicht und sumpfig sind, eine grüne, aus dicht verfilzten Schwimmpflanzen bestehende Decke, die in der Hauptsache aus den prächtig blühenden Wasserhyazinthen und ferner aus Salviniën besteht. Vielfach kommt aber auch noch die bereits



Abb. 5. Im überhängenden Uferzweig des unteren Rio Pacaya verhaken sich oft auf weiten Strecken unzählige Blattrosetten der *Pistia stratiotes* zu mehr oder weniger dichten Matten. In dem feinen Wurzelgeflecht dieser schwimmenden Arazee ist reichlich Nahrung für viele Fischarten vorhanden, Fische, die ihrerseits *Arapaima* zur Beute dienen. Solche Strecken mit ausgedehnten *Pistia*-Matten sind zur Niedrigwasserzeit sehr charakteristisch für den *Arapaima*-Biotop. Die Abbildung zeigt eine solche Strecke zur frühen Morgenstunde, wenn häufig diesige Schwaden den hohen Feuchtigkeitsgehalt der Luft direkt über dem Wasser noch höher schrauben

erwähnte *Cannarana* hinzu, ja dieses Schilfgras kann derart vorherrschen, daß schwimmende, große Schilfinseln entstehen. Solche Schilfinseln verstopfen zur Trockenzeit die Mündungen der kleinen Igarapés oft derartig, daß man die Kähne nur nach langer, mühsamer Arbeit durch dieses Pflanzengewirr in das freie Wasser des Mittel- und Oberlaufes schieben kann. Indes auch noch im Oberlauf sind solche Wasserflächen von ihnen bedeckt, und oft bleiben nur verhältnismäßig enge Rinnsale für den Booteverkehr offen. Die nur aus *Ponteria*, *Eichhornia* und *Salvinia* bestehenden Pflanzeninseln nennt der Brasilianer Mururé.“

Das schon erwähnte Fehlen des *Arapaima gigas* im Rio Negro-Wasser außerhalb der Einmündungszonen der starken Zuflüsse aus dem Norden hat drei wesentliche Gründe: 1. der Wasserchemismus (der hier bei einem pH von nur 4,3—4,1 [!] an erster Stelle steht), das Wasser ist einfach zu sauer, 2. der Mangel an ausreichender Nahrung, denn für viele Fischarten, die als *Arapaima*-Nahrung in Frage kämen, ist das Rio Negro-Wasser ebenfalls zu sauer und wird gemieden, und 3. fehlen auch dem sauren Schwarzwasser des Rio Negro, worauf mich Herr Prof. STOLI brieflich aufmerksam macht, die notwendigen Biotope für eine Vermehrung des Pirarucú. Manche ausgesprochenen Klarwasserflüsse haben, obgleich dort der Wasserchemismus für *A. gigas* voll und ganz



Abb. 6. Nicht nur in den benachbarten innig mit aquaphilen Pflanzen verbundenen Gewässerstrecken, sondern auch in von lebenden Pflanzen ziemlich freien Stillwasserzonen kommt wie hier in der Yanayacu Cocha (unterer Rio Pacaya) *Arapaima gigas* vor. Auch hier zwischen den Resten stärkerer Äste hat er im Wasser von 2—3 m Tiefe bereits in der Vorlaichzeit im August-September seine etwa auf 100—150 m begrenzte Schwimmstrecke. In der Mitte des Bildes ein auffliegender *Casmerodius albus egretta* (GMELIN)

in den Verträglichkeitsgrenzen liegt, nur sehr spärliche Pirarucúbestände. Das trifft in besonderem Maße für den unteren Tapajos und den unteren Xingu zu. Diesen großen Klarwasserflüssen fehlen die Uferseen und die schwimmende Ufervegetation, und die Ufer bestehen auf weiten Strecken aus reinen Sandstränden. Das ganz magere Vorkommen des *A. gigas* in diesen Gebieten zeigt sehr deutlich, wie ausschlaggebend die Morphologie der Gewässer und der Pflanzenwuchs am Wassersaum in bezug auf das Vorkommen und die Häufigkeit gerade dieses Fisches ist. Der Araguaia ist, wie im vorigen Kapitel gesagt, zum Teil sehr reich an *Arapaima*; hier soll nur noch hinzugefügt werden, daß es vor allem der wenig befahrene Arm neben der Ilha do Bananal (s. Abb. 1) ist mit seiner reichen Vegetation, der besonders reiches Pirarucúvorkommen zeigt.

Arapaima gigas ist in größerem Zustand ein Fischfresser. Wie Darminhaltuntersuchungen ergeben haben, frißt er mancherlei Arten von Fischen.

SANCHEZ (1961) hat im Oriente Perus an 171 *Arapaima gigas*, die eine Mindestlänge von 1,50 m hatten, makroskopische Magenuntersuchungen durchgeführt. Er konnte in 129 Fällen (75,4%) Fischreste identifizieren. Bei 4 Exemplaren fand er vegetarische Reste¹ und bei 6 Tieren eine schwarzgrüne Flüssigkeit, während

¹ Auch die Mägen der 129 Tiere, die Fischreste enthielten, zeigten Spuren von *Pistia stratiotes* und Wurzelfasern von *Eichhornia* und *Pontederia*, sicherlich alles Material, das bei der Aufnahme von Fischen miteingesaugt wurde. *A. gigas* nimmt seine Beute durch Einsaugen auf.



Abb. 7. *Pterygoplichthys punctatus* juv., einer der häufigsten Nahrungsfische des *Arapaima gigas* im Einzugsgebiet des unteren Rio Ucayali. Die Aufnahme wurde in einer sehr transparenten Stillwasserzone am Ufer von einer Balsa aus durch das flache Uferwasser auf den Gewässerboden gemacht

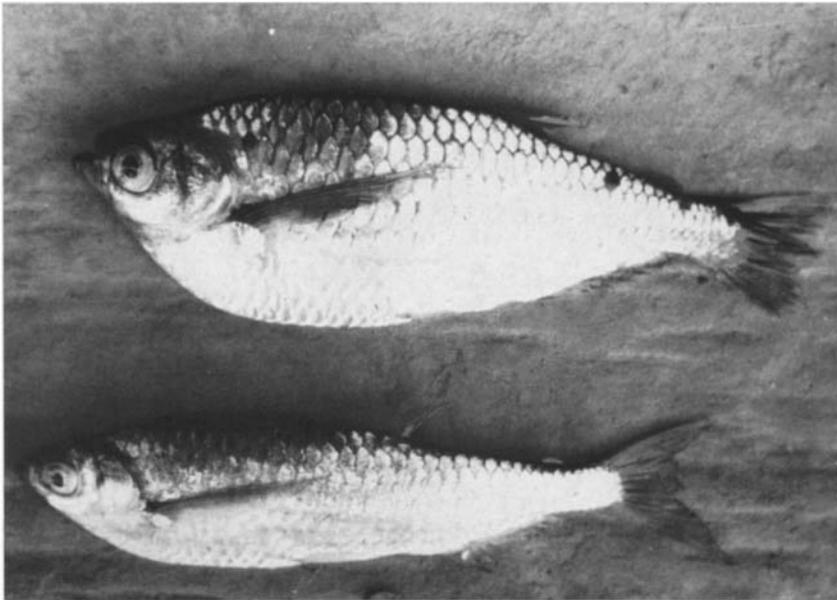


Abb. 8. *Triportheus angulatus* (oben) und *T. elongatus* (unten) zwei Characidenarten, von denen sich die vor der Geschlechtsreife stehenden oder zum ersten Mal geschlechtsreif werdenden *Arapaima gigas* am unteren Rio Pacaya sehr häufig ernähren

der Darmtrakt bei 32 Exemplaren (18,7%) „leer“ („vacío“) war. Die Fische gehörten zu den Unterfamilien bzw. Gattungen *Prochilodus*, *Anostomus*, *Loricariinae*, *Hypotominae*, *Tetragonopterus*, *Leporinus* und *Triportheus* (*Chalcinus*).

Im Einzugsgebiet des unteren Rio Ucayali sind es vornehmlich die im Weiß- und „Schwarzwasser“ (d. h. in durch Sedimentation nach der Hochwasserzeit geklärten Wasser der Nebenflüsse, das als Wasserkörper insgesamt ein leicht dunklen Eindruck macht) sehr zahlreich vorkommenden „garachama“ *Pterygoplichthys punctatus* (NATTERER),

Abb. 7 — auch *P. gibbiceps* (KNER) — die großen *A. gigas* zur Beute dienen. Ich fand nämlich 1959 am Rio Pacaya unter 45 untersuchten Exemplaren 29 Tiere, die im August (Vorlaichzeit) die bedornen vorderen Stachelstrahlen der Brustflossen und die Hautknochenplatten dieser Fischgruppe unverkennbar im Nahrungsbrei des Darmes aufwiesen. *Pterygoplichthys* kann man allenthalben im Einzugsgebiet des unteren Ucayali und am peruanischen Amazonas sehr reichlich fangen; sie sind dort zu Fischsuppe gekocht sehr wichtige Speisefische für die einfachere Bevölkerung. Die Bevorzugung von Loricariden wurde nach FONTENELE (1948) auch bei in Teichen gehälterten großen *A. gigas* festgestellt. *A. gigas*, die noch nicht geschlechtsreif sind oder zum

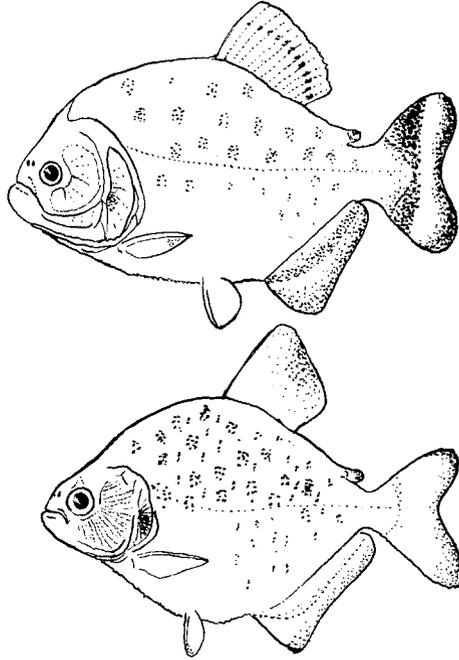


Abb. 9. *Serrasalmus nattereri* (oben) und *S. spilopleura*, die häufigsten Piranha („pana“) im ganz langsam fließenden zum Teil auch stehenden, zur Niedrigwasserzeit fast sedimentfreien Wasser der Caño des Rio Pacaya. Beide Piranhaarten — *S. nattereri* ist die aggressivere Species — können kleinen oder verletzten *Arapaima gigas* unter Umständen gefährlich werden

ersten Mal geschlechtsreif werden, scheinen sehr gern in den Schwärmen der „sardina“ *Triportheus angulatus* (SPIX) [Abb. 8 oben in ganz schwach strömenden Wasser und *T. elongatus* (GUENTHER), Abb. 8 unten] in stehendem Wasser ihre Nahrung zu suchen. Jedenfalls fand ich am unteren Rio Pacaya bei den *Arapaima* dieser Größenordnung sehr oft diesen Characiden noch identifizierbar im Nahrungsbrei. Zwölf ausgeschlachtete *A. gigas*, die ihrer Größe nach zum ersten Mal geschlechtsreif und im August 1959 alle im Caño Yarina am unteren Rio Pacaya

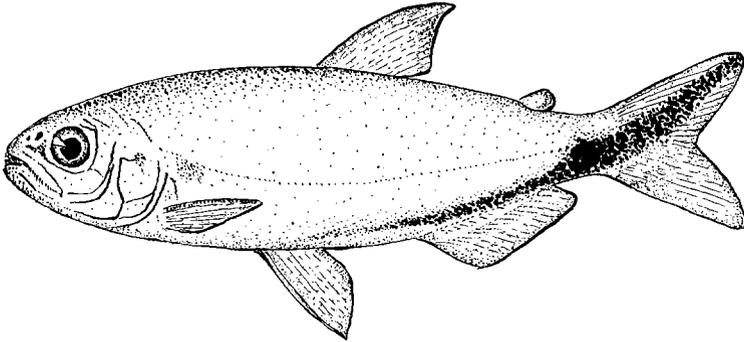


Abb. 10. Auch *Brycon melanopterus* dient *Arapaima gigas* häufig als Nahrung

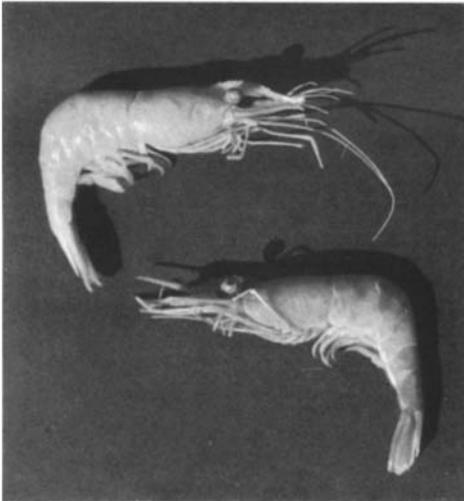


Abb. 11. *Macrobrachium amazonicum* vom unteren Rio Pacaya, ein wesentliches Nahrungstier für heranwachsende *Arapaima gigas*

gefangen worden waren, zeigten Schuppen von *Triportheus angulatus* im mukösen Nahrungsbrei des Darmes. Die Schuppen konnten durch Vergleich an Hand von Material von vorher geangelteten *T. angulatus* zweifelsfrei identifiziert werden. Im Caño Yarina benachbart zu den Rudeln der „Pana roja“, *Serrasalmus nattereri* (KNER) und *S. spilopleura* KNER (Abb. 9) und den großen Schwärmen des Salmlers *Brycon melanopterus* (COPE) (Abb. 10) kommen große Schwärme der *Triportheus angulatus* vor

(s. LÜLING 1961b), die im stehenden Wasser der Yanayacu Cocha (unterer Rio Pacaya) von sicherlich ebenso großen Schwärmen von *T. elongatus* abgelöst werden. Es kann sich hier bei der vornehmlichen Nahrungswahl von *Triportheus*-Salmlern um eine lokale Gegebenheit handeln, weil die Raubfische natürlich vornehmlich das aufnehmen, was ihnen lokal in reichlicher Menge ohne Mühe direkt zugänglich ist. Im Darm der heranwachsenden *Arapaima gigas* wurde von mir häufig die amazonische Garnele *Macrobrachium amazonicum* (HELLER) (Abb. 11) gefunden, die auch in den Einzugsgebässern des unteren Marañon und unteren Ucayali (auch an jenen Uferzonen des Amazonas selbst, wo das Wasser nur

schwach strömt) allenthalben verbreitet ist. Es scheint sogar, daß bei einer gewissen Größe des *A. gigas* die amazonische Garnele eine bevorzugte Nahrung darstellt, wenn sie reichlich vorhanden ist. Das deckt sich auch mit Angaben von SCHULTZ (1962) und MESCHKAT (briefl. Mitt.). Dieser schreibt mir: „Ich habe fast immer Süßwasserkrabben in den Mägen gefunden.“ SANCHEZ (1961) fand dagegen nur gelegentlich bei juvenilen *A. gigas* von 50—80 cm Länge einige wenige „camaronicos“ in den Mägen.

D. Die Aufnahme atmosphärischer Luft, die Vorlaichzeit, der Laichbiotop und das Verhalten vor und bei der Laichabgabe

Bevor ich mich der Vorlaichzeit und dem Laichverhalten des *Arapaima gigas* zuwende, möchte ich noch einige Angaben über die Aufnahme der atmosphärischen Luft bei dieser Fischart machen. Die Schwimmblase ist zu einem Organ umgestaltet, das atmosphärische Luft, die von der Wasseroberfläche aufgenommen wird, veratmen kann. Die anatomischen Verhältnisse liegen hier ähnlich wie bei *Gymnarchus* unter den Mormyridae und bei dem afrikanischen Osteoglossidae *Heterotis niloticus*, indem nämlich die alveoläre bzw. spongiöse dorsale Schwimmblasenwand, die an ein sehr kompliziertes maschiges Balkenwerk erinnert (Abb. 42), sich den Nieren bzw. dem sie umgebenden lymphoiden Gewebe dicht anschmiegt. Dieses Gewebe ist rechts und links der dorsalen Medianebene zu zwei langen dicken Wülsten zu beiden Seiten der Aorta angeordnet. Das Balkenwerk verzweigt sich über diesen Urnieren zu einem dichten kapillaren Netzwerk, das Respirationsfunktionen besitzt, indem der Sauerstoff der eingeatmeten Luft hier an den Kapillaren resorbiert wird. Über die Schwimmblase ist noch zu sagen: „Mit einem kurzen weiten Gang öffnet sie sich in der dorsalen Schlundwand, wo die Öffnung von kräftiger Muskulatur umgeben ist“ (BÖKER 1932).

In den Aufenthaltsbereichen des *Arapaima gigas* ist das Hochkommen des großen Fisches an die Wasseroberfläche zum Atmen deutlich zu sehen, nicht etwa dadurch, daß man den Fisch selbst zu sehen bekommt, denn man ist meist zu weit entfernt und das Wasser ist häufig zu trübe, aber es bildet sich an der betreffenden Luftaufnahme-stelle auf dem zumeist recht glatten und ruhigen Wasserspiegel ein typischer Turbulenzkreis. Wenn man unter Leitung eines geschickten indianischen Fischers mit der Canoa ständig in diesen Zonen umherfährt, bekommt man sehr bald einen scharfen Blick für diese von *Arapaima* hervorgerufenen Turbulenzen. Ich konnte sie in vielen Fällen von sehr ähnlichen Turbulenzen unterscheiden, die von im flachen Wasser raubenden großen *Osteoglossum bicirrhosum* (die im gleichen Biotop vorkommen — s. LÜLING 1961a) und großen Exemplaren von *Hoplias malabaricus* (BLOCH) gebildet werden. Im Caño Yarina hielt sich auf dem

Höhepunkt der Niedrigwasserzeit ein, wie mir schien, sehr großer *A. gigas* vor einer im Mittelpunkt des Caño festgehakten Gramineeninsel auf (s. Abb. 4). Das Wasser war dort so klar, daß ich diesen Fisch häufig als Schatten sehen konnte. Ich stellte fest, daß dieses Tier in der Vorlaichzeit Ende September einen ziemlich eng umrissenen Schwimmbereich oberhalb dieser Schilfgrasinsel über eine ganze Reihe von Tagen hinweg einhielt — ein Bereich, der etwa eine Länge von 70 bis 150 m aufwies und innerhalb dieser Länge die ganze Breite des Caño einnahm — bis dieses Tier von uns harpuniert wurde. Auch die Paichfischer ziehen mit ihren wendigen Canoa zumeist nicht etwa wahllos über die Gewässer, sondern halten Ausschau nach den Turbulenzkreiseln und ziehen, sich nach den Turbulenzkreiseln richtend, dann kreuz und quer über einen verhältnismäßig engen Bezirk hinweg, in dem sie einen großen *Arapaima gigas* ausgemacht haben. Ich will damit sagen, daß die adulten Tiere im allgemeinen bereits in der Vorlaichzeit (häufig schon zu Paaren vereinigt) bestimmte Schwimmbezirke zu besitzen scheinen, die sie nicht ohne Not verlassen. Ich glaube festgestellt zu haben, daß auch der *A. gigas*, dem ein Paichfischer mit der Canoa ständig über $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ Std folgt (wobei der Fischer sehr ruhig und ausgeglichen mit Stechruder und Harpune arbeitet) zwar zum lebhaften Ortswechsel innerhalb seines Reviers veranlaßt wird — wobei der erregte Fisch unter Umständen etwas häufiger atmosphärische Luft aufnehmen muß als gewöhnlich — ihn aber im allgemeinen aus seinem Schwimmbereich nicht weit hinaustreibt.

Herr Dr. MESCHKAT schreibt mir, daß „der *Arapaima* sehr ortsfest lebt.“ Die Bemerkung kann ich auf Grund meiner Beobachtungen am Rio Pacaya auch schon für die Vorlaichzeit (die dort mit der staatlich beaufsichtigten Fangzeit zusammenfällt) in vollem Umfang unterstreichen.

Beim Aufnehmen der atmosphärischen Luft vom Wasserspiegel wird dieser bei mäßig geöffneten Maul häufig mit viel Kraft durchbrochen, so daß die ganzen Dorsal- und Oberseitenpartien des Kopfes bis fast an die Höhe des Rückenansatzes aus dem Wasser gehoben werden (s. Abb. 12a als Schnappschuß dieses Augenblicks). In Sekundenbruchteilen wird dann mit einem kurzen, schnalzenden Laut bei den großen adulten Tieren die alte Luft ausgestoßen und neue Luft aufgenommen, wonach der Fisch sofort wieder tiefer ins Wasser absinkt. Bei Beginn des Wegtauchens sieht man bei adulten Tieren sehr häufig eine große, bald zerplatztende Blase im Zentrum des sich bildenden Turbulenzkreisels (Abb. 12b). Wahrscheinlich enthält diese Blase die verbrauchte Atemluft; JOBERT (1878) hat sie „Bouillion des Pirarucú“ genannt. Beim Wegtauchen großer Exemplare bildet sich am Turbulenzkreisel, und zwar dort, wo das oberständige und am Rand aufgewulstete



a



b

Abb. 12 a u. b. Zwei Phasen der Aufnahme von atmosphärischer Luft vom Wasserspiegel durch einen großen *Arapaima gigas*. a Die Sekunde des Durchbruchs der dorsalen Partien des Kopfes bei der Aufnahme der Luft vom Wasserspiegel als photographischer Schnappschuß. (Aufnahme vom unteren Rio Pacaya; Ende November 1959.) b *A. gigas* bei Beginn des Weltauchens nach dem Aufnahmen neuer Luft vom Wasserspiegel. Über dem Hinterkopf des Tieres wölbt sich die Blase der verbrauchten Luft, die in der nächsten Sekunde zerplatzt. (Aufnahme vom unteren Rio Pacaya in einer stillen Bucht mit ganz transparentem Wasser Mitte November 1959)

Maul wegtauchte, eine schnell zergehende kleine „Bugwelle“. Das schnalzende Geräusch, das die adulten Tiere bei der Luftaufnahme hören lassen, darf nicht verwechselt werden mit einem lauten Knall, den

die großen Tiere erzeugen, wenn sie in anderer Form und bei anderer Gelegenheit an die Wasseroberfläche kommen. Ich werde weiter unten auf dieses Verhalten noch zu sprechen kommen. Ich will an dieser Stelle nur betonen, daß ich *A. gigas* bei der Luftaufnahme vom Wasserspiegel niemals mit dem halben Körper aus dem Wasser kommen sah, was er nach SCHULTZ (1962) tun soll, wenn er sich unbeobachtet glaubt. In diesem Punkt muß ich SCHULTZ entschieden widersprechen; es ist auch übertrieben, beim Luftholen des *A. gigas* im Augenblick des Maulöffnens von einem „wirklichen Knall“ (SCHULTZ 1962) zu sprechen; dieses hört man, wie gesagt, bei anderer Gelegenheit.

Die Möglichkeit der Veratmung atmosphärischer Luft neben oder an Stelle der Kiemenatmung ist bei einer ganzen Reihe von Fischarten realisiert. Sie macht diese Tiere mindestens in gewissem Umfang unabhängig von den O_2 -Verhältnissen des Wassers. In einigen Fällen können sich Fischarten dadurch kurzfristig vom freien Wasser lösen (Periophthalmiden — sehr starke Durchblutung der Rachenschleimhaut, durch die die Tiere an Land atmen; stark im Vordergrund stehende Hautatmung — auch manche Gobiiden können sich am Gezeitensaum einige Zeit vom freien Wasser trennen). Je höher die Luftfeuchtigkeit, je günstiger sind die Verhältnisse zur Ausnutzung der atmosphärischen Luft zu Atemzwecken (s. LÜLING 1958). Daher kommen Fischarten, die atmosphärische Luft veratmen können, zum größten Teil in Tropengebieten vor und zwar vornehmlich in solchen Tropengebieten, die durch hohe Luftfeuchtigkeit (z. B. Regenwald) ausgezeichnet sind. Diese Fische nehmen die atmosphärische Luft direkt am windstillen Wasserspiegel, wo die Luftfeuchtigkeit noch am höchsten ist, oder auch an Rändern vegetationsüberhangener Tümpel und in feuchten Mangrovedickichten auf. Wie feuchtigkeitsgeladen die Luft besonders in den Morgenstunden direkt über den stillen Wassern Amazoniens ist, davon geben die Abb. 5 und 20 in etwa eine Vorstellung.

Der Kiemenapparat des *Arapaima gigas* besteht aus fünf Bogenpaaren; vier davon haben röhrenförmige Verlängerungen, die federförmig in zwei Reihen über dem betreffenden Kiemenbogen liegen. Wenn man diesen Kiemenapparat genauer betrachtet, neigt man zu der Auffassung, daß die Atmung durch die Schwimmblase sehr stark im Vordergrund steht und zwar sowohl bei den adulten Tieren wie auch postlarval schon bei den kleinen Jungfischen.

Bei Fischen, bei denen die Kiemenatmung und die Schwimmblasenatmung funktionell gleichwertig angelegt sind und je nach Bedarf leistungsfähig eingesetzt werden können — wie z. B. bei dem im Einzugsgebiet des unteren Rio Ucayali sehr häufigen Characiden *Hoplerysthrinus unitaeniatus* (SPIX) — ist auch bei gleichgroßen Exemplaren die Häufigkeit der Aufnahme der atmosphärischen Luft vom Wasserspiegel sehr variabel, indem in gut mit O_2 versehenen Wasser die Kiemenatmung dann ziemlich ausreichend ist, d. h. die Intervalle des Hochkommens zur Neuaufnahme von Luft sind sehr lang, während in schlecht mit Sauerstoff versehenen Wasser diese Intervalle viel kürzer sind (LÜLING 1964). Bei *Arapaima gigas* scheint, nach allem was ich beobachtet habe, die Abhängigkeit vom O_2 -Gehalt der Gewässer weniger

deutlich zu sein, da die Atmung durch die Schwimmblase sowohl in O₂-günstigen wie auch O₂-ungünstigem Wasser *immer* im Vordergrund zu stehen scheint, d. h. die Intervalle des Hochkommens zum Wasserspiegel bei gleichgroßen Exemplaren sind unabhängig von den Gewässer-
verhältnissen ziemlich gleichmäßig. Ich stimme SANCHEZ (1961) zu, wenn er sagt, daß im allgemeinen die adulten *A. gigas* 10—15 min unter Wasser bleiben; man muß hinzufügen, wenn die Tiere nicht übernormal erregt sind oder gar gejagt werden. Ist ein *A. gigas* besonders erregt oder kurzfristig sehr agil — z. B. ein laich- oder jungfischbewachendes Exemplar in der Nachbarschaft fischraubender *Osteoglossum bicirrhosum* — dann sind die Intervalle unter Umständen viel kürzer. Aber das ist nur der Ausdruck eines größeren Atmungsbedürfnisses durch stärkere Agilität. Andererseits kann ein von Fischern gejagtes, unverletztes Tier unter Umständen zwei- bis dreimal solange auf das Hochkommen zum Wasserspiegel verzichten; doch sind diese Fälle ziemlich selten, wie ich am Rio Pacaya feststellte. Die Intervalle schwanken bei *Arapaima gigas* allerdings sehr stark in Abhängigkeit von der Größe der Tiere. Ganz grob kann man sagen, daß die Intervalle um so kürzer, je kleiner die Tiere sind; ganz kleine Tiere von etwas über 2 cm Standardlänge (knapp 2 Wochen alt und schon mit der Atmungsfunktion der Schwimmblase versehen) kommen am häufigsten zum Luftholen zum Wasserspiegel. Ich habe, wie im nächsten Kapitel im einzelnen berichtet wird, sehr viele kleine und kleinste Jungfische beobachtet, und ich muß SANCHEZ (1961) widersprechen, wenn er sagt, daß Jungfische von 2,5 cm Länge alle 2—3 sec (!) und Fische von 5 cm Länge alle 6—8 sec an die Oberfläche kämen. Durch viele Beobachtungen fand ich heraus, daß Larven und Jungfische¹ zwischen 2,5—5 cm Länge (Beobachtung in der Zapote Cocha am unteren Rio Pacaya) im allgemeinen etwa alle 8 bis gut 9 min, manchmal auch etwas länger, zum Luftholen hochkommen, während kleinste Larven alle 4—7 min aufsteigen.

Am Ufer der Quisto Cocha, 15 km von Iquitos entfernt, wo im Jahre 1959 eine Serie von juvenilen *Arapaima gigas* in Teichen gehältert wurde (s. LÜLING 1963), konnte ich in der zweiten Hälfte des Juni einige Tiere über mehrere Tage hinweg in einem Aquarium genau beobachten. Das Aquarium (160 × 60 × 60) wurde mit altem abgestandenem, durch Phytoplankton grün gefärbten Teichwasser mit viel Detritus gefüllt. Damit kommt es den natürlichen Verhältnissen nahe.

Der O₂-Gehalt des Wassers konnte nicht geprüft werden, da mir kein Manganchlorür zur Verfügung stand. Sicherlich waren die O₂-Verhältnisse in diesem Wasser

¹ Ich bezeichne diejenigen Jungtiere, die noch über den larvalen Flossensaum verfügen als „Larven“, diejenigen älteren Tiere, bei denen nach dem restlosen Schwund des larvalen Saumes die definitive Beflossung ausgebildet ist, als „Jungfische“.

ziemlich schlecht. Der Wasserstand betrug 22 cm. Der Wasserspiegel im Aquarium war vollkommen ruhig.

Am 17. 4. 59 habe ich in diesem Aquarium das Hochkommen eines juv. *A. gigas* von 25 cm Totallänge (und 113 g Gewicht) über mehrere Stunden hinweg notiert.

An diesem Tage betrug die Lufttemperatur 25,7° C; das im Schatten stehende Aquariumwasser hatte eine Temperatur von 24° C. Es handelte sich um einen für die Örtlichkeit kühlen Tag. Das Exemplar war nicht beunruhigt (es war bereits mehrere Tage in diesem Aquarium) und war durch die Beobachtung, die mit keinerlei Manipulationen verbunden war, nicht irritiert.

Die Resultate sind im einzelnen aus der Tabelle ersichtlich.

Tabelle

Zeitpunkt des Hoch- kommens zum Wasserspiegel (Luft- aufnahme)	11 ⁰⁴	11 ¹⁰	11 ¹⁷	11 ²⁸	11 ⁴⁶	12 ⁰¹	12 ¹⁸	12 ²⁶	16 ⁵¹	17 ⁰¹	17 ¹¹	17 ¹⁸	17 ²⁶	17 ³⁹	17 ⁵⁴	18 ⁰⁴
Intervall in min	6	7	11	18	15	17	8	10	10	7	8	13	15	10		

Zusammenfassend ist festzustellen, daß dieser juv. *Arapaima gigas* von 25 cm Länge, der etwa $\frac{1}{2}$ Jahr alt ist, alle 11 min zur Füllung der Schwimmblase an den Wasserspiegel hoch kam; das dürfte im wesentlichen den natürlichen Verhältnissen bei Tieren dieser Größenordnung entsprechen.

Bei diesen juvenilen Tieren (alle um 25—30 cm lang) habe ich den Modus des Hochsteigens und Luftaufnehmens am Wasserspiegel sehr genau beobachten können. Man kann diesen Modus in vier Phasen einteilen (Abb. 13), nämlich das Hochsteigen zum Wasserspiegel, die Luftaufnahme, das Absinken in tieferes Wasser und das Wegschwimmen von der Stelle der Luftaufnahme. Phase 1: Der juvenile *Arapaima* kommt zügig, aber nicht überstürzt, bis fast zum Wasserspiegel hoch (bei Tieren dieser Größenordnung 2—2 $\frac{1}{2}$ mm darunter).

Phase 2: Jetzt drückt das Tier den Kopf ruckartig so nach oben, daß die Spitze des Unterkiefers des sich mäßig öffnenden Maules über den Wasserspiegel gehoben wird. Dadurch ragen die Dorsalpartien des Kopfes bis gerade eben zum oberen Rand der Augen über den Wasserspiegel (bei juv. Tieren dieser Größe macht das 2—3 mm aus, bei großen adulten Tieren sind es mehrere Zentimeter, vgl. Abb. 12 a). Die alte Luft wird ausgestoßen und neue aufgenommen.

In einigen Fällen hatte ich auch den Eindruck, daß das ruckartige Hochschnellen des Vorderkörpers zur Aufnahme der neuen Luft nicht genau senkrecht nach oben erfolgte, sondern schräg seitlich nach oben.

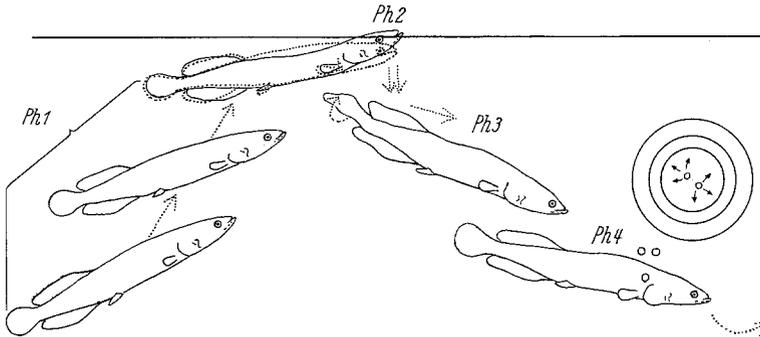


Abb. 13. Das Hochsteigen, Luftaufnahmen und Wegschwimmen eines juvenilen, um 28 cm langen *Arapaima gigas* an Hand von Beobachtungen im Aquarium vom Juni 1959 an der Quisto Cocha. Nähere Einzelheiten s. im Text

Es sah in einem Falle so aus, als wenn der Fisch mit dem rechten Maulwinkel die Neuluft aufnahm. Das Öffnen des Maules am Wasserspiegel gibt auch bei diesen kleinen Tieren ein schnalzendes bzw. klatschendes Geräusch; nur ist es der geringen Größe der Tiere entsprechend viel leiser.

Phase 3: Durch eine mehr oder weniger ausgesprochene drehende Bewegung des auch bei großen Tieren sehr beweglichen hinteren Körperdrittels verbunden mit einer mehr oder weniger vollendeten Schraubebewegung des Schwanzes gleitet der Fisch dann sofort (inzwischen hat sich der typische Turbelenzkreisel gebildet) vom Wasserspiegel schräg nach unten ins tiefere Wasser. Das geht meistens sehr schnell vor sich (Abb. 13 durch den gepunkteten Doppelpfeil markiert).

Während der große und adulte *Arapaima gigas* ein einzelgängerischer Fisch ist, sind die Jungfische ausgesprochene Schwarmfische; sie halten sich in einem Schwarm oder besser in einem Pulk dicht zusammen. Dieser Pulk kommt, worüber noch mehr Einzelheiten weiter unten mitgeteilt werden, geschlossen, und wie es für unser menschliches Auge aussieht, fast gleichzeitig zum Luftholen an die Wasseroberfläche (Beobachtungen an juvenilen Tieren zuerst in den Teichen am Ufer der Quisto Cocha und später an Jungfischen auf der Zapote Cocha). Viele Turbulenzkreise, die sich überschneiden und miteinander verschmelzen, bilden sich dann. Bei Beginn des Herabgleitens vom Wasserspiegel ist dann oft eine Richtungsänderung des ganzen Pulks zu beobachten. Es ist das daselbe Phänomen wie bei einem fliegenden Vogelschwarm, der zügig davonfliegend plötzlich wie auf ein geheimes Zeichen die Richtung ändert.

Phase 4: Ist der Fisch bis zu einer bestimmten Tiefe herunterschwommen, öffnet er meist ein wenig das Maul. Es scheint dieses eine Art „Schluckbewegung“ zu sein, wobei die aufgenommene Luft

(vielleicht auch nur das letzte Quantum der aufgenommenen Luft, das sich noch im Schlund befand) vom Oesophagus in die Schwimmblase gepreßt wird. Hierbei kommen sehr oft (nicht immer) einige Luftblasen seitlich unter den Operculi hervor und perlen nach oben, wo sie im Zentrum des sich vergrößernden Turbulenzkreisels zerplatzen. Manchmal kommt auch nur eine einzige Luftblase unter dem rechten oder linken Operculum hervor. Die schematisch kreisförmige Zeichnung rechts in Abb. 13 soll das veranschaulichen.

Ich erinnere hier nochmal an die Bemerkung von BÖKER (1932), der sagt, daß die Öffnung des kurzen Ductus pneumaticus in die dorsale Schlundwand von einer kräftigen Muskulatur umgeben ist. Dieses bemerkenswerte Verhalten deute ich in folgender Weise: Durch diese „Schluckbewegung“ führt der Fisch der Schwimmblase das genau richtige Quantum Luft zu, während er die eventuell zu viel eingenommene Luft in Form von Blasen unter den Kiemendeckeln herauspreßt. Ich sah die Abgabe solcher Luftblasen unmittelbar nach der Luftaufnahme vom Wasserspiegel ebenfalls bei *Hoplerythrinus unitaeniatus* (LÜLING 1964) der zu *A. gigas* nicht die geringste Verwandtschaft besitzt. Nach der Abgabe solcher überflüssiger Luft schwimmt der Fisch dann meist zügig weg.

Arapaima gigas ist eine Fischart, die ihren Laich und ihre Jungfische bewacht. Die Hauptlaichzeit (d. h. die Zeit, in der die meisten Tiere abgabereife und abgelegte Eier bzw. kleine Junge haben) ist im Einzugsgebiet des unteren Ucayali die Zeit Anfang bis Mitte November. Es ist das das Ende der Niedrigwasserzeit¹, bevor in diesem Gebiet im Dezember das Wasser zu steigen beginnt. Ich werde weiter unten noch darstellen, daß dieser Zeitpunkt biologisch sehr sinnvoll ist.

Am Rio Pacaya habe ich in der Vorlaichzeit an den Plätzen, an denen die frischharpunierten großen Fische gesammelt und ausgeschlachtet wurden, die Geschlechterzusammensetzung und den Reifegrad der Gonaden geprüft. Unter den mit der nicht selektiv fischenden Harpune gefangenen Fischen waren 19%, die noch nicht geschlechtsreif waren.

Das ist von einem auf Schonung der Bestände bedachten fischereilichen Standpunkt ein sehr hoher und bedenklicher Anteil, auf den hier aber nicht näher eingegangen werden soll.

Es waren das alles Tiere, die unter 1,70 m Totallänge und nicht schwerer als 45—47 kg waren. Tiere unter gut 1 m werden im allgemeinen dort nicht oder nur ausnahmsweise harpuniert. Bei einer

¹ Über den Marañon zwischen den Flüssen Morona und Samiria, also den unteren Pastaza mit seinen *Arapaima*-Beständen voll einschließend, sagt RIMBACH (1897): „Das große Hochwasser dauert gewöhnlich von Februar bis Mai, der niedrigste Wasserstand von Juni bis September, worauf im Oktober und November wieder ein kleines Anschwellen erfolgt, das von einem erneuten Sinken im Dezember und Januar begleitet wird.“

Totallänge von knapp 1,70 m und einem Gewicht von 40—45 kg tritt am Rio Pacaya im 4.—5. Lebensjahr die Geschlechtsreife des Arapaima gigas ein.

Dabei ist zu bedenken, daß bei Fischen die Geschlechtsreife vom Alter und die Größe des geschlechtsreifen Tieres sehr stark vom Nahrungsangebot in der Wachstumszeit abhängt. So können z. B. in überbesetzten Gewässern (schlechtes Nahrungsangebot) *Abramis brama* (LINNAEUS) mit 10 cm (!) und *Perca fluviatilis* LINNAEUS mit 6 cm und sogar noch kleiner erfolgreich laichen, wenn sie das Alter der Geschlechtsreife erlangt haben.

Am Rio Pacaya handelt es sich unzweideutig um ein Gebiet mit außerordentlich reichem Fischleben (würob ich schon mehrfach berichtet habe; LÜLING 1961 a, 1961 b, 1962), also um ein Gebiet mit einem optimalen Nahrungsangebot, und man wird daher die hier wiedergegebene Größenangabe, bei der *A. gigas* geschlechtsreif wird, auch für andere Gebiete mit optimalem Nahrungsangebot als annähernd gültig ansehen dürfen.

Daß *A. gigas* im 4.—5. Lebensjahr geschlechtsreif wird, schließe ich an Hand von Untersuchungen an den Wirbelkörpern dieses Fisches. Diese Hartgebilde zeigen jahreszeitlich auftretende Zonierungen (Ringbildungen)¹, die in gewissem Umfang für Altersuntersuchungen geeignet sind. Tiere von knapp 1,70 m Totallänge, die noch unreif waren (unreifes Ovar bzw. unreifer Testikel) hatten neben schmalen und verwaschenen Sekundärringen 4 bzw. 5 deutlichere Ringzonen, während größere, geschlechtsreife Tiere über 1,70 m Totallänge mehr als 5 deutlichere Ringzonen zeigten. Dieses Ergebnis deckt sich auch mit den Angaben von FONTENELE (1948): „In der Gefangenschaft großgezogen, erreichen die Fische erst nach dem 5. Lebensjahr die sexuelle Reife.“ Unter 51 in der Vorlaichzeit gefangenen *A. gigas* waren 24 Weibchen und 27 Männchen; das ist annähernd ein Verhältnis von 1:1 mit einen ganz leichten Überwiegen der Männchen. Ich bin vom Platz des Ausschlachtens verschiedentlich mit einem Paichefischer zum Harpunieren mitgefahren und konnte dann in der zweiten Hälfte des August feststellen, daß häufig ganz benachbart von einem harpunierten Männchen ein weibliches Stück harpuniert wurde und umgekehrt. Ich schließe daraus mit einiger Wahrscheinlichkeit, daß *bereits in der Vorlaichzeit Anfang August und im September* — und erst recht im Oktober und November — *viele A. gigas zu Paaren vereinigt sind*. In Gewässern (vornehmlich in den Cocha²), die zur Niedrigwasserzeit vom Flußsystem abgeschlossen sind,

¹ Das Nahrungsangebot ist in der Hoch- und Niedrigwasserzeit wahrscheinlich verschieden und manifestiert sich in einer verschiedenen Wachstumsdichte an den Wirbelkörpern. Vielleicht sind auch wechselnde innersekretorische Verhältnisse für diese Wirbelkörperbildungen maßgeblich.

² Cocha = peruan. soviel wie See; es ist damit jedoch in den meisten Fällen eine abgeschnittene, nach dem Bodenrelief oft seenartig erweiterte Flußschleife gemeint. Diese kann in der Niedrigwasserzeit vom Flußsystem entweder völlig abgeschlossen sein oder aber auch dann eine schmale, oft verwaschene Wasserverbindung mit dem Flußsystem haben.

werden die *Arapaima* bei Beginn des fallenden Wassers — als einzelne Fische oder, wenn überhaupt, sicherlich nur in sehr losem Kontakt mit anderen Individuen — in diese bevorzugten Laichgebiete einwandern. SANCHEZ (1961) sagt: „Cuando las aguas comienzan a bajar, se mueve en dirección de los cuerpos de agua.“ Dort finden sich dann in der zweiten Hälfte der Niedrigwasserzeit die Geschlechter. In Brasilien gibt es gewisse Flachseen, in die größere Mengen von Pirarucú einwandern und sich dort ansammeln, offenbar, um zu Paaren vergesellschaftet zu laichen. Auf diese Tiere werden dann Treibjagden mit der Harpune veranstaltet. Die Tatsache des Einwanderns in laichgünstige Flach- und Stillwassergebiete und das durch die Umstände notwendige Herauswandern bei Hochwasser in die benachbarten „tahuampa“¹ sollte aber nicht dazu verleiten, den adulten *A. gigas* generell als Wanderfisch anzusehen, wie das SCHULTZ (1962, p. 244 oben) tut; die adulten Tiere sind, wie bereits weiter oben gesagt, insgesamt recht ortsfeste Fische.

Die Gonaden des *Arapaima gigas* werden paarig angelegt, aber nur unpaar zur Reife gebracht, indem die Gonade der linken Seite bereits in der Vorlaichzeit in der zweiten Hälfte des August und im September einen reifen oder mindestens annähernd reifen Eindruck macht, während die Gonade der anderen Seite stark atrophiert ist. Die Gonadenöffnung liegt ein klein wenig hinter dem Anus.

Sehr selten kommt als Anomalie die Entwicklung der rechten Gonade auf Kosten der linken vor. Auch die anomale Lage der Gonadenöffnung vor dem Anus soll festgestellt worden sein. Einer der Paichefischer nannte den Fall der Entwicklung von beiden Ovarien bei einem *A. gigas* aus dem Lago Rimachi am Rio Pastaza.

Der Testikel ist ein Gewebsband bzw. Gewebstreifen, der im Querschnitt flachelliptisch ist und sich mit einem elastischen Ligament an das Peritoneum anlegt. Der unreife Testikel ist bei Tieren um 1,50 m Totallänge oft nur bleistiftdick, sieht äußerlich matt fleischfarben aus, während der reife Testikel bei Tieren über 1,70 m Totallänge cremefarben bis milchig weiß und makroskopisch innen ziemlich homogen weißlich und weich ist. Da mikroskopisch keine Besonderheiten zu erwarten sind, habe ich die Testes nicht histologisch untersucht. Bei einem noch völlig unreifen Exemplar von 1,735 m Länge und 51 kg Gewicht war der fleischfarbige Testikel Ende September nur um 20 cm lang und weit unter bleistiftdick. Das Ovarium ist im reifen bzw. annähernd reifen Zustand ein bei großen Tieren oft 10—12 cm hohes, 47 bis 60 cm langes, seitlich des Enddarm liegendes Organ, das schräg in der Querrichtung in zahlreiche dicke Lamellen unterteilt ist. In diesen Lamellen liegen, von viel Stroma eingebettet, die Eier. Bei einem ge-

¹ Überschwemmtes Terrain zur Hochwasserzeit.

schlechtsreifen Weibchen von 2,18 m Länge und 115 kg Gewicht hatte das Ovarium eine Länge von annähernd 60 cm und war 1377 g schwer. In solch einem reifen Ovarium sieht man bereits in der zweiten Hälfte des September in dem mehr oder weniger fleischfarbigen Stroma größere grünliche ablegereife Eier neben kleineren gelblichen körnigen Gebilden, die ich als in der Entwicklung noch nicht so weit fortgeschrittene Eier, *zum Teil aber auch als Abortiveier ansehe*. Wegen des Vorhandenseins einer nicht unbeträchtlichen Menge von Abortiveiern im Ovar des *A. gigas* [FONTENELE (1948) spricht von über 180000 Eiern in verschiedenen Entwicklungsstadien im Ovar eines 1,90 m langen *A. gigas*] halte ich die Anzahl der tatsächlich zur Ablage kommenden Eier für viel geringer als es nach der Größe und Ausdehnung eines vollentwickelten Ovariums den Anschein hat. Das unreife Ovarium ist fleischfarben und prall (ähnlich wie ein unreifer Testikel aussehend) und mit feinen Blutgefäßen durchzogen. Da auch in den Ovarien mikroskopisch keine Besonderheiten zu erwarten sind, habe ich die Ovarien nicht in ihrem histologischen Aufbau untersucht.

Die Hauptlaichzeit liegt im Einzugsgebiet des unteren Ucayali, wie gesagt, Anfang bis Mitte November, aber bereits Mitte bis Ende Juli können einzelne Exemplare bereits abgelaicht haben und kleine Junge führen, desgleichen auch einige wenige Tiere im August und September. So traf ich Mitte bis Ende August in der Zapote Cocha auf zwei Pulks mit kleinen Jungen. Ich spreche daher hier ganz bewußt von der *Haupt-Laichzeit*.

Unter den von mir auf Gonadenreife durchgemusterten Exemplaren fanden sich verschiedentlich Tiere, die nach ihrer Größe und ihrem Gewicht (auch mehr als 5 deutlichere Ringzonen an den Wirbelkörpern) geschlechtsreif hätten sein müssen, aber ganz unterentwickelte Gonaden aufwiesen. Das werden zum ganz geringen Teil Tiere gewesen sein, die sehr zeitig im Juli abgelaicht hatten; es ist aber nicht von der Hand zu weisen und ich möchte das besonders betonen, daß es sich hier zum Teil wenigstens um Tiere handeln könnte, *die in dem betreffenden Lebensjahr keine reifen Gonaden entwickelten*. Es sollte bei späteren Untersuchungen darauf geachtet werden, ob die großen *Arapaima gigas* wirklich in jedem Jahr reife Gonaden entwickeln, also wirklich in jedem Jahr sich fortpflanzen. Das ist für die Beurteilung der Fruchtbarkeit dieser Fischart von besonderer Bedeutung.

Die Ansprüche des *Arapaima gigas* an den Laichbiotop sind alles in allem die Ansprüche, die der Fisch an seine Aufenthaltsbereiche außerhalb der Laichzeit stellt. Daher überschneiden sich häufig Aufenthaltsbereiche und Laichbiotope. Man könnte sagen, daß es „gleichartige Ansprüche in gesteigertem Ausmaß“ sind, d. h. es sind Gebiete mit besonders starker Verzahnung von Wasserfläche und Ufersaum mit

besonders reicher Verflechtung des Wassers mit aquaphilen Pflanzen. Diese Pflanzenteppiche müssen aber zwischen sich freie recht ausgedehnte Wasserflächen ohne Pflanzenbedeckung haben bzw. müssen sich an die Schwingwiesen und Pflanzenteppiche in Ufernähe freie Wasserflächen mit glattem Wasserspiegel anschließen, in denen sich die Jungfischpuls aufhalten und umherschwimmen. Während *A. gigas* außerhalb der Laichzeit auch in ganz schwach strömenden Wasser (z. B. Caño Yarina am unteren Rio Pacaya; nicht in stärker strömenden Wasser) vorkommt, ist der Laichbiotop eine Stillwasserzone mit ruhigem turbulenz- und wellenfreien (höchstens ganz wellenschwachen) Wasserspiegel, der zumindest so gelegen ist, daß er von dem normalerweise immer schwachen Wind wenn überhaupt nur stellenweise bestrichen werden kann. Der Boden dieser Stillwasserzonen = Laichbiotope besteht zumeist aus Ton und Lehm von einer nicht zu weichen Konsistenz und darüber, wenn überhaupt vorhanden, einer nicht zu dicken Detritusschicht. Die kleinen Larven scheinen nach Aufzehrung des Dottersacks kurzfristig, Organismen des Phytoplankton und Zooplankton aufzunehmen, worüber im Zusammenhang noch berichtet wird. Ich will an dieser Stelle nur hervorheben, daß daher ein typischer *Arapaima*-Laichbiotop eine zumindestens schwache, in vielen Fällen aber sehr starke Phytoplanktonentwicklung aufweist, die das turbulenzfreie und daher geklärte, oft leicht teefarbene Wasser grün maskiert.

Diese flachen Stillwasserzonen = Laichbiotope (oft windgeschützt von dichtem Wald umstanden) werden von der Sonne unter Umständen sehr stark aufgeheizt. So fand ich kurz vor Beginn der Laichzeit Ende Oktober 1959 in der für *Arapaima* laichgünstigen Zapote Cocha an einem Tage (LÜLING 1963, p. 40) eine Oberflächentemperatur von 37,2° C (1,3° C höher als die Lufttemperatur in der Sonne). Die laichbewachenden Alttiere, die Eier und vor allem die zarten Jungfische der ersten Lebenswochen sind dementsprechend gegenüber sehr hohen Wassertemperaturen weitgehend unempfindlich. Sie sind daran angepaßt; die gut funktionierende Luftblasenatmung macht sie unabhängig vom Sauerstoffmangel in so hochtemperiertem Wasser. Wenn abgeschlossene Laichgebiete zu Beginn der Hochwasserzeit ihre Kommunikation zum Flußsystem erhalten, klettern allein schon durch die in Bewegung befindliche Neuwasserzufuhr die Wassertemperaturen nicht mehr so extrem in die Höhe. Bei Beginn der Hochwasserzeit (Dez.-Jan. am Rio Pacaya und Samiria) tritt in bisher geschlossenen Stillwasserzonen, in denen die juvenilen *Arapaima gigas* jetzt einige Wochen alt sind, durch die Kommunikation mit dem Flußsystem eine Homothermie ein, während vorher selbst in flachem Wasser mindestens eine schwache, oft auch eine stärkere thermische Schichtung vorhanden ist.

Die Ansprüche die *Arapaima gigas* an ein Laichbiotop stellt, erfüllen in optimaler Weise viele mehr oder weniger vom Fließgewässer abgeschlossene Cocha.

Nicht alle erfüllen diese Voraussetzung, wie z. B. die Quisto Cocha bei Iquitos am Rio Itaya, wenn sie von *A. gigas* auf natürlichem Wege erreicht werden könnte (LÜLING 1963).

So ist denn auch die mehrfach erwähnte Zapote Cocha ein ausgezeichneter Laichbiotop und kann als Charakteristikum eines solchen gelten. Über diese von mir als extrem eutroph bezeichnete Cocha auch als Laichbiotop haben SANCHEZ u. ANCIETA (1946) und SANCHEZ (1961) ausführlich berichtet. In einer Bucht des Caño Yarina, die stehendes Wasser mit nur schwacher Phytoplanktonentwicklung aufwies, Wasser, das also ziemlich sightgünstig war, beobachtete ich Mitte November 1959 ein Pärchen des *Arapaima gigas*, das immer wieder in dieser Bucht anzutreffen war. Ich vermutete sofort ein laichberechtigtes Pärchen. *Hier ergab sich die sicherlich seltene Gelegenheit* — anders als in der Zapote Cocha, wo man nur das Verhalten der Jungfische direkt am Wasserspiegel (dieses allerdings sehr eingehend) beobachten konnte — *der Aufdeckung einiger Phasen* des Laichgeschäftes. Diese Beobachtungen waren allerdings dadurch begrenzt, daß ich bei günstiger Blickrichtung, die natürlich nicht in jedem Augenblick gegeben war, zwar ein gutes Stück in das Wasser hinein beobachten konnte, nicht aber direkt bis zum Boden. Außerdem mußte ich mich mit der Canoa dort immer sehr bedächtig bewegen, weil immer die Gefahr bestand, daß dieses *Arapaima*-Pärchen irritiert und dann das Laichgeschäft abgebrochen werden würde. Als ich dieses Pärchen ausmachte, schien es diese Bucht als festes Revier bereits angenommen, aber wahrscheinlich noch keinen festen Ablaichplatz innerhalb dieser Bucht zu haben.

Kein weiteres *Arapaima*-Pärchen mit zugehörigen Jungen wurde von mir im Caño Yarina gesehen, während die Zapote Cocha, wie noch näher berichtet wird, eine ganze Reihe von Jungfischpuls hatte.

Innerhalb ganz kurzer Zeit gelang es mir, durch sehr vorsichtiges, immer wiederholtes, zuerst auf Entfernung bedachtes Hinzupaddeln das *Arapaima*-Pärchen an das Boot und seinen Schatten zu gewöhnen. Es konnten dann die Beobachtungen begonnen werden. Da die kleine Stillwasserbucht am Caño Yarina nur von einem Paar bewohnt wurde, beobachtete ich keinen Kampf um einen günstigen Ablaichplatz. Nach SANCHEZ (1961) sollen sich die Paare beim Kampf in wechselnden Entfernungen gegenüberstehen und dann plötzlich mit großer Geschwindigkeit und häufig unter großen Sprüngen aufeinanderzustoßen. Weil ich nicht bis zum Boden sehen konnte, war es für mich unmöglich, die Laichabgabe zu beobachten; ich stellte nur fest, daß nach 4—5 Tagen eines der beiden Tiere an einer bestimmten Stelle der Bucht, etwa $2\frac{1}{2}$ m von einem *Paspalum repens*-Bestand entfernt, ruhig stehend verweilte, zum Luftholen dort an die Wasseroberfläche kam und sofort wieder senkrecht oder fast senkrecht ins tiefere Wasser absank, wo das Tier in seinen Umrissen deutlich erkennbar war. Nach der etwas intensiveren Rotfärbung an den hinteren Körperseiten zu urteilen, handelte es sich um das Männchen. Dieses Tier war noch am Vortage ständig mit seinem

Partner in der Bucht umhergeschwommen. *Ohne Zweifel hatte ich jetzt das laichbewachende Männchen vor mir.* Da ich nicht direkt bis zum Boden sehen konnte — die Wassertiefe betrug dort etwas über $1\frac{1}{2}$ m — konnte ich das Gelege selbst nicht ausmachen; es war aber festzustellen, daß der Laichplatz auf lehmig-tonigem Boden von einer gewissen Zähigkeit ohne dort festgewachsene größere Wasserpflanzen angelegt war. Die Laichgrube soll nach SANCHEZ (1961) einen Durchmesser von etwa 30 cm haben und sich als kreisrunder, etwa 20 cm tiefer Bereich von der Umgebung abheben. FONTENELE (1948) spricht von Laichgruben von 17 cm Durchmesser in Teichen. Das an dieser Stelle „fixierte“ Männchen — es schwamm nur ganz gelegentlich einmal ein kurzes Stückchen von diesem Platz weg und kehrte auch dann sofort wieder dahin zurück — beobachtete ich mehrere Tage an dieser Stelle, ohne daß es durch meine Anwesenheit irritiert war. Das Weibchen beobachtete ich während dieser Zeit fast immer etwa 10—15 m (gelegentlich auch etwas entfernter) abseits vom Männchen, wie es einmal langsamer, einmal schneller, häufig direkt unter der Wasseroberfläche umherschwamm. *Es hatte offensichtlich die Aufgabe, größere Fische vom Laichplatz fernzuhalten.* Während jener Tage habe ich niemals gesehen, daß das Weibchen sich dem Männchen zugesellte und dort Bewegungen ausführte, die auf eine weitere Laichabgabe schließen ließen. Nach SANCHEZ (1961) sollen nämlich die Eier eines Ovariums nicht alle genau gleichzeitig ablegereif sein. Ich möchte an dieser Stelle nochmal daran erinnern, daß das vollentwickelte Ovar viele Abortiveier enthält, die man unter Umständen für noch nicht ablegereife oder ablegereife Eier halten kann. Allerdings hat FONTENELE (1948) in einem Teich, dessen Wasserspiegel gesenkt wurde, eine Laichgrube gefunden, in der sich zusammen mit Kiesel-, Lehm- und Humuserde sowie kleinen Stücken von Wasserpflanzenwurzeln „eine große Menge kürzlich ausgefallener Larven, Eier am Rande der Entwicklung und in Entwicklung begriffene Eier befanden“. Da diese Beobachtung keinen Zweifel zuläßt, wird man daraus folgern müssen, daß das *Arapaima*-Weibchen seine Eier in mehreren, sicherlich schnell hintereinander folgenden Schüben in die Laichgrube abgibt. Während der Laichbewachung wurde kein einziger großer Fisch in der Nähe des bewachenden Männchens gesehen; wohl aber sah ich mehrere Male einige kleinere Fische — es handelte sich höchstwahrscheinlich um *Ctenobrycon hauxwellianus* (COPE) — die vom Weibchen übersehen oder wegen ihrer Kleinheit nicht beachtet wurden, auf das Männchen zuschwimmen. Als diese Fische dem Laichplatz auf etwa $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ m nahe gekommen waren, wurden sie jedesmal durch ein energisches Vorschießen des Männchens verjagt, aber niemals gefressen. Ich habe dieses laichbewachende Männchen insgesamt 4 Tage lang beobachtet, mußte diese Beobachtung dann aber für einige Tage abbrechen. Während

dieser Zeit habe ich niemals deutlich gesehen, daß sich das Männchen zum Boden wandte, um dort etwas — eventuell die Eier — aufzunehmen. Das stimmt auch mit Beobachtungen von FONTENELE (1948) überein, der angibt: „Ganz im Gegensatz zu dem, was man erwartete, wurde bei dieser Gattung das Ausbrüten im Maul nicht beobachtet.“

Die Paichefischer am Rio Pacaya berichteten mir, daß der laichbewachende *A. gigas* unter Umständen den Laich mit dem Maul aufnimmt und ihn dann in eine andere Grube umbettet, wenn der Fisch beunruhigt wird oder wenn dort die Wassertemperatur stark ansteigt. Ich habe das am Caño Yarina nicht gesehen, erwähne aber diese Aussage, damit bei weiteren Untersuchungen hierauf besonders geachtet wird.

Als ich gut eine Woche später nachmittags wieder in die Stillwasserbucht kam, traf ich das Männchen mit einem Pulk kleiner Larven an, die gerade noch die letzten Spuren des Dottersachs aufwiesen. Das Männchen war mit seinem vielköpfigen Pulk nur wenige Meter von der bisherigen Aufenthaltsstelle entfernt; das Weibchen hielt sich wiederum 10—20 m abseits von seinem Männchen und dem Pulk auf. *Zu den abgelegten Eiern und den sehr jungen Nachkommen ist also das Männchen der stärker gebundene Partner*; es bewacht Eier und Jungfischpulk unmittelbar neben bzw. über sich, während das Weibchen größere Fische aus der weiteren Umgebung vertreibt. Hier irrt HASEMANN (zitiert nach GUDGER 1943), wenn er schreibt: “The young are proteced by the mother for some time after they leave the aggs . . . and swim generally over their head.” Nach FONTENELE (1948) kamen in Teichen geschlüpfte *Arapaima*-Larven am 7.—8. Tage nach dem Ausfallen aus den Eiern an die Wasseroberfläche; sie sind dann zwischen 17—18 mm lang. Bei den von mir in der Bucht des Caño Yarina nach einer Woche Beobachtungsunterbrechung vorgefundenen *Arapaima*-Nachkommen handelte es sich ebenfalls um Larven von 18 mm Länge; ihr Ausschlüpfen mußte auf Grund der Größe und des Resorptionszustandes des Dottersacks 7—8 Tage zurückliegen. Sie waren also unmittelbar nach meiner Beobachtungsunterbrechung geschlüpft. *Diese 7—8 Tage alten Larven hatten sich schon vollständig zu dem charakteristischen eng begrenzten Jungfischpulk geschlossen*, der unter normalen Umständen von keinem Einzeltier verlassen wird. Die Einzeltiere ordnen sich *immer dicht über dem Kopf des Männchens an der Grenze zwischen dem dunklen Kopf und dem teefarbenen Wasser* (mit leichter Grünkomponente) an¹.

¹ Dieses bei kleinen Larven von *A. gigas* zu beobachtende recht feste Einhalten einer bestimmten Distanz zum Kopf bzw. Vorderkörper des Vaters weist indirekt darauf hin, daß diese Fischart wahrscheinlich keine Maulbrüterphase besitzt. Wir wissen von den Cichliden, daß Substratbrüter experimentell in vielen Fällen ihre Attrappe, die einen Elternkörper darstellt, bis zu einer bestimmten Distanz anschwimmen, während Maulbrüter diese Attrappe immer wieder bis zum direkten Kontakt anschwimmen.

E. Die larvalen und postlarvalen Stadien des *Arapaima gigas* und das Verhalten der Jungfische im Pulk und zu den bewachenden Eltern; die Zapote Cocha als Laichbiotop

Wie schon erwähnt, waren Ende November 1959 in der Zapote Cocha eine ganze Reihe von Jungfisch-Pulks des *Arapaima gigas* von verschiedenem Alter und verschiedener Größe vorhanden. Wenn ein solcher Pulk immer wieder neu geschlossen zur Wasseroberfläche kommt, um atmosphärische Luft aufzunehmen, kann man unter Leitung eines Paiche-Fischers, der das leichte Kanu sehr geschickt dirigiert, verhältnismäßig einfach immer wieder neu die juvenilen *Arapaima* mit dem Kescher unverletzt fangen. Auf diese Weise erhielt ich reichlich Material, um die larvale und postlarvale Entwicklung des *A. gigas* genau verfolgen zu können. Die kleinsten Larven, die ich in der Zapote Cocha fangen konnte, waren Tierchen, die nach dem Schlüpfen gerade eben ins freie Wasser hochgestiegen waren und sich zu ihrem Pulk zusammengeschlossen hatten. Sie entsprachen also den Larven in der Stillwasserbucht des Caño Yarina, als ich dort nach einer Woche Unterbrechung die Beobachtung wieder aufnahm.

Abb. 14a—g. Larven und Jungfische des *Arapaima gigas*. a 8 Tage alte Larve des *A. gigas* von 18 mm Länge. Dottersack (*RD*) nur noch in Resten vorhanden und bereits stark in die Darmregion eingezogen. Larvaler Flossensaum noch deutlich vorhanden. In den unpaaren Flossen in Bildung begriffene Flossenstrahlen. Rücken- und Afterflosse durch eine Brücke des larvalen Flossensaumes noch direkt mit der Schwanzflosse verbunden. *GBa* Gewebsknospen als erstes Anzeichen der Bauchflossen; *KBr* winzige, in Bildung begriffene Brustflossen; *A* After

b Blick schräg von vorn auf den Ober- (*OK*) und Unterkiefer (*UK*) einer *A. gigas*-Larve von 18 mm Länge bei halbgeöffnetem Maul zur Demonstration der noch funktionslosen Kopfsekretionsfelder auf dem Unterkiefer. *Z* Zunge (linear ungefähr dreimal größer als a)

c 9 Tage alte Larve von 18,6 mm Länge. Am Vorderkörper hinter dem Operculum schimmern die letzten Reste des Dottersacks hell durch die Körperseiten. Larvaler Flossensaum gegenüber a etwas reduziert (bes. am Übergang von der Afterflosse zur Schwanzflosse; s. den Pfeil unten), dafür ist die Bildung der Flossenstrahlen in den unpaaren Flossen weiter fortgeschritten. Die Bauchflossen (*KBa*) sind immer noch wenig differenziert und winzig klein. *A* After

d 13—14 Tage alte Larve von 21,4 mm Länge. Der larvale Flossensaum ist noch weiter reduziert, aber vor der Dorsalen immer noch als ganz schwacher First vorhanden (s. den Pfeil oben). Die Schwanzflosse ist nun fast vollständig von der Rücken- und Afterflosse getrennt. Die Brustflossen (*Br*) sind jetzt klar in einen Basalteil und einen Flossenstrahlenbereich gesondert, während bei den Bauchflossen (*Ba*) die Flossenstrahlen eben aus den Gewebsknospen hervorzuwachsen beginnen. Beachte die Reihe von Kopfsekretionsfeldern an der Unterkieferseite. *A* After

e 19 Tage alter Jungfisch von 33,6 mm Länge (erstes postlarvales Stadium). Der larvale Flossensaum ist restlos geschwunden; die Schwanzflosse ist deutlich von der Rücken- und Afterflosse getrennt. Die Bauchflossen (*Ba*) sind fertig ausgebildet, d. h. ihre Flossenstrahlen sind vollständig und deutlich zu erkennen. Die Brustflossen sind nun nicht mehr breitgerundet, sondern in ihrer Längsrichtung deutlich schmaler als breit. *A* After.

f 20 Tage alter Jungfisch von 34 mm Länge noch weitgehend dem Stadium E entsprechend. Beachte hier die besonders deutlich sichtbaren Kopfsekretionsfelder am Unterkiefer. *Ba* Bauchflossen; *A* After

g Um 25 Tage alter Jungfisch von 4,23 mm Länge. Die (jetzt gleichmäßig gerundeten) unpaaren Flossen und die paarigen Flossen sind jetzt gut ausgebildet. *Ba* Bauchflossen; *A* After. (Alle Photos u. Zeichnungen nach kons. Exemplaren, die Ende Nov. u. Anfang Dez. 1959 in der Zapote Cocha mit dem Kescher gefangen wurden)

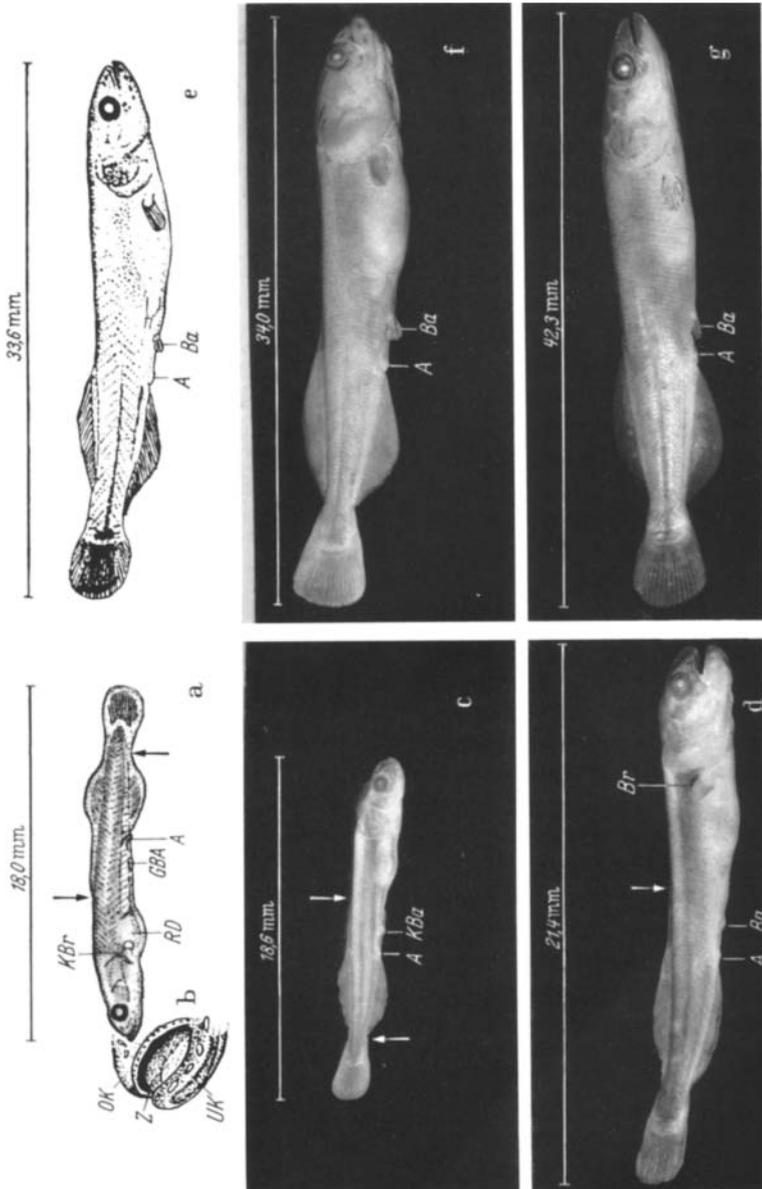


Abb. 14 a—g

Diese Larven, die — wie erwähnt — 18 mm lang und 8 Tage alt sind (Abb. 14a), haben schon die gestreckte Gestalt älterer Tiere. Den schon sehr stark resorbierten Dottersack (*RD*) erkennt man als nur

noch schwache Auftreibung unter der Vorderdarmregion. Die Dottersubstanz schimmert dort bei lebenden Larven kompakt gelblich durch die zarte Bauchdecke. Der Enddarm mit dem After (*A*) ist schon ausgebildet.

Der larvale Flossensaum ist noch gut vorhanden. Auf dem Rücken beginnt er ziemlich in der Mitte zwischen der Kopfspitze und der Schwanzregion. Diese Ansatzstelle liegt also noch sehr weit vorn (s. den oberen Pfeil in Abb. 14 a). Der dorsale Teil des Flossensaumes zieht dann auf einer etwa 10 mm langen Strecke als ganz schmaler First nach hinten. In diesem schmalen First entstehen keine Flossenstrahlen. Es folgt dann weiter nach hinten auf diesen sehr schmalen First ein beträchtlich höheres Saumstück, das die in Bildung begriffene Rückenflosse darstellt, denn in ihrem Zentrum sind bereits einige Flossenstrahlen ausgebildet. Dieses schon breite Stück geht nun durch einen außerordentlich schmalen, aber deutlich erkennbaren Saumteil direkt — d. h. also ohne Saumunterbrechung — in die Schwanzflosse über, die zwar schon ziemlich die definitive Form aufweist, in deren Zentrum ebenfalls aber erst einige wenige Flossenstrahlen in Bildung sind. Hinten ventral am Larvenkörper zieht der larvale Flossensaum wiederum in Form eines außerordentlich schmalen, aber deutlich erkennbaren Saumteiles direkt — d. h. also ebenfalls ohne Saumunterbrechung (s. den unteren Pfeil in Abb. 14 a) — nach vorn in die verbreiterte in Bildung begriffene Afterflosse. In ihrem Zentrum sind ebenfalls einige Flossenstrahlen in Bildung. Die paarigen Flossen bei diesen 8 Tage alten und 18 mm langen Larven stehen noch auf einem sehr unvollständigem Stadium. Auf jeder Körperseite hinter dem Operculum sieht man einen kleinen Gewebshöcker mit einem distalen lappenförmigen Segel noch gänzlich ohne Flossenstrahlen. Diese Bildungen sind die in Entstehung begriffenen Brustflossen. Kurz vor dem After findet sich rechts und links von der ventralen Medianlinie ebenfalls je ein kleiner Gewebshöcker — jedoch noch völlig ohne Saum —, die die noch ganz undifferenzierten und winzigen Bauchflossen darstellen. Die Pigmentierung dieser kleinsten Larven ist noch ziemlich uneinheitlich. Bei konservierten, in Alkohol aufbewahrten Exemplaren weisen die dorsalen Partien des Kopfes besonders über dem Gehirn (Lichtschutz bei diesen oft an die voll besonnte Wasseroberfläche kommenden Larven!), und der Rücken in Form eines breiten Bandes eine dichte schwarzbraune Pigmentierung auf. Nach den Seiten zu folgt auf dem Rumpf eine streifenförmig nach hinten ziehende Zone schwacher Pigmentierung. Dieser Streifen sieht schmutzig grauweiß aus. Auf diesen helleren Streifen folgt an den Körperseiten wiederum ein breites Band stärkerer Pigmentierung (schwarzbraun), das sich dann ventral in den helleren (viel schwächer pigmentierten) Bauchpartien verliert. Am Kopf sind neben den stärker

pigmentierten Partien über dem Gehirn auch die Oberkiefer- und Nasenregion (die Region des Prämaxillare — Maxillare) und die Unterkieferregion (Region des Dentale) besonders stark pigmentiert. Das Auge ist in seinem äußerlich sichtbaren Teilen (Cornea, Iris, Pupille usw.) klar gesondert; sicherlich ist es im wesentlichen bereits funktionsfähig. Aus der erwähnten Tatsache, daß diese kleinen 8 Tage alten Larven in ihrem Pulk bereits regelmäßig und — wie gezeigt worden ist — sogar sehr häufig zum Atmen zur Wasseroberfläche steigen, ergibt sich, *daß die Umgestaltung der Schwimmblase zu einem Luftatmungsorgan stattgefunden hat und abgeschlossen ist.* An einer von mir lebend isolierten und in einer wassergefüllten Plastikwanne gehaltenen kleinsten Larve beobachtete ich in einem Falle das Nichtaufnehmen atmosphärischer Luft vom Wasserspiegel dreimal so lang wie normal (normalerweise: alle 4—7 min; in diesem Falle Hochkommen erst nach 17 min). Das ist ein Hinweis, daß die Kiemenatmung bei diesen kleinsten Larven neben der Veratmung atmosphärischer Luft unter Umständen noch gut funktioniert.

Ich habe leider versäumt zu prüfen, ob diese kleinsten Tiere in gut mit Sauerstoff versorgtem Wasser allein mit der Kiemenatmung auskommen, wenn man sie dazu zwingt, indem man ihnen experimentell die Wasseroberfläche absperrt.

Bei diesen kleinsten Larven findet man *bereits* an den Seiten des Unterkiefers mehrere hintereinanderliegende *Kopfsekretionsfelder*, Felder, die für die adulten *A. gigas* so typisch sind und deutlich hervortreten. Bei günstiger Lage der konservierten Larve unter der Binokularlupe sieht man zwar deutlich die Begrenzungslinien dieser Felder (Abb. 16 b, UK), aber man kann auch feststellen, daß die Ränder der Felder hier noch nicht etwas über die Epidermis angehoben sind, wie das bei den adulten und vor allem geschlechtsreifen Tieren meist der Fall ist. Ganz im Gegenteil, die Kopfsekretionsfelder liegen sowohl bei diesen Larven wie auch bei den älteren kleinen Jungfischen eher etwas in die Epidermis gesenkt. Daher wird man annehmen dürfen, daß diese *Kopfsekretionsfelder bei Larven und Jungfischen* zwar vorhanden (zuerst wie gesagt am Unterkiefer), aber *noch nicht sehr stark Sekrete aussondern.*

Bei 9 Tage alten und 18,6 mm langen Larven (Abb. 14 c) ist die Brustpartie durch die letzten Reste des Dottersacks nur noch ganz schwach nach außen vorgewölbt. Die Dottersubstanz als solche ist jetzt bei lebenden Larven nur noch durch ihr gelblich-weißliches, bei konservierten Larven hellweißliches Durchschimmern durch die zarten Brustdeckenseiten im Umriß undeutlich zu erkennen. Der larvale Flossensaum ist stärker reduziert, aber besonders vor der Dorsalen, deren Flossenstrahlen sich vermehrt haben, und hinter der Analen (s. Abb. 14 c, die Pfeile oben und unten) immer noch gut zu erkennen. Auch die Pigmentierung entspricht noch derjenigen bei den 8 Tage

alten, 18 mm langen Larven. Desgleichen sind die paarigen Flossen hier noch unvollständig und winzig. Die sehr starke Beweglichkeit der schlanken Larven in der Körperlängsachse gleicht die recht späte Ausbildung der Brustflossen funktionell aus. Bei 13—14 Tage alten und 21,4 mm langen Larven (Abb. 14 d) ist der larvale Flossensaum noch stärker reduziert, so daß er vor der Dorsalen gerade eben als sehr schmal gewordener First zu erkennen ist, während die Trennung der Analen von der Caudalen unmittelbar bevorsteht. Es ist nämlich ventral nur noch ein ganz außerordentlich feiner Firstrest zwischen diesen beiden Flossen vorhanden. Die Brustflossenausbildung geht zügig voran: Deutlich kann man einen kompakten Basalteil und einen schmalen Saum erkennen, in welchem die Flossenstrahlbildung fortschreitet. Bei 19 Tage alten und 33,6 mm langen Jungfischen (Abb. 14 e), Tieren, die man als im ersten postlarvalen Stadium stehend bezeichnen kann, ist der larvale Flossensaum restlos geschwunden. Die Brustflossen sind gut ausgebildet, nämlich mit schlanken gestreckten Flossenstrahlen (Weichstrahlen) versehen, so daß die ganze Flosse jetzt länger als breit ist. Nur die Bauchflossen sind im Verhältnis zu den übrigen Körperproportionen noch klein und schwach.

Der Rücken ist bei lebenden Jungfischen jetzt intensiver tief schwarzblau und weniger schwarzbraun. Der stark dunklen Färbung des Rückens kommt sicher eine Schutzfunktion gegenüber der starken Lichteinstrahlung im flachen Wasser zu. Dieser Schutz ist um so wichtiger, je zarter und kleiner die Jungfische sind. Bei 20 Tage alten und älteren Jungfischen von über 34 mm bzw. 35 mm Länge (Abb. 14 f, g) werden auch die Bauchflossen stärker und robuster.

Bei Jungfischen von über 40 mm Länge, die mehr als 22—23 Tage alt sind, sind alle Flossen voll ausgebildet; die langgezogen ansetzenden Dorsalen und die Anale sind peripher gleichmäßig gerundet, und die Afterflosse liegt dem Schwanzstiel minimal stärker genähert als die Rückenflosse.

In der Veröffentlichung von SCHULTZ (1962) ist auf S. 197, wahrscheinlich durch ein Versehen bei der Drucklegung, ein falsches Bild eingesetzt worden. Auf keinen Fall handelt es sich bei der betreffenden Abbildung um einen Jungfisch von *Arapaima gigas*, sondern um die Abbildung von einem Erythriniden, wahrscheinlich um ein Exemplar von *Hoplias malabaricus* (BLOCH).

Nachdem — wie erwähnt — die 7—8 Tage alten Larven aus der Laichgrube ins freie Wasser aufgestiegen sind und sich zu einem Pulk geschlossen haben, ordnet sich dieser Pulk über dem Kopf des Männchens an. Bei den in erster Zeit meist recht geringfügigen Ortsveränderung des Männchens — später, d. h. wenn die Larven bzw. Jungfische älter geworden sind, zieht das Männchen und der Pulk (dieser dann in

einem weiteren Abstand) in einem bestimmten Bereich umher — folgt der über dem Kopf angeordnete Pulk dem bewachenden Vater in ständigem, kurzen Abstand von wenigen Dezimetern über dem Kopf. Aus dem „Familienschwarm“, besser „Vaterschwarm“, der dem Vater eng folgt (angeborene Vorliebe der kleinen Larven für die Farbe schwarz bzw. schwarzblau = Färbung der dorsalen Partien des Vorderkopfes), wird sukzessiv der zügig dahinziehende Schwarm untereinander gleichwertiger Individuen = kleiner Jungfische. Etwas im Grundschema ganz ähnliches beobachtete man bei dem Cichliden *Cichlasoma biocellatum* (LINNAEUS) (KÜHME 1962). In den ersten Tagen also steht der Vater dabei ziemlich nah unter dem Wasserspiegel, so daß die kleinen Larven bei ihrer häufigen Luftaufnahme immer nur ein kurzes Stück bis zum Wasserspiegel zurückzulegen haben. Grob verallgemeinernd kann man sagen: *Je jünger die Nachkommen des A. gigas sind, um so inniger, d. h. in der Entfernung kürzer, ist der „Kontakt“ mit dem bewachenden Männchen.* Der „Kontakt“ der Larven mit ihrem Bewacher scheint zur Tageszeit anfänglich, d. h. solange die kleinen Larven sich noch verhältnismäßig nah über dem Kopf des Männchens aufhalten, vornehmlich optisch gegeben zu sein: wahrscheinlich sind die kleinen Larven im Oberflächenwasser auf jenen scharfen, auch von oben deutlich sichtbaren Helligkeitskontrast eingestellt, der an der Grenze der sehr dunklen dorsalen Vorderkopfpartigen des bewachenden Männchens mit dem hellgrünen Wasser gegeben ist. Dieser Kontrast ist nämlich auch in sehr stark mit Phytoplankton beladenem Wasser deutlich, weil die Schwebe- teilehen in ihrer Gesamtheit hier so dicht unter der Oberfläche von Licht voll angestrahlt werden und das Wasser von oben fast immer hellgrün erscheint. Wenn nun das Männchen zur Luftaufnahme schnell an die Wasseroberfläche steigt, weicht der Pulk zum Teil aktiv aus, zum Teil wird er durch den entstehenden Wasserstau auch seitlich weggedrückt. Beim Absinken des Männchens unmittelbar nach der Luftaufnahme wird dann der Pulk zum Teil durch die Turbulenz passiv über den Kopf des Elterntieres wieder zurückgezogen, zum Teil ordnet er sich aber auch von sich aus neu über dem Kopf des Männchens an, indem der Pulk sich nach dem Helligkeitskontrast zwischen Wasser und Kopf- rand orientiert. Diesen Eindruck gewann ich jedenfalls nach vielen Einzelbeobachtungen an dem erwähnten Männchen und seinem Larven- pulk in der Bucht des Caño Yarina. Der dorsal sehr dunkle Vorderkopf in seiner scharfen gerundeten Begrenzung wirkt wahrscheinlich als Eltern- schatten, den die Larven anschwimmen, und dieses Aufsuchen des Elternschattens ist eine Verhaltensweise, die sich phylogenetisch ver- mutlich aus der primär vorhanden gewesenen Deckungssuche ableitet. Wahrscheinlich ist es allein die Farbe Schwarz (bzw. Schwarzblau), verstärkt durch den Kontrast zum umgebenden diffusen hellgrünen

Wasser, und weniger die Kontur des gerundeten Oberkiefers oder gar die Konturen auf dem *Arapaima*-Kopf, die die Larven aktiv anzieht. Dabei wird die *langsame* Bewegung des schwarzblauen Vorderkopfes reaktionsverstärkend wirken (Verstärkung durch optomotorische Gegebenheiten), während *starke* Bewegung des Kopfes (z. B. Hochsteigen des Vaters zum Atmen) eine kurzfristige Fluchtreaktion auslöst.

Wenn man das zuerst sehr intensive Bewachen durch die Elterntiere über Tage hinweg beobachtet, gewinnt man die Überzeugung, daß diese Tiere während dieser Zeit kaum fressen, ja, es scheint sogar so, als wenn ganz allgemein bei den geschlechtsreifen Tieren schon in der Vorlaichzeit das Nahrungsbedürfnis reduziert ist. Beim Ausschachten der großen, frisch harpunierten *A. gigas* in der Vorlaichzeit fand ich neben Tieren, die die unverkennbaren Hautknochenplatten von Loricariden im Darm aufwiesen, immer wieder Exemplare, die auffallend wenig oder überhaupt keinen Nahrungsbrei im Verdauungstrakt aufwiesen. Ein 214,5 cm langes Männchen, das wir in der Zapote Cocha von seinen schon ziemlich großen Jungen weggefangen haben, hatte nur ein Gewicht von 70 kg, während mehrere andere Tiere von 213—214 cm Länge, die keine Nachkommen hatten, Wochen vorher 90—99 kg wogen.

In diesem Zusammenhang ist eine Bemerkung von FONTENELE (1948) wichtig, der für teichgehaltete *A. gigas* bemerkt: „Nachdem die Pirarucú, welche in Gefangenschaft leben, die Länge von 1,70 m erreicht haben, ernähren sie sich wenig und besitzen große Reserven von einer fetthaltigen Substanz.“ Bei den Elterntieren des *Arapaima gigas*, die kleine schutzbedürftige Larven führen, ist der Bewachungstrieb stark auf Kosten des Nahrungsbedürfnisses gesteigert. Ich sagte schon, daß die großen Fische sehr energisch größere Unterwassertiere, vornehmlich andere größere Fische, aus der Nähe des Pulkts vertreiben. Ich habe auf der Zapote Cocha mehrfach erlebt, daß unser Kanu bei der Annäherung an einen Pulk von den bewachenden Eltern von unten her angestoßen wurde. Ob es sich einem so großen Körper gegenüber allerdings um einen zielstrebigem Angriff handelte oder nur, was ich eher vermute, um ein zufälliges Anstoßen bei den in diesem Augenblick sehr erregten und heftig umherschwimmenden Elternfischen, sei dahingestellt. Ich halte es auch für unwahrscheinlich, daß ein laichbewachendes *Arapaima*-Pärchen ein ins Wasser gehendes größeres Säugetier (z. B. einen Tapir, *Tapirus terrestris*) zielstrebig angreift, wovon SCHULTZ (1962) spricht. Bei dem bewachenden Männchen in der Bucht des Caño Yarina beobachtete ich nie ein Unruhigwerden, wenn ich mich langsam im Kanu dem larvenbewachenden Fisch näherte; aber dieses Tier war auch sehr behutsam über mehrere Tage hinweg an meine Anwesenheit gewöhnt worden. Dennoch konnte ich an diesem Tier sehr schön beobachten, zu welchem besonders eleganten und schnellen Vorschießen diese

gestreckte Fischart plötzlich aus dem Stand heraus fähig ist (Abb. 15). Während der Zeit der Bewachung der Laichgrube sieht man Männchen und Weibchen oft nahe beieinander (Abb. 15 a u. b), später aber ist — wie gesagt — das Pärchen etwas getrennt, indem das Weibchen in einigem Abstand vom larvenführenden Männchen die Bewachung der Umgebung übernimmt. Das Männchen schießt plötzlich aus dem Stand vor, wenn es die Jungen bedroht fühlt, und zwar dreht es sich oft zuerst im Gegen-sinne des Uhrzeigers um seine Längsachse (Abb. 15 c₁ u. c₂), biegt den Hinterkörper etwas nach rechts ein, schlägt dann unter gleichzeitiger Drehung des Körpers in der Längsachse im Sinne des Uhrzeigers mit dem Schwanz nach links und schließt dadurch blitzschnell nach vorn vor (Abb. 15 c₃). Der Fisch kann aber auch bei einer wirklichen oder vermuteten Störung fast aus der Geraden heraus blitzschnell nach vorn vorprellen (Abb. 15 d₁—d₃), um einen Eindringling am Laichplatz zu vertreiben.

Ogleich bei den 7—8 Tage alten Larven noch letzte Spuren des Dottersacks vorhanden sind, beginnen sie doch schon zu fressen. Aus den zarten hinteren Teilen des Darmes von 8—10 Tage alten Tieren, die frisch abgetötet waren, holte ich mit der Präpariernadel einen schmutzig grünschleimigen Nahrungsbrei heraus. Es handelte sich dabei um Phytoplanktonorganismen mit Bestandteilen von Zooplankton. Die ins Oberflächenwasser gestiegenen, atmosphärische Luft veratmenden und über dem Kopf des Männchens orientierten kleinen Larven fressen also bereits selbständig feine und mittelgrobe Planktonorganismen. Immer wieder ist behauptet worden, daß die *Arapaima*-Larven und Jungfische sich von den Sekretstoffen ernähren, die bei den adulten Tieren aus den Rändern der Kopfsekretionsfelder heraustreten. So sagt SCHULTZ (1962): „Die Fischer wissen zu berichten, daß sich die Jungfische aus Drüsen, die sich am Kopf der Eltern befinden sollen, mit einer Art „Milch“ ernähren. Sie behaupten sogar, daß diese in der ersten Lebenszeit die einzige Nahrung sei.“ Auch die Paiche-Fischer am Rio Pacaya sprachen mir gegenüber wiederholt von der „leche“ (Milch) des *Arapaima*. Da bei dem Cichliden *Symphysodon discus* HECKEL etwas ähnliches auftritt, nämlich eine anfängliche Ernährung der Brut durch die Schleimhaut der Elterntiere, und daher eine Ernährung durch Kopfsekrete bei *A. gigas* nicht unbedingt unwahrscheinlich ist, habe ich das Verhalten der kleinen heranwachsenden Larven gegenüber dem Vatertier in der Stillwasserbucht am unteren Rio Pacaya in diesem speziellen Punkt besonders genau beobachtet. Ich habe während einer ganzen Reihe von Tagen diese Beobachtung durchgeführt und *niemals festgestellt, daß sich die Larven direkt an den Kopfsekretionsfeldern zu schaffen machen*. Ich halte die Angabe, daß die *Arapaima*-Larven sich von den Kopfsekreten ganz [ANCIETA (1948) zitiert nach SANCHEZ (1961) fand viele

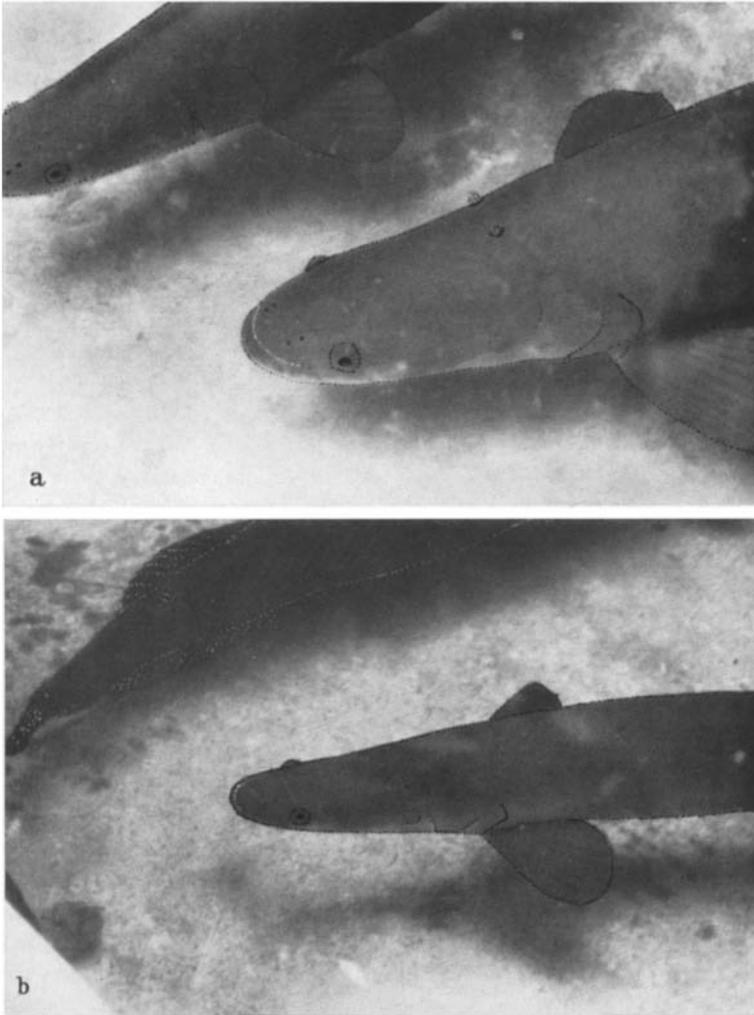


Abb. 15 a u. b. Eierbewachendes Pärchen von *Arapaima gigas* unmittelbar unter dem Wasserspiegel in transparentem Wasser einer Stillwasserbucht am Caño Yarina (unterer Rio Pacaya) Mitte November 1959

Ciliaten in diesem Sekret] oder auch zeitweilig ernähren, für eine immer wiederholte Mär der Pirarucú- und Paichefischer.

Auf Grund der Tatsache, daß die kleinen Larven bereits sehr früh die winzigen Organismen des freien Wassers verzehren und die Sekrete der Kopfsekretionsfelder sicherlich keine Nahrung für sie darstellen, widerspreche ich SANCHEZ (1961), der sagt, daß man die jungen *A. gigas* erst bei einer Größe von 8—10 cm (30—40 Tage alt) von den Eltern trennen

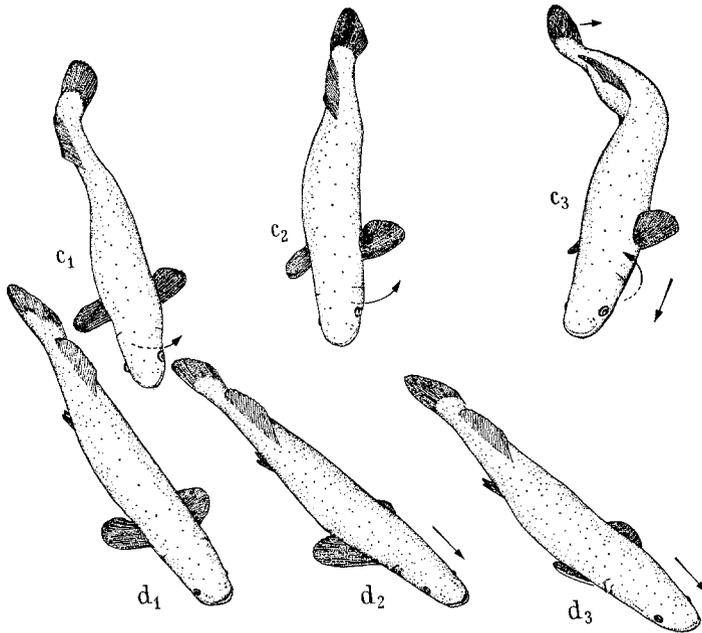


Abb. 15. c_1 — c_3 Vorschießen des eierbewachenden Männchens aus dem Stand heraus bei Annäherung kleinerer Fische, die als Störenfriede vertrieben werden (nähere Einzelheiten s. im Text). d_1 — d_3 Vorschießen desselben Exemplares fast aus der Geraden heraus zur Abwehr kleiner Fische.

und in Fischteichen aufziehen könne, falls er damit ausdrücken will, daß sie aus Nahrungsgründen vorher ohne die Eltern nicht existieren können. FONTENELE (1948) schreibt (in wörtlicher Übersetzung): „Im Leben der Larven gibt es keine Säugephase¹; die Larven können gleich nach der Ausbrütung künstlich aufgezogen werden.“

Sie können aufgezogen werden, so meine ich, bei einem Vollbetrieb in Teichen, die für die ersten Tage einen gewissen Gehalt an Mikroorganismen (Phytoplankton und Zooplankton) haben müssen, mit Fischfleisch, das allerdings zuerst sehr fein zerfasert sein muß. Bei einem *Teilbetrieb*, der in Freiheit gezeugte junge *A. gigas* in Teichen heranziehen will, wird SANCHEZ recht haben, wenn er fordert, daß man nur Jungtiere in der Größe nicht unter 8—10 cm Länge fangen und einsetzen soll. Kleinere Tiere können sich zwar selbständig ernähren, aber sie sind wahrscheinlich viel zu labil für einen Fang mit dem Kescher (der nicht schwierig ist) und für einen unter Umständen mehrere Tage dauernden Lebendtransport in großen Kannen zu den Teichen.

Wenn auch die Sekrete der Kopfsekretionsfelder der adulten *A. gigas* keine Nahrung für die Jungtiere darstellen, so halte ich sie jedoch für alles andere als bedeutungslos; ich möchte mich aber — wie schon weiter oben gesagt — erst im nächsten Kapitel damit ausführlich befassen.

¹ Gemeint ist eine Ernährung durch die Sekrete der Kopfsekretionsfelder.

Wie gesagt, war die kleine Bucht am Caño Yarina die einzige Stelle, an der ich im ganzen kilometerlangen Caño in der Laichzeit 1959 ein einzelnes laichbewachendes *Arapaima*-Pärchen antraf. Das Wasser dort war trotz der Transparenz nicht völlig frei an Planktonorganismen; ihre Entwicklung war dort wahrscheinlich eben gerade so stark, daß die kleinen Larven und Jungfische die erste Zeit überstehen konnten¹, bis sie größere Nahrung aufzunehmen imstande waren. Die aber beispielsweise im Vergleich zur extrem eutrophen Zapote Cocha jedoch sehr starke Armut an Planktonorganismen ist wahrscheinlich einer der Gründe dafür, daß im November 1959 überhaupt keine weiteren jungführenden *Arapaima* im Caño Yarina angetroffen werden konnten, während zur gleichen Zeit die nur 80 ha große Zapote Cocha allein 11 eindeutig nachgewiesene Jungfischpuls beherbergte.

An der Außenstation der Pesqueria am unteren Rio Pacaya habe ich Ende des Monats November 1959 etwa 100 *Arapaima*-Larven, die zu einem einzigen Pulk gehörten, in der Zapote Cocha unverletzt gefangen, um an ihnen einige einfache Experimente auszuführen, wie sie mir dort unter den begrenzten Bedingungen und der begrenzten Arbeitsweise möglich waren. Es sollten an diesen Larven einige Reaktionen auf Licht, Erschütterungen und Turbulenzen geprüft werden. Am 25. 11., nachmittags, kamen die Larven 4 Std nach dem Fang in einen 5 cm mit sauberem Flußwasser gefüllten durchsichtigen und quadratischen Plastikkasten von 40 cm Seitenlänge.

Die Tiere wurden bis zur Dunkelheit in Ruhe gelassen. Sie waren sehr agil und schwammen, solange noch Tageslicht da war, im ganzen Gefäßbereich umher; die Hauptmasse zwar mehr oder weniger zusammen; es kam aber in dem sehr begrenzten Aufenthaltsbereich kein so dicht geschlossener Pulk zustande, wie er bei ihnen vor dem Fang in der Freiheit beobachtet wurde. Die Tiere schwammen unter ganz auffälligen und lebhaften zuckenden Bewegungen des hinteren Körperdrittels und leicht pendelndem Kopf (wie man es auch bei anderen schlanken Fischlarven sieht) hin und her. Alle 4—7 min nahmen sie atmosphärische Luft auf.

Nach Einbruch der Dunkelheit wurden die Reaktionen auf Licht geprüft.

1. Die eine Ecke des Gefäßes wurde in kurzer Entfernung über dem Wasser mit einer Taschenlampe *intensiv* angestrahlt.

Dabei wird die Taschenlampe so gehalten und zentriert, daß der nicht angestrahlte Teil des Gefäßes sehr stark im Lichtschatten liegt. In den ersten 2—3 sec schwimmt die Mehrzahl der Larven gegen das belichtete Feld; dann aber flieht die Mehrzahl der Larven aus dem intensiv belichteten Feld in den dunklen Gefäßteil.

¹ Würde diese Fischart tatsächlich in den ersten Lebenstagen wenigstens zusätzlich eine Sekreternahrung benötigen, wären gerade diese Larven in dem planktonarmen Wasser ganz besonders notwendig auf diese Sekretahrung angewiesen, und die Tierchen hätten das Verhalten des Zupfens an den Sekretfeldrändern gezeigt!

Ergebnis: Gegenüber einem intensiven gerichteten Licht sind die Larven negativ heliotropisch (Deckungssuche). Dieses Verhalten haben sie mit vielen anderen Fischlarven gemein.

2. Eine Petromaxlampe wurde 9 m entfernt vom Plastikkasten in einer Seite an der Decke des Arbeitsraumes aufgestellt.

Das Gefäß ist nun insgesamt *schwach* beleuchtet, aber dennoch an der der Lampe zugekehrten Seite ein wenig stärker (absolut genommen aber auch hier schwaches, diffuses Licht). Die Mehrzahl der Fische schwimmt in die etwas stärker mit diffusum Licht versehene (der entfernt stehenden Lampe zugewandten) Gefäßseite und hält sich dort auf.

3. Das Experiment wird geringfügig abgewandelt, indem die Petromaxlampe um 3 m näher an das Gefäß gestellt wird.

Die Larven halten sich auch jetzt in dem stärker belichteten (das aber höchstens als *mittelstark* beleuchtet bezeichnet werden kann) Gefäßteil auf.

Ergebnis: Die Larven sind gegenüber diffusen, von oben einfallenden schwachen bis mittelstarken Licht positiv heliotropisch.

Dieses Verhalten ist ebenfalls biologisch sinnvoll. Der positive Heliotropismus der Larven ist einer der Faktoren, der dafür sorgt, daß die Larven zur Tageszeit, wo ein diffuses Licht von oben in das phytoplanktonhaltige Wasser (wie z. B. in der Zapote Cocha — beachte nochmal die Farbbildung auf S. B 31 unten in LÜLING 1961a) eindringt, im Oberflächenwasser (über dem Kopf des Vaters) „festgehalten“ werden.

Taucht der Vater langsam und nicht abrupt nach unten, dann folgen die Larven nach unten: in diesem Augenblick überwiegt bei einer nicht zu starken Bewegung des dunklen Vaterkopfes das „Kontaktbedürfnis“ zu der dunklen Kopfkontur des Vaters über das Streben zum diffusen Licht nach oben. Dagegen wird bei einer starken, plötzlichen Bewegung des Vaterkopfes nach unten, d. h. bei einem schnellen Wegtauchen des Vaters ein Fluchtreflex ausgelöst; die Larven des Pulks schießen seitlich davon.

BAERENDS fand (zit. nach KÜHME 1962), daß bei dem maulbrütenden Cichliden *Tilapia natalensis* M. WEB. eine sehr heftig bewegte Attrappe bei den Jungfischen eine Flucht auslöste, während bei Cichliden langsame Bewegungen der Elterntiere sehr oft die Folgebewegungen der kleinen Jungen verstärken.

4. Kurzes Beschatten des von oben diffus und mittelstark beleuchteten Plastikkastens unter strikter Vermeidung von Erschütterung, Geräusch oder Turbulenz.

Das von oben diffus einfallende Licht wird für einen kurzen Augenblick durch Vorhalten eines Pappdeckels abgefangen (wird mehrfach wiederholt). Das plötzliche und kurzfristige Schattengeben löst keine Reaktion bei den Larven aus.

Ergebnis: Die Larven sind gegenüber plötzlich von oben auftretenden Schatten, die ohne Erschütterungen, Geräusche oder gar Turbulenzen im Wasser auftreten (z. B. ein Schatten durch einen ziemlich geräusch- und erschütterungslos anfliegenden frischfressenden Feind aus dem Luftraum) weitgehend reaktionslos.

Die Reaktionslosigkeit gegenüber Schatten aus der Luft bedeutet für die kleinen Larven hier keinen schwerwiegenden Nachteil. Gewiß würde ein promptes Reagieren, d. h. Wegschießen in die sichere Wassertiefe, auch für diese Fischart von Vorteil sein, weil dann manche lufttholenden Larven dem Zugriff eines fischfressenden Vogels entgehen würden; da sich aber in der amazonischen Fischwelt dank des ungeheueren Fischreichtums dieser Distrikte kein auf bestimmte Fischarten spezialisierter Fischjäger herausgebildet hat (die Fischfresser nehmen ohne Spezialisierung wahllos alle für sie portionstüchtigen Fische auf, wobei sie natürlich auf dem Höhepunkt der Niedrigwasserzeit in austrocknenden Senken über ein besonders reiches Nahrungsangebot verfügen, s. HAGMANN 1907/08) und es vor allen Dingen auch keinen gefiederten Fischjäger gibt, der sich auf ein zielstrebiges Folgen der *Arapaima*-Jungfischpulks im Oberflächenwasser spezialisiert hat, hält sich auch bei dieser Fischart die Zehrung durch Feinde aus der Vogelwelt in mäßigen Grenzen, eine mäßige Zehrung, der ganz sicher kein erhaltungsnegativer Wert zukommt. Da die Larven und Jungfische des *A. gigas* meist im freien, 1—3 m tiefen Wasser umherschwimmen, sich dem Gestrüppsaum und den Schwingwiesen der Gewässer zwar nähern, sich aber auch ebensoschnell wieder von diesen Rändern entfernen und dann für längere Zeit im Abstand bleiben, fällt praktisch schon aus diesem Grunde das große Heer der amazonischen Reiher, die am Ufersaum stehend den Kleinfischen auflauern, als Feind der *Arapaima*-Larven aus. In den von mir beobachteten Gegenden ist es vornehmlich die Breitschnabelseeschwalbe *Phaetusa simplex* (GMELIN), die für sehr juvenile *A. gigas* in gewissem Umfang als Feind in Frage kommt. Ich habe mehrere *Phaetusa simplex* zu verschiedenen Zeiten an der Zapote Cocha beobachtet und stellte fest, daß dieser Vogel bei seinem häufigen Überfliegen des Sees den dortigen *Arapaima*-Jungfischpulk nicht etwa zielstrebig folgt, aber in der Lage ist, eine *Arapaima*-Larve ohne Mühe aufzunehmen, wenn er gerade zufällig stoßgünstig über einen luftaufnehmenden Larvenpulk hinwegfliegt. Er versucht nicht etwa sich an diesem Pulk zu „halten“, sondern fliegt gewöhnlich nach dem Aufnehmen eines einzelnen Fisches aus dem Pulk erst einmal zügig weiter (Abb. 43). Bei einem kleinen See — wie der Zapote Cocha, wo sich auf dem Höhepunkt der Laichzeit in verhältnismäßig engen Raum mehrere Jungfischpulks aufhalten — kann die Zehrung stärker werden. Bei einer Breitschnabelseeschwalbe, die ich Ende November 1959 über der Zapote Cocha schoß, fand ich im Schlund immerhin sechs sehr juvenile *A. gigas*.

Fischarten, die ausgesprochen am Ufersaum leben (z. B. manche *Pyrrhulina*-Arten) und vor allen Dingen mehr oder weniger amphibisch lebende Fische am Ufersaum sind dagegen durch aus der Luft, vom Ufer oder Ästen angreifende Vögel viel gefährdeter; für sie ist es direkt lebensnotwendig, ganz prompt und schnell auf Schatten zu reagieren. Das konnte ich auf der Hinreise nach Peru sehr deutlich bei dem auf dem Ebbeschlamm von Buenaventura (Kolumbien) sehr zahlreich lebenden *Bathygobius soporator* (CUV. et VAL.) beobachten. Die amphibisch auf dem zähen Schlamm lebenden Grundeln entflohen blitzschnell vor jedem Schatten in ihre Schlammröhren und Löcher, neben denen sie zur Ebbezeit frei und unverdeckt sitzen. Erschütterungen festzustellen, haben sie praktisch dann kaum eine Gelegenheit, da der Schlamm keine Erschütterungen fortpflanzt. Dieser Nachteil muß durch ein besonders promptes Reagieren auf Schatten kompensiert werden.

Auch *Gobiesox sanguineus* (MÜLLER u. TROSCHEL), der auf Feldbrocken am Brandungssaum der Küste Mittelperus lebt, scheint äußerst empfindlich auf Schatten zu reagieren. Erschütterungen gegenüber wird er wahrscheinlich recht unempfindlich sein, da er durch den immerwährenden donnernden Wogenprall ständig in Erschütterungen und Vibrationen eingeschlossen ist.

1. Der Plastikkasten mit den Larven wird einer plötzlichen Erschütterung ausgesetzt.

Es wird, nachdem das Gefäß mit mittelstarken diffusen Licht von oben beleuchtet ist, plötzlich kurz ein Fingerknöchelschlag auf die Tischplatte gegeben (wird mehrere Male in nicht zu kurzem Abstand wiederholt).

Ergebnis: Alle Larven reagieren jedesmal prompt und heftig auf die Erschütterung, indem sie aus dem Pulk äußerst schnell nach allen Seiten und immer nach oben hin zum Wasserspiegel auseinanderschließen.

2. Das Experiment wird geringfügig abgewandelt, indem eine Gefäßseite etwas stärker beleuchtet wird.

Dieses wird wieder durch Anwendung einer Petromaxlampe mit gerichtetem Licht erreicht. Es wird, ehe der Pulk sich durch seinen positiven Heliotropismus im etwas stärker belichteten Feld angesammelt hat, nochmal durch einen Fingerknöchelschlag eine plötzliche Erschütterung verursacht.

Ergebnis: Alle Larven reagieren wiederum prompt und heftig auf die Erschütterung, jedoch schießt die Mehrzahl aus ihrem Pulk seitlich ins stärker belichtete Feld fächerförmig auseinander zum Wasserspiegel.

3. Es wird gewartet, bis die Mehrzahl der Larven durch ihren positiven Heliotropismus sich im stärker belichteten Feld aufhält.

In diesem Augenblick wird wiederum durch einen neuen Fingerknöchelschlag eine plötzliche Erschütterung verursacht (wird mehrere Male in nicht zu kurzem Abstand wiederholt).

Ergebnis: Alle Larven reagieren wiederum prompt und heftig auf die Erschütterung; schießen blitzschnell im stärker belichteten Feld aus ihrem Pulk nach allen Seiten nach oben zum Wasserspiegel.

4. Im Wasser des Plastikkastens wird an einer Seite eine Turbulenz erzeugt.

Es wird, nachdem das Gefäß mit mittelstarken diffusen Licht von oben beleuchtet ist, in der linken hinteren Gefäßecke durch kurzes Eintauchen eines schnell vibrierenden Zuckerlöffels eine Turbulenz erzeugt (es wird nur so schwach vibriert, daß ein Schwanken des ganzen Wasserkörpers vermieden wird).

Ergebnis: Der ganze Pulk schießt prompt von der Turbulenzstelle weg, indem die einzelnen Larven heftig und schnell nach oben zum Wasserspiegel auseinanderstreben.

Die prompte Reaktion der *Arapaima*-Larven auf Erschütterungen und Turbulenzen kann ich immer wieder beobachten. Sie ist eine der stärksten Reaktionen: selbst als einige Tage später die Larven kurz vor ihrem Tode bereits schwimmunfähig am Boden des Plastikgefäßes liegen, kann ich sie noch zu einem kurzen Hochschießen bewegen, wenn ich plötzlich in 1—2 m Abstand mit dem Fingerknöchel auf die Tischplatte klopfe!

Das Auseinanderschließen der Mitglieder des Pulks in entgegengesetzter Richtung von der Turbulenzstelle ist sinnvoll insofern, als eine plötzlich auftretende Turbulenz im Stillwasser in den meisten Fällen

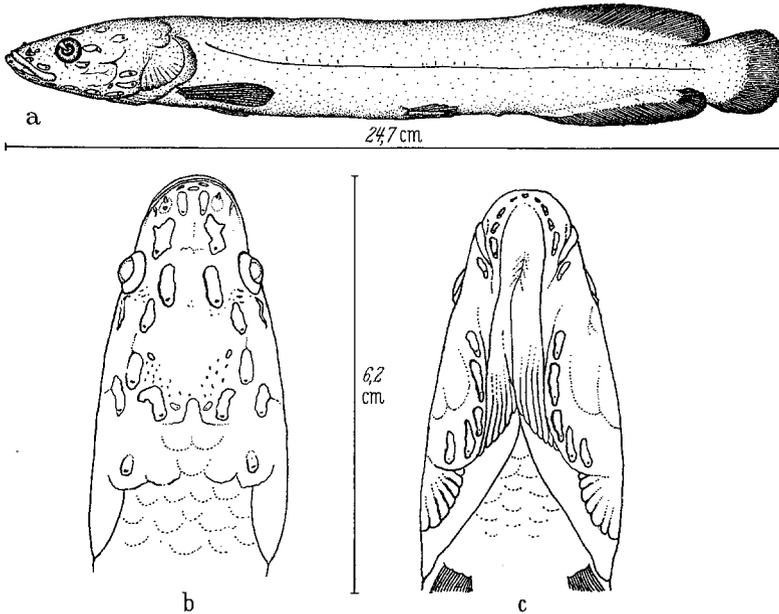


Abb. 16a—c. Um 5 Monate alter *Arapaima gigas* von 24,7 cm Totallänge und 59 g Gewicht zur Demonstration der Seitenlinie und der Kopfsekretionsfelder (a Sicht auf die linke Körperseite; b Sicht auf die Dorsalseite des Kopfes; c Sicht auf die Ventralseite des Kopfes), im Altersstadium, bei dem sich der Jungfischpulk aufgelöst hat bzw. in Auflösung begriffen ist. Die sehr vollständige Seitenlinie zeigt an jeder Seite nach dorsal hin kurze, komma-förmige Querkanaelchen (bei diesem Exemplar wurden auf jeder Seite 16 kurze Querkanaelchen gezählt). Die Kopfsekretionsfelder sind sehr deutlich begrenzt, heben sich aber noch nicht stark aus der Epidermis hervor (Sekretion weit schwächer als bei adulten Tieren), sind in ihrer Begrenzung nach hinten noch einheitlich gerundet und verfügen meist nur über eine große Pore (vgl. die Abb. 25—27, 29 u. 33 a u. b)

den Angriff eines Raubfisches bedeutet, und das Auseinanderschließen bedeutet somit das Überleben der Mehrzahl der Mitglieder des Pulk. Das ist eine alltägliche Erscheinung bei Schwarmfischen, die keiner weiteren Erörterung bedarf. Das Wegschießen nach oben zum Wasserspiegel (zum Licht) ist ebenfalls biologisch sehr sinnvoll. Die Larven halten sich vornehmlich im Flachwasser und zwar nahe der Oberfläche auf. In den Schichten unter der Oberfläche jagt zumeist in Rudeln der *Arapaima*-Verwandte *Osteoglossum bicirrhosum*, dessen Biotop sich sehr stark mit dem Laich- und zum Teil auch mit dem allgemeinen Biotop von *Arapaima gigas* deckt. Diese Fischart ist daher auch an vielen Stellen der Hauptfeind für juvenile *A. gigas*. Während sehr kleine *Osteoglossum* sehr gern Anflugnahrung direkt vom Wasserspiegel nehmen, greifen die großen, fischfressenden *Osteoglossum* mit ihrer charakteristischen schräggestellten Maulspalte (s. LÜLING 1961a, S. B 31, Abb. links oben) ihre Beutefische meist von der Seite oder von vorn in derselben Höhe, in der sie zum Angriff ansetzen; sie scheuen Beute zu fangen, die

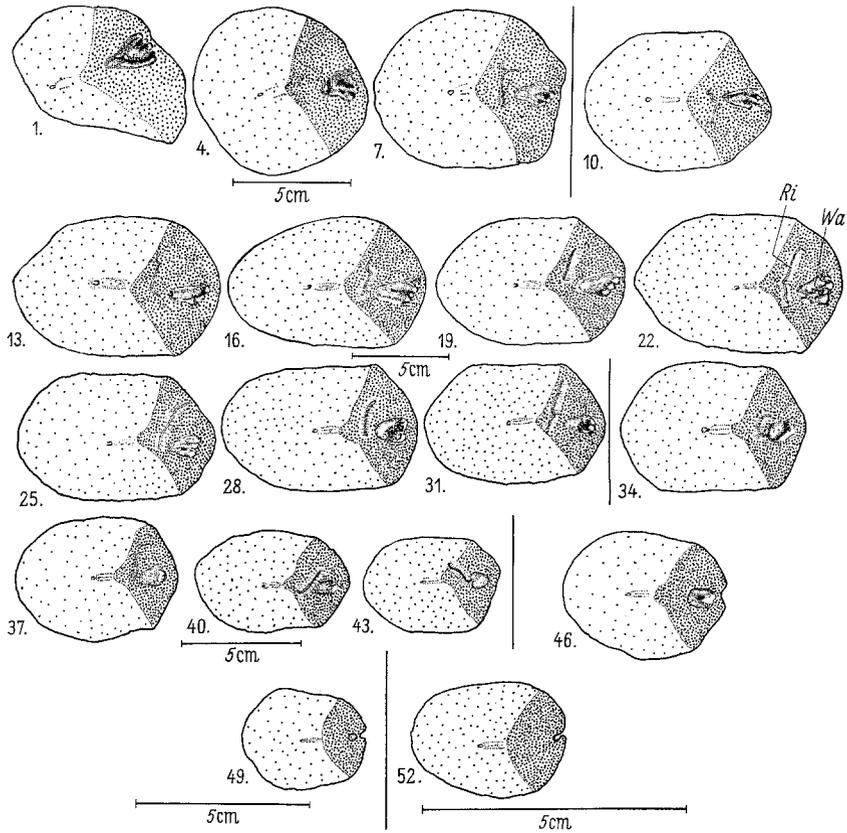


Abb. 17. Morphologie der Seitenlinie eines adulten *Arapaima gigas* von 73 kg Gewicht (δ) aus dem Caño Yarina dargestellt auf jeder 3. Seitenlinienschuppe vom Kopf bis zum Schwanzstiel. Die letzten 20 Schuppen sind weggelassen, da von der 52. Schuppe ab auf dem freien (pigmentierten) Teil der Schuppen keine makroskopisch sichtbaren Bildungen mehr vorhanden sind (typische Felderung des nichtpigmentierten Teiles der Schuppen und Relief der pigmentierten Schuppenteile nicht ausgezeichnet). *Wa* Wanne; *Ri* zur Wanne quergestellte Rinne (beide Bildungen mit homogenem Schleim gefüllt)

unmittelbar an den Wasserspiegel geflüchtet ist. Auch manche anderen Raubfische schnappen in der gleichen Weise ihre Beute, manchmal auch schräg nach unten, aber sie zielen weniger auf Beute, die sich direkt an den Wasserspiegel drückt. Die prompten Reaktionen der juvenilen *Arapaima gigas* auf Erschütterungen und Turbulenzen setzen ein sehr funktionstüchtiges Perzeptionsorgan (bzw. Perzeptionsorgane) voraus. Die Seitenlinie, der die Kopfsekretionsfelder mit ihrer Innervierung durch Äste des Trigemini, Facialis und Glossopharyngeus zugeordnet werden müssen, ist das Perzeptionsorgan für diese Reize. Die Seitenlinie ist bei dieser Fischart morphologisch sehr vollständig ausgebildet. Bei kleinen Larven (s. hier nochmal Abb. 14d) wie auch bei heran-

wachsenden Jungfischen vor oder kurze Zeit nach der Auflösung des Pulks (Abb. 16) ist sie zusammen mit den Kopfsekretionsfeldern mit der Lupe deutlich zu sehen. Bei den großen adulten Tieren zeigt jede Seitenlinienschuppe auf ihrem freien Teil eine deutlich begrenzte, nach hinten hin verbreiterte Wanne, vor der — außer bei den ersten Schuppen direkt hinter dem Kopf und den letzten am Schwanzstiel — eine zu dieser Wanne quergestellte Rille verläuft (Abb. 17, 18). Diese Wannen und Rillen sind mit homogenen Schleim ausgefüllt.

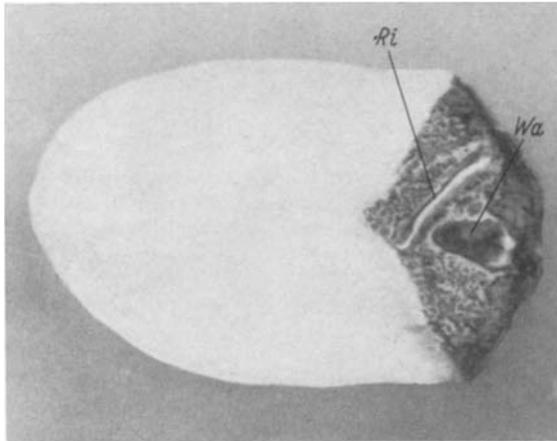


Abb. 18. Die 30. Seitenlinienschuppe desselben *Arapaima*-Exemplares wie in Abb. 17 im photographischen Bild. *Wa* Wanne; *Ri* Rinne

Der Zusammenhalt der Jungfische im Pulk (man denke auch an die schnellen Reaktionen des ganzen Pulks bei den Richtungsänderungen) wird im phytoplanktonüberladenen und sichtungünstigen Wasser wahrscheinlich weniger optisch gesteuert als vielmehr durch dieses sehr feine Empfindungsvermögen gegenüber den im Pulk erzeugten Turbulenzen. Die im Gegensatz zu den adulten Tieren noch nicht stark sekretierenden Kopfsekretionsfelder der Jungfische werden ebenso wie die Seitenlinie Erschütterungen und Turbulenzen sehr fein orten können; es ist das wahrscheinlich ihre primäre Funktion. WUNDER (1927) konnte durch Ausschaltungsexperimente nachweisen, daß der Hecht, *Esox lucius* LINNÆUS, durch die bei dieser Art grubenförmigen Kopforgane und durch die Seitenlinie Strömungen und Erschütterungen wahrnimmt.

In den Tagen vom 23.—25. 11. 59 habe ich die einzelnen Jungfischpulks des *Arapaima gigas* in der 80 ha großen Zapote Cocha in dieser Zeit kurz nach dem Höhepunkt der Laichperiode eingehend in bezug auf ihre Schwimmbahnen und Aufenthaltsbereiche beobachtet. Man kann

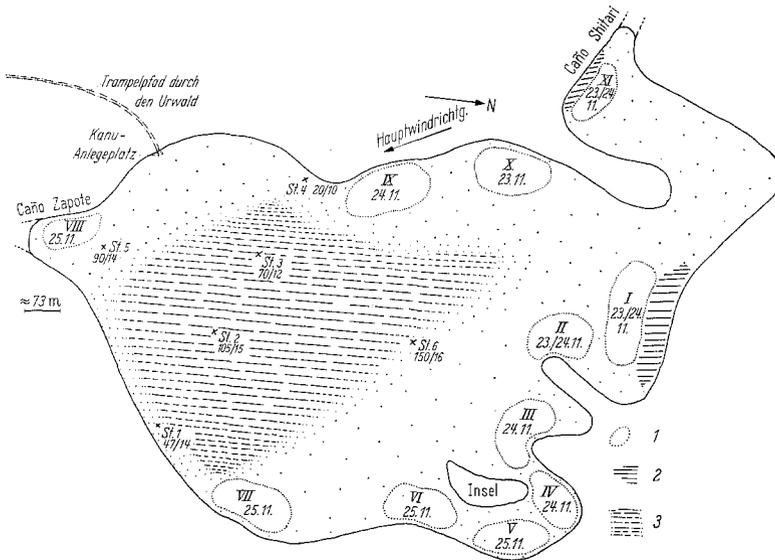


Abb. 19. Die Zapote Cocha (unterer Rio Pacaya) kurz nach dem Höhepunkt der Laichperiode des *Arapaima gigas* mit den verschiedenen Jungfischpulks (I—XI), deren Schwimmbereiche in der Zeit vom 23.—25. 11. 59 eingehend beobachtet wurden. St. 1—6 Untersuchungsstationen auf Wassertiefe (die Zahl vor dem Schrägstrich in Zentimeter) und Sichtigkeit (die Zahl hinter dem Schrägstrich in Zentimeter). 1 Ungefährer Schwimmbereich der einzelnen Jungfischpulk während der Hauptbeobachtungstage vom 23.—25. 11. 59; 2 Schwingwiesen; 3 Areal, das vom Wind am stärksten bestrichen wird (d. h. Wasseroberfläche hier meist leicht gekräuselt)

zwar in dem grünen Wasser dieses Flachsees [maximale Tiefe im November d. h. kurz vor Beginn des steigenden Wassers nur stark 1,50 m; s. Abb. 19 Station 6 — zur Zeit des stärksten Hochwassers kann hier im Zentrum des Sees nach SANCHEZ (1961) die Wassertiefe bis zu 5 m betragen] die juvenilen Fische nicht ständig sehen (Sichtigkeit des Wassers nur 10—16 cm¹; s. Abb. 19, St. 1—6), aber sie kommen ja jeden Augenblick zum Luftholen hoch, und man kann dadurch die Aufenthaltsbereiche der einzelnen Pulks und ihre Grenzen nach kurzer Zeit des Einsehens sehr gut feststellen (Abb. 19, Pulk I—XI), zumal auch die zahlreichen Blasen, die die Fischchen beim Luftholen auf dem Wasserspiegel erzeugen, in diesem phytoplanktonüberladenen Wasser kurze Zeit stehen bleiben (Abb. 20).

In diesem Stillwasser der Zapote Cocha mit ihrem zähen Schlammboden mit einer dünnen Detritusschicht darüber lebt in zahlreichen Exemplaren der amazonische Süßwasserrochen *Potamotrygon hystrix* (MÜLLER et HENLE) (Abb. 21). Diese Rochen entlassen bei ihrem Gleiten über den Schlammboden und vor allem bei ihrem Durchschmecken des

¹ Geprüft durch Eintauchen einer weißen Secchi-Scheibe von 30 cm Durchmesser.



Abb. 20. Aufenthaltsbereich eines Jungfischpulks (es handelt sich um Pulk VII — s. Abb.19) in der Zapote Cocha mit den typischen Bläschen, die beim Luftholen erzeugt werden und in diesem phytoplanktonüberladenen Wasser einige Zeit an der Oberfläche stehen bleiben. Im Hintergrund das überhängende Ufergestrüpp. Im Vordergrund rechts der griffbereite Kescher am Rand des Kanus, mit dem die juvenilen *Arapaima gigas* ohne Schwierigkeiten gefangen werden konnten. (Die Aufnahme ist in einer frühen Morgenstunde gemacht worden; man gewinnt auch hier indirekt einen gewissen Eindruck von dem hohen Feuchtigkeitsgrad der Luft unmittelbar über dem Wasser)

feinen Detritus in bestimmten Abständen kurze Reihen von Gärungsgasen in Form von Blasen zur Wasseroberfläche. Diese Blasen bleiben ebenfalls an dieser durch die starke Phytoplanktonbildung erzeugte Spannung am Wasserspiegel kurze Zeit stehen; sie sind aber anders zueinander angeordnet (mehr reihenförmig) als die von den juvenilen *A. gigas* erzeugten Blasen (vgl. Abb. 20 mit der Farbabb. auf S. B 31 unten in LÜLING 1961a), so daß für einen geübten Beobachter das Bild der Schwimmbahnen der einzelnen *Arapaima*-Jungfischpulk nicht verwischt wird.

Wenn der ganze Pulk geschlossen zur Wasseroberfläche steigt und dort Luft aufnimmt, hört es sich an, als wenn eine Batterie von Sprudelflaschen ziemlich gleichmäßig geöffnet würde. In der Zapote Cocha hatten an normalen Tagen, d. h. an Tagen mit sehr schwachen bis höchstens mittelstarken Wind, die von ihren Eltern begleiteten Jungfischpulk (einige waren um 25—36 Tage alt) ganz bestimmte Aufenthaltsbereiche,



Abb. 21. *Potamotrygon hystrix* aus der Zapote Cocha

die in Abb. 19 dargestellt sind. Ich konnte feststellen, daß diese Schwimmbereiche in dem recht beschränkten See etwa eine Breitenausdehnung (Breitenausdehnung ziemlich parallel zur Uferlinie) von 140—170 m hatten und alle in Ufernähe lagen; sei es kurz vor Schwimwiesen (Abb. 22) oder vor dem überhängenden Ufergezweig (Abb. 20).

Ich trachtete danach, möglichst von jedem Jungfischpulk einige Fische zu fangen, ohne den ganzen Pulk allzusehr zu belästigen. Das war, wie gesagt, vom Kanu aus mit einem großen Kescher ohne besondere Schwierigkeiten möglich. Vom bewachenden Vater des Pulks II wurde das eintauchende Netz zweimal kurz angegriffen; vom Vater des Pulks I nur einmal und dann allerdings nicht mehr (s. Abb. 22).

Sehr auffällig und besonders bemerkenswert ist die Lage dieser Aufenthaltsbereiche zum Windeinfall, von dem die Stärke der Wellenbewegung an den verschiedenen Stellen der Seeoberfläche abhängig ist. Wie schon SANCHEZ (1961) mitteilt, streicht während der Niedrigwasserzeit fast täglich ein meist nicht starker, aber beständiger Nordwind über die Cocha; das konnte ich auch im November 1959 fast täglich feststellen. Die beständige Windrichtung, die Morphologie dieser Cocha mit ihrem hohen, sie völlig umschließenden Urwald und der dadurch gegebene Windeinfall auf den See sorgt dafür, daß weite Teile des Sees sehr stark im Windschatten liegen und eine fast spiegelglatte oder nur ganz wenig gekräuselte Wasseroberfläche haben; aber ein Areal dieses Sees zwischen den Stationen 4, 6, 1 und 5 (Abb. 19) wird von dem



Abb. 22. Turbulenzstelle, die vom stark erregten Vater im Aufenthaltsbereich des Jungfischpulkus I erzeugt wurde, unmittelbar nachdem mit dem Kescher einige Jungfische gefangen wurden. Im Hintergrund die Schwingwiese (vgl. Abb. 19, Aufenthaltsbereich I)

beständigen Wind voll erreicht und hat an der Oberfläche eine relativ stärkere Wellenbewegung (Abb. 23). *In diesem Areal mit der relativ stärkeren Wellenbewegung beobachtete ich keinen einzigen Jungfischpulk.* Ich halte das nicht für Zufall. Die jeden Augenblick an der Wasseroberfläche Luft aufnehmenden kleinen Jungfische könnten hier nur mit weit größerem Energieaufwand ihre Schwimmblase mit Atemluft füllen. Das ist sicher der Grund für das Meiden dieses Areals. Zieht eines der schweren Wärmegewitter, die für Amazonien so charakteristisch sind, über die Cocha, so ist damit — meist kurze Zeit schon vor Ankunft des Gewitters über der Cocha — ein starkes zum Teil sehr starkes Aufleben des Windes gegeben. Dann ist die ganze Wasseroberfläche stark bewegt. In solch einer Zeit, die meist aber schnell vorübergeht, sind auch die bewachenden *Arapaima* mit ihren Jungfischpulks stark gestört. Ich kann genaueres hierüber nicht angeben, aber es scheinen sich die einzelnen Pulks zum Teil beträchtlich gegeneinander zu verschieben. Lange dauert es aber nicht, bis die alten Aufenthaltsbereiche wieder eingenommen werden. *Das setzt einen sehr guten Kontakt zwischen dem*



Abb. 23. Die durch den ständigen Nordwind wellengekräuselte Wasseroberfläche der Zapote Cocha in der Nähe der Station I (vgl. Abb. 19)

Jungfischpulk und seinen Eltern voraus, der in dem grünen Cochawasser sicherlich nicht optisch gesteuert wird.

Trotz der Störungen, denen die einzelnen Pulks durch unseren Fang mit dem Kescher (den wir allerdings so schonend und schnell wie möglich ausführten) ausgesetzt waren, konnten wir weder je einmal einen Pulk auseinandersprengen, noch führte eines der Elterntiere seinen unter der Störung stehenden Pulk aus seinem Schwimmbereich weg in ein benachbartes Gebiet. SCHULTZ (1962) gibt an, daß das übriggebliebene Tier die Brut fortführt, wenn eines der Elterntiere getötet wurde. Wir haben an der Zapote Cocha so etwas niemals beobachtet. Die großen *Arapaima gigas* haben außer dem Menschen wenig Feinde. Es wird berichtet, daß der Jaguar, *Panthera onca* LINNAEUS, hin und wieder mit seinen Pranken einen herangewachsenen *Arapaima* aus flachem Wasser herausholt. McCORMICK (1949) schreibt: "McTURK reports having twice seen evidence that a jaguar had captured and eaten an arapaima."

In der Zapote Cocha habe ich mehrere Male die Eltern von ihrem Jungfischpulk harpunieren lassen und getötet, um festzustellen, wie sich der betreffende Pulk, der mehrere Wochen alt war (nicht kleine Larven, die ja, wie man gesehen hat, ganz eng an das Vatertier gebunden sind), ohne Eltern verhielt. SCHULTZ (1962) teilt mit: „Sind die Eltern vernichtet, setzt nach meinen Beobachtungen eine rasche Vernichtung der

Brut ein. Wie auf ein gegebenes Zeichen zerstreuen sich die zahlreichen Jungen. Hier schwimmen 20, dort 50, dort einzelne, während andere versuchen, im Schwarm zusammenzuhalten. Aus der Luft stoßen schreiende Möven herab, die unfehlbar die durch ihre schwarze Färbung leicht erkennbaren Jungfische Stück für Stück fassen. Selbst aus der Tiefe wurden raubgierige Fische herangelockt, die es bei Lebzeiten der Eltern nie gewagt hätten, sich an den Jungen zu vergreifen. Nach etwa einer Stunde sind alle vernichtet.“ Ich kann auch in diesem Punkt SCHULTZ nicht beipflichten, denn ich habe eine derartig prompte Pulkvernichtung niemals beobachtet. Ohne Zweifel ist der Angriff von Raubfischen gegenüber einem verwaisten Pulk weit leichter als gegen einen bewachten Pulk (darin liegt ja der biologische Sinn der Brutbewachung!) — und der verwaiste Pulk steht somit unter einer höheren Vernichtungsrate — aber es ist wenig logisch anzunehmen, daß die Möven (wahrscheinlich ist *Phaetusa simplex* gemeint) einen verwaisten Pulk als Angriffsziel bevorzugen; das bietet keinen Vor- und Nachteil, denn dem schnellen Zugriff eines wendigen Vogels aus der Luft ist der bewachende Vater, auch wenn er noch so nah am Pulk steht (was nur bei kleinen Larven der Fall ist) niemals gewachsen. Was nach der Verwaisung eines *Arapaima*-Jungfischpulks eintritt, ist vielmehr folgendes: Die Tiere haben die „Bindung“ an ihre Eltern verloren. Das führt zur Erweiterung der Schwimmbahnen, d. h. der Pulk, der weitgehend zusammenbleibt¹, schwimmt in einem größeren Bereich umher. Er wird dann *nach und nach* in manchen Fällen sehr stark durch Raubfische gezehntet werden, in manchen Fällen sicher allmählich auch bis zur restlosen Vernichtung. In der Zapote Cocha sah ich diese Vergrößerung der Aufenthaltsbereiche der verwaisten Pulks mehrfach; ich sah den betreffenden Pulk mehrere Tage lang unstet umherschwimmen, und plötzlich war er restlos verschwunden. Es erschien mir sofort sehr wenig glaubhaft, daß die Mitglieder des Pulks, nachdem sie vorher tagelang beobachtet werden konnten, nun auf einmal *restlos* ein Opfer von Raubfischen geworden sein sollten.

Wir fingen dann andere benachbarte Pulks und fanden zu wiederholten Malen Jungfische in diesen Pulks, die eine ganz andere Größe — kleiner oder größer wie die Hauptmasse der Fische — aufwiesen. Die Größe war so deutlich verschieden, daß sie unmöglich die End-

¹ Das Kontaktbedürfnis der juvenilen *A. gigas* untereinander ist sehr stark. Selbst Jungfische, die aus verschiedenen Pulks stammen und die man in Transportkannen zusammengewürfelt zu Teichen gefahren hat, bilden nach Aussetzen im Teich einen Jungfischpulk (schon aus diesem Grund bezweifelte ich das momentane Auseinanderfallen eines Pulks nach Tötung der Eltern). Nur ein sehr krankes Tier (z. B. bei erheblichen Befall durch Hautparasiten), das schwer geschädigt ist, sondert sich als Einzelfisch ab (Beobachtungen von mir im Mai/Juni 1959 an den Paiche-Aufzuchtteichen an der Quisto Cocha bei Iquitos).

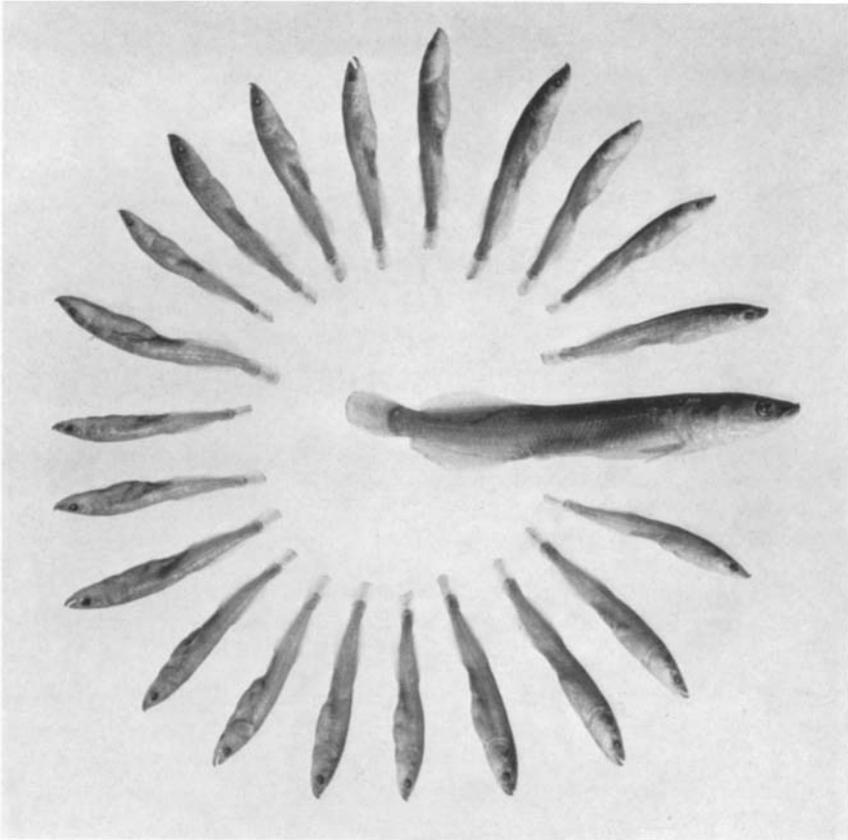


Abb. 24. 21 wahllos ausgesuchte juvenile *Arapaima gigas* (~ 25 Tage alt) aus Pulk VIII (vgl. Abb. 19) und ein Adoptivexemplar aus einem verwaisten Pulk, der in Pulk VIII aufgegangen ist. Man sieht, welche starke Größendifferenz unter Umständen zwischen den Adoptivexemplaren und den Exemplaren des Pulks, in den sie aufgegangen sind, existieren (Zapote Cocha, Ende November, Anfang Dezember 1959)

glieder der Variationsbreite des betreffenden Pulks sein konnten. Es ist dabei nämlich zu berücksichtigen, daß die Variationsbreite, was das Wachstum anbelangt, bei den Mitgliedern eines Pulks im allgemeinen sehr gering ist. *Ich neige sehr stark zu der Ansicht, daß diese sehr deutlich größeren oder kleineren Mitgliedern eines Pulks* (in 3 Fällen waren nur 5—6 „ausgefallene“ Größen in einem Pulk, in 2 weiteren Fällen aber eine ganze Serie) *Restangehörige eines verwaisten Pulks sind, die in dem nicht verwaisten Pulk aufgegangen sind*, auch wenn ich dieses sehr interessante Phänomen nach dem derzeitigen Stand meiner Beobachtungen nur indirekt beweisen kann. Durch die genau beobachtete Vergrößerung der Schwimmbahnen des Pulks nach dem Tode der Eltern kommt der

Pulk mehr oder weniger automatisch in den „Wirkbereich“ eines Nachbarpulks, und da die „Steuerung“ durch die Eltern fehlt, geht der verwaiste Restpulk in dem (allein schon der Anzahl nach) stärkeren Pulk auf. Das geht um so schneller, je schwächer der Zahl nach der verwaiste Pulk ist. Die neuen Adoptiveltern (die an der Adoption sicherlich nicht aktiv beteiligt sind, sondern das Aufgehen der Neuankömmlinge in ihrem Pulk nur passiv dulden) anerkennen den nun gemischten Pulk genau so wie vorher, d. h. sie bewachen ihn genau wie vorher. Wahrscheinlich darf der Größenunterschied nicht direkt unbegrenzt sein; zu große verwaiste Jungfische werden wahrscheinlich verjagt oder gefressen; wie groß die Differenz aber unter Umständen sein kann, zeigt Abb. 24. *Es bestehen also starke Hinweise, daß es bei *Arapaima gigas* unter Umständen Adoptivjunge gibt.* Es ist kein Zweifel, daß einem solchen Geschehen ein gewisser arterhaltender Wert zukommen würde.

Diesen Hinweisen sollte in Zukunft sorgfältig nachgegangen werden. Vielleicht ist der unumstößliche Nachweis durch Markierungsexperimente (z. B. durch Anschneiden von Flossenteilen) nicht allzu schwer zu führen; ich habe es 1959 leider versäumt, solche Markierungsexperimente zu versuchen.

F. Die Kopfsekretionsfelder, ihre Morphologie, ihre Histologie und ihre Bedeutung in der Laichzeit

Auf S. 471 u. 475 hatte ich bereits erwähnt, daß die Ränder der Kopfsekretionsfelder bei adulten und vor allem geschlechtsreifen Tieren sich über ihre Umgebung etwas hochwölben und stark Sekrete entlassen. Bei einem *Arapaima*-Kopf, den man in Formalin konserviert und anschließend in Alkohol aufbewahrt, treten die Ränder dieser Kopfsekretionsfelder besonders deutlich hervor (Abb. 25—27). Wenn man ein Vater- oder ein Muttertier von den Jungen wegfängt, dann sind bei einem solchen Exemplar auch vor der Konservierung die Kopfsekretionsfelder deutlich zu sehen (Abb. 28). Der harpunierte *Arapaima gigas* wird mit einer Hartholzkeule, sobald er ins Boot gezogen wird, durch einige Schläge auf den Kopf getötet. Bei Tieren, die von ihren Jungen weggefangen wurden, tritt dann sehr oft mit Blut untermischtes Sekret an den großen Kopfsekretionsfeldern hinter den Augen aus (Abb. 44), obgleich diese Stellen nicht von der Hartholzkeule getroffen wurden. Dieses Austreten von blutuntermischtem Sekret an den großen Kopfsekretionsfeldern zeigt an, wie stark die Sekretion dieser Organe bei adulten Tieren besonders während der Bewachungsperiode ist.

Im Augenblick des Sterbens der großen *A. gigas* unter den Keulenschlägen, kommt als letzte Reaktion des Tieres ein unüberhörbares Geräusch aus dem Maul des Fisches, das sich sehr genau wie ein Stöhnen anhört. Dieses Stöhnen hat mich am Rio Pacaya jedesmal tief beeindruckt; ich vermute, daß dieses Geräusch rein mechanisch erzeugt wird, wenn bei dem sterbenden Tier das letzte Quantum (oder ein Quantum) Luft gewaltsam aus der Schwimmblase ausgestoßen wird.

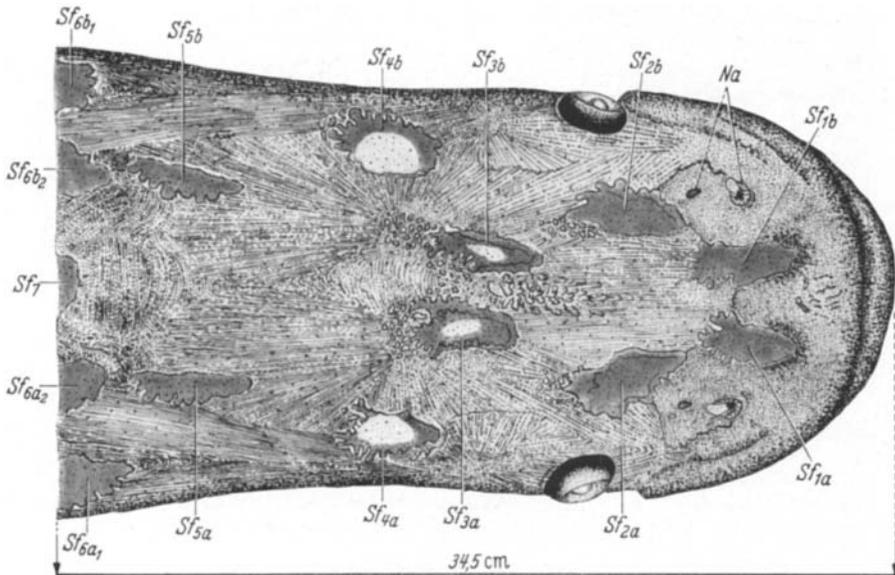


Abb. 25. Umrißgetreue Nachzeichnung (an Hand eines Photos) der Dorsalpartien des Kopfes eines hochgeschlechtsreifen (geurteilt nach dem Reifegrad des Ovarium — Eier ablegereif) *Arapaima gigas* ♀ von 2,18 m Totallänge zur Demonstration der Kopfsekretionsorgane auf der Dorsalseite des Kopfes und deren bilateralsymmetrische Anordnung. Das Exemplar wurde am 9. 9. 59 am unteren Rio Pacaya harpuniert; der Kopf wurde vom Rumpf getrennt, in Formalin konserviert und anschließend in Alkohol gegeben. *St 1a* bis *St 6a₂* (*St 6a₁*, *St 6a₂*) die einzelnen Kopfsekretionsfelder der rechten Dorsalseite des Kopfes; *St b—St 6b₁*, (*St 6b₂*) die entsprechenden Kopfsekretionsfelder der linken Dorsalseite des Kopfes; *St 7* ein unpaares Kopfsekretionsfeld auf der Medianlinie des Kopfes; *Na* Nase

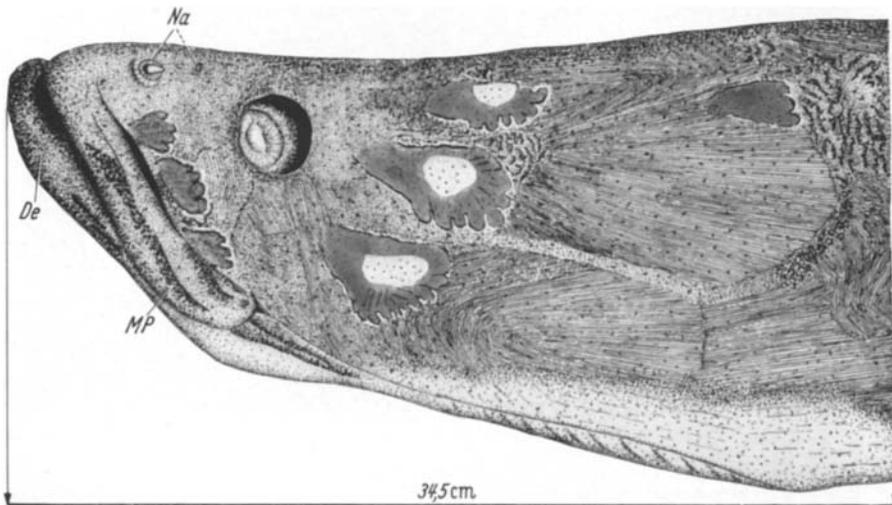


Abb. 26. Umrißgetreue Nachzeichnung der linken Kopfseite desselben Exemplares von Abb. 25 zur Demonstration der Kopfsekretionsorgane auf den Kopfseiten. *De* Dentale; *MP* Maxillare und Prämaxillare; *Na* Nase

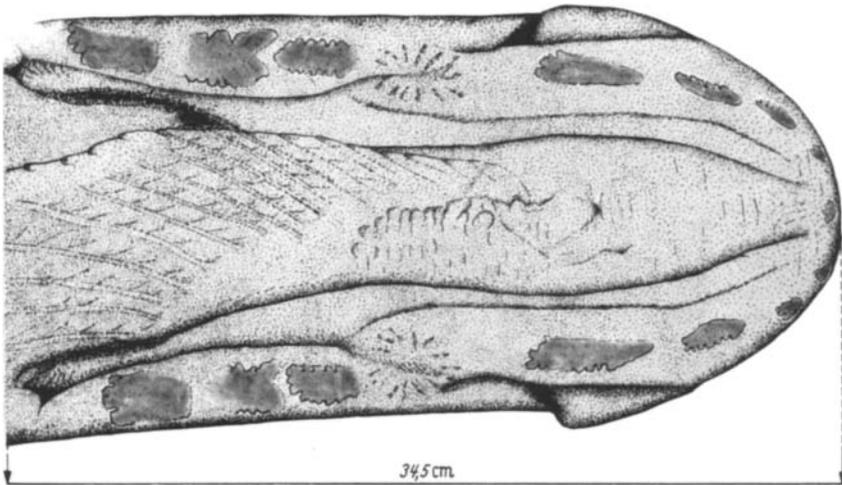


Abb. 27. Umrißgetreue Nachzeichnung der ventralen Kopfpartien desselben Exemplares von Abb. 25 zur Demonstration der Kopfsekretionsorgane an der Unterseite des Kopfes

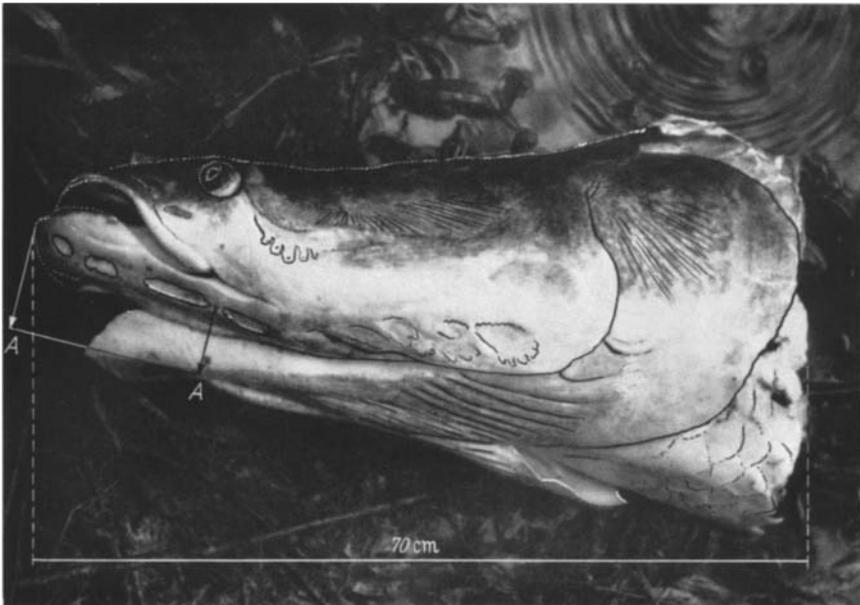


Abb. 28. Nicht konservierter, etwas nach unten gedrehter Kopf eines 2,30 m langen und 108 kg schweren *Arapaima gigas*-Männchens, das von seinem Jungfischpulk am 1. 12. 59 weggefangen (harpuniert) wurde. Die Kopfsekretionsorgane, die zur besseren Markierung zum Teil schwarzumrandet sind, standen bei diesem gerade vorher getöteten auf der Uferbank der Zapote Cocha liegenden Exemplar unter sehr starker Sekretion. A—A die ersten vier Sekretionsfelder auf dem seitlich ventralen Teil des Unterkiefers; dahinter weitere Sekretionsfelder (vgl. Abb. 27)

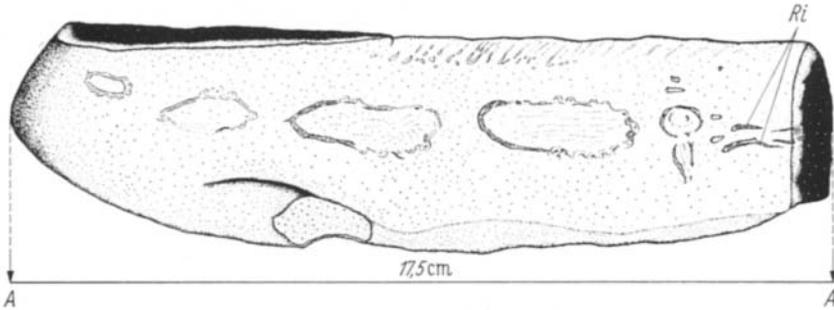


Abb. 29. Stück des linken Unterkiefers mit einigen Kopfsekretionsfeldern von einem *Arapaima gigas*-Weibchen, das von seinem Jungfischpulk am 1. 12. 59 weggefangen (harpuniert) wurde. Das Stück wurde in Bouin konserviert

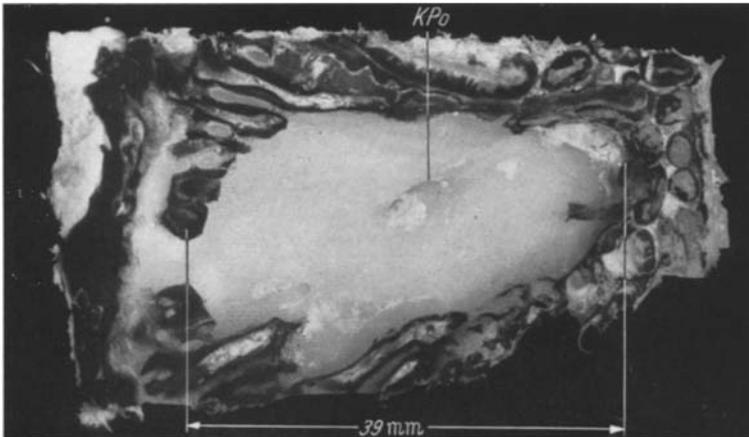


Abb. 30. Region eines Kopfsekretionsfeldes — es handelt sich um das Kopfsekretionsfeld St 6_{a2} des Exemplares von Abb. 25 — nach Abhebung des Kopfsekretionsgewebes, so daß der darunter liegende Knochen freigelegt ist. Im Zentrum wird die große Pore sichtbar, durch die die Blut- und Nerven Gefäße zur Versorgung des Sekretionsfeldes hindurchgehen

Bei den formalinkonservierten Köpfen koaguliert das Sekret zu einer weißlichgrauen Substanz, die sich dann bei einer Reihe sehr großer Kopfsekretionsfelder als feiner weißlicher Film meist im Zentrum auf dem betreffenden Feld niederschlägt (Abb. 25 u. 26).

Das einzelne Kopfsekretionsorgan ist in der Sicht von oben etwas anders gestaltet als bei juvenilen Tieren. Es ist nämlich an seinem hinteren Rand meist nicht mehr einfach gerundet, sondern besteht dort aus mehreren kleinen Rundungszonen, so daß das Gesamtfeld ganz grob eichenblattförmig aussieht (Abb. 25—27; auch Abb. 29 u. 31). Auf jeder dieser Teilrundungen liegt eine Sekretionspore, die bei formalinkonserviertem Material oft gar nicht oder kaum zu sehen ist, bei bouin-konserviertem Material dagegen deutlich hervortritt (Abb. 29 u. 31).

Oft hat sich um jede Pore koaguliertes Sekret wallförmig niedergeschlagen, so daß die einzelnen Poren wie winzige Krater von einem Sekretmantel umgeben sind (Abb. 31). Besonders bei den Sekretionsfeldern der Ventralseite des Kopfes werden diese Organe — mehr oder weniger ausgeprägt — durch rinnen- oder spaltenförmige Bildungen begrenzt. Manchmal befinden sich auch solche Rinnen oder Spalten auf den Sekretionsfeldern oder in deren nächste Nachbarschaft (Abb. 29 u. 31). Auf dem Boden dieser mit Sekret gefüllter Rinnen (sie dürften

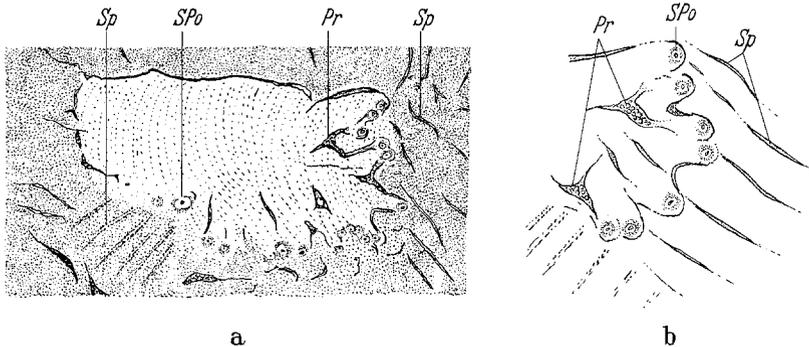


Abb. 31. a Umrißgetreue Nachzeichnung eines Sekretionsorganes von der ventralen Kopfseite eines *Arapaima gigas*-Männchens aus der Zapote Cocha. Es handelt sich um das Vatertier von Pulk V oder VI (vgl. Abb. 19), das am 29. 9. 59 harpuniert worden war und von dem einzelne Kopfstücke mit Kopfsekretionsfeldern abgetrennt und in Bouin konserviert wurden. b Der hintere Teil eines Sekretionsfeldes ebenfalls von der ventralen Kopfseite. *SPo* Sekretionsporen (oft mit wallartig umliegendem, durch die Konservierung koaguliertem Sekret); *Sp* spaltenförmige Bildungen in der Nähe des Sekretionsfeldes (gelegentlich auch auf diesen); *Pr* feine Protuberanzen in den spaltenförmigen Einsenkungen

den Kopfgrubenorganen von *Esox lucius* und vielen anderen Fischen entsprechen) erheben sich feine Protuberanzen (Abb. 29 u. 31, *Pr*), die in der Aufsicht wie winzige Knötchen aussehen. Ohne Zweifel haben wir hier in Gemeinschaft mit der Seitenlinie die Perzeptionsstellen zur Wahrnehmung von Turbulenzen, Stauungen und Erschütterungen vor uns. Versucht man bei konserviertem Material an der Dorsalseite des Kopfes, wo die Haut sehr dünn ist, ein ganzes Kopfsekretionsfeld abzuheben, dann sieht man auf dem nun frei liegenden Knochen eine Perforation, durch welche die Blut- und Nervenbahnen an das Sekretionsfeld herantreten (Abb. 30). Die Kopfsekretionsorgane sind also sehr gut innerviert und mit Blut versorgt, was der zum Teil prompte Austritt von Blut an den Sekretionsrändern bei sehr gewaltsam totgeschlagenen Exemplaren ja auch andeutet.

Führt man Querschnitte durch die spaltförmigen Bildungen in der Nähe der Kopfsekretionsorgane, legt diese unter eine starke Binokularlupe (Abb. 32) und untersucht diesen Bereich auch mikroskopisch (Abb. 33), dann sieht man, daß am Aufbau der feinen Protuberanzen in den spalt-

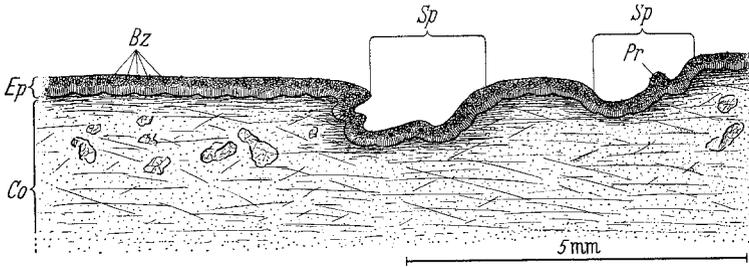


Abb. 32. Querschnitt durch zwei an dieser Stelle ziemlich flache spaltenförmige Bildungen (*Sp*) in der Nähe eines Kopfsekretionsfeldes aus dem linken Unterkiefer des Exemplares von Abb. 29. In der rechten spaltenförmigen Bildung ist eine Protuberanze (*Pr*) angeschnitten worden. *Ep* Epidermis; *Co* Corium; *Bz* Becherzellen. (Färbung HEIDENHAINS Eisenhämatoxylin-Eosin; Schnittdicke 5 µ; halbschematisch)

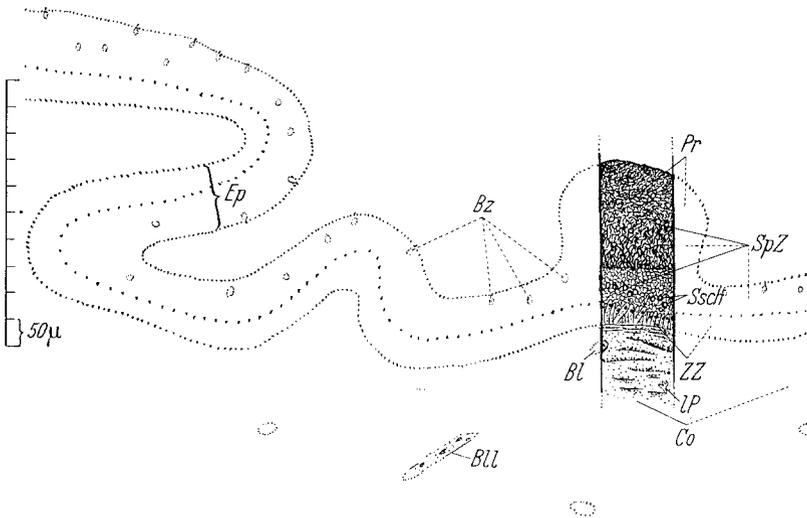


Abb. 33. Querschnitt durch eine tiefere spaltenförmige Bildung (nur im Bereich der angeschnittenen Protuberanze [*Pr*] voll ausgezeichnet) in der Nähe eines Kopfsekretionsfeldes aus dem linken Unterkiefer des Exemplares in Abb. 29. *Ep* Epidermis; *Co* Corium; *SpZ* Schicht der Kolbenzellen und polygonalen Zellen; *Bz* Becherzellen; *Ssch* durch Eosin stark färbbare Sekretschollen; *Bl* Blutkapillare quer, *Bul* längs getroffen; *Lp* lymphatischer Plexus; *ZZ* Schicht der Zylinderzellen. (Färbung und Schnittdicke wie in Abb. 32)

förmigen Bildungen im wesentlichen die Epidermis beteiligt ist, indem deren polygonale Zellen und Kolbenzellen an diesen Stellen höcker- oder zapfenartig verdickt sind. Manchmal sind auch große Becherzellen spärlich (d. h. weit spärlicher als am Boden der spaltförmigen Bildungen) in diese Protuberanzen eingestreut (Abb. 32); manchmal fehlen sie an diesen Stellen ganz.

Was nun den Aufbau der Kopfsekretionsorgane in ihren Hauptteilen anbelangt, so ist darüber folgendes zu sagen: Von den einzelnen Sekretionsporen ziehen die Porenlumina, sich spaltenförmig erweiternd,

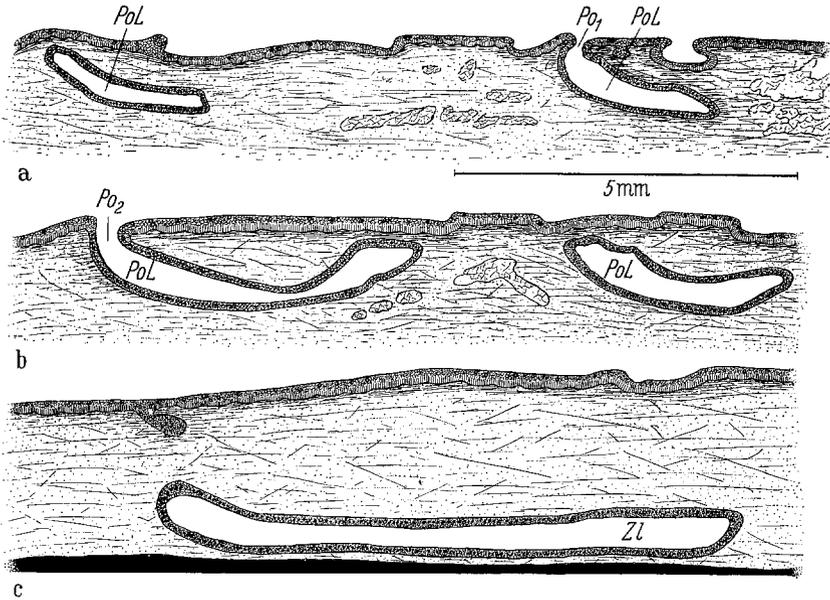


Abb. 34 a—c. Querschnitt durch die Randpartie eines Kopfsekretionsorganes aus dem linken Unterkiefer des Exemplares von Abb. 29. a Schnitt in der Höhe einer Sekretionspore (Po_1); b Schnitt 180μ mehr zum Zentrum des Sekretionsfeldes hin: eine andere Pore (Po_2) ist hier angeschnitten. Beide spaltenförmig sich verbreiternden Porenlumina (PoL) sind hier angeschnitten; c Schnitt 350μ mehr zum Zentrum des Sekretionsfeldes hin: das Zentrallumen (Zl) als Vereinigung mehrerer Porenlumina zum Zentrum hin) ist hier angeschnitten. (Färbung und Schnittstärke wie in Abb. 32; halbschematisch)

schräg nach innen gegen das Zentrum des Sekretionsfeldes hin (Abb. 34). Zum Zentrum des Sekretionsfeldes hin vereinigen sich ein oder auch mehrere Porenlumina zu einem gemeinsamen spaltförmigen Lumen, dem ich den Namen Zentrallumen gebe (Abb. 34; auch Abb. 39, 40). Solch ein Zentrallumen kann sich mit einem oder, wie mir scheint, auch mit einigen anderen Zentrallumen zu einem noch größeren, gewissermaßen übergeordneten Zentrallumen vereinigen. Diese ganzen spaltförmigen Bildungen sind von einer sekretierenden Epidermis umkleidet, die in die Spalten hinein und von da aus zu den Poren reichlich Sekret entläßt. Histologisch ist zu den Kopfsekretionsorganen im Detail nachstehendes zu bemerken: Insgesamt sind Epidermis und Corium beteiligt (s. nochmal Abb. 32 u. 34). Die Epidermis im Bereich der Kopfsekretionsorgane ist, wie anderswo auch, mehrschichtig (Abb. 32—40) und besteht im wesentlichen aus polygonalen Zellen und Kolbenzellen, zwischen die reichlich große, direkt nach außen sekretierende Becherzellen (Schleimzellen) eingestreut sind (Abb. 32—37). Ihre unterste Schicht besteht aus bindegewebigen Fasern, deren Bündel mindestens in den epidermisnahen Zonen aus regelmäßigen, parallel zur Oberfläche gelagerten

Fasern besteht, zwischen die aber auch einzelne quer und diagonal gestellte Fasern eingestreut sind (Abb. 33, 35—37; auch 38—40). An der Grenze zwischen Epidermis und Corium besteht die letzte aus einer Schicht etwas kompakter gebündelter, parallel zur Oberfläche gelagerter Fasern (Abb. 35—37; auch Abb. 39, 40, *Co*). Diese Unterschicht hat wohl den Zweck, für einen guten Zusammenhalt der beiden Schichten Epidermis und Corium zu sorgen. An der Grenze zwischen Epidermis und verdickter Coriumschicht findet man an denjenigen Kopfsekretionsorganen, die in den dunkelpigmentierten Teilen des Kopfes liegen (also im wesentlichen die Dorsalpartien des Kopfes) reichlich Pigmentzellen. Da die hier beigegebenen Abbildungen alle von der hellen Unterkieferseite stammen, wo keine Pigmentzellen ausgebildet sind, vermißt man natürlich auf den Abbildungen diese Pigmentzellen. Das Corium wird durch Kapillaren gut mit Blut versorgt, daneben sieht man in den Schnittbildern feine Lymphbahnen (Abb. 33 u. 37, *LP*) und Nervenendigungen. Corium und Epidermis liegen im Bereich der Kopfsekretionsorgane nicht glatt aufeinander, sondern das Corium wölbt sich wellenförmig in die Epidermis vor, so daß es im Querschnitt an der Verbindungsstelle zipfelförmig gefaltet erscheint (bes. deutlich in Abb. 36 u. 38). Auch durch diese Ausgestaltung wird sicherlich ein kräftiger Zusammenhalt mit der Epidermis erreicht. Sehr häufig ist eine Blutkapillare im Bereich eines „Zipfels“ angeschnitten (Abb. 36 links unten), ein Beweis, daß gerade diese Falten besonders gut mit Blut versorgt werden. Die Membrana basilaris corialwärts unter der Basalschicht (Keimschicht) der Epidermis ist vorhanden, aber nicht immer deutlich. Die gehäuft im Bereich der Kopfsekretionsfelder auftretenden großen sekretausscheidenden Becherzellen (Abb. 33—36, *Bz*) haben die Gestalt von kugeligen Blasen oder auch die Gestalt eines Bechers mit bauchiger Theca. Diese Zellen finden sich zumeist direkt an der Außenseite der Epidermis. Sie haben dann häufig nach der Fixierung des Gewebes ein Sekrettröpfchen (Abb. 36, *Bz* [*sK*]) in ihrem verjüngten distalen Ende. Andere Zellen liegen auch etwas in der Tiefe der Epidermis. Diese sind, so scheint mir, „geschlossene“ kugelige Gebilde (Definition nach F. E. SCHULZE), die erst allmählich in die Höhe gehoben werden. Das Sekret der Kolbenzellen, die zusammen mit den polygonalen Zellen im wesentlichen die Epidermis aufbauen (in den Abb. 33 u. 36 mit *SpZ* bezeichnet) gelangt durch diese Schicht intercellulär nach außen. Hier und da finden sich in der Schicht der polygonalen Zellen auch besonders große, sekretierende Riesenzellen (Abb. 35, *sRz*), deren Sekret im Innern dieser bläschenförmigen Zellen auf gefärbten Schnittbildern deutlich zu erkennen ist. In den Umkleidungen der spaltförmigen Öffnungen und des Zentrallumens ist die Schicht der polygonalen Zellen und der Kolbenzellen meist noch dichter und kompakter als draußen auf dem Kopf-

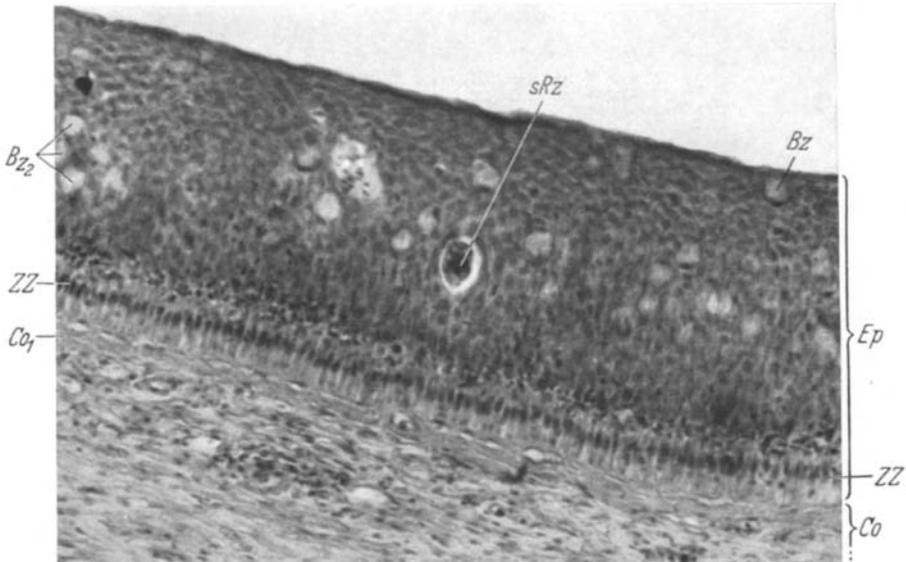


Abb. 35. Mikrophotographisches Querschnittsbild durch die Epidermis (*Ep*) mit anschließendem Corium (*Co*) im Bereich eines Kopfsekretionsfeldes aus dem linken Unterkiefer des Exemplares von Abb. 29. *SpZ* Schicht der polygonalen Zellen und Kolbenzellen; *ZZ* Schicht der Zylinderzellen; *Co₁* verdickte Schicht des Coriums; *Bz* große Becherzelle; *Bz₂* noch in der Tiefe liegende Becherzelle; *sRZ* sekretierende Riesenzelle mit Sekretpfropf. (Fix. Bouin; Schnittdicke 15 μ ; Färb. Delafield-Eosin; Abbm. 185:1; Photo Renate Kühn, Bonn)

sekretionsorgan. Auch sind hier die großen, kugeligen Becherzellen vorhanden (auf dem kleinen, nur 120 μ breiten Abschnitt der Abb. 40 ist allerdings keine einzige großblasige Becherzelle angeschnitten) genau wie in der Epidermis auf den äußeren Teilen der Kopfsekretionsorgane. Nur Riesenzellen habe ich dort nicht gefunden.

Da, wie gesagt, die Schicht der polygonalen Zellen und Kolbenzellen aber hier besonders dicht und kompakt ist, liegen die Becherzellen und streckenweise auch die Kolbenzellen auf Schnitten mit verhältnismäßig großer Schnittdicke (Abb. 38 u. 39) zum größten Teil ganz maskiert in dieser Schicht. *Daß diese Schicht hier an diesen Stellen zu außerordentlicher Sekretion befähigt ist* — das Zentrallumen ist ja das Sammellumen für diese Sekrete — *das beweisen indirekt die vielen großen Schollen*, die sich hier in diesem Bereich in der Schicht der polygonalen Zellen und Kolbenzellen befinden. Diese im Durchmesser stark 10 μ und mehr großen Schollen haben eine starke Affinität zu Eosin und man sieht sie daher auf derart gefärbten Schnitten im Gegensatz zu den maskiert liegenden Becher- und Kolbenzellen sehr deutlich als kreisrunde Gebilde streckenweise direkt in geschlossener Lage oder sogar in Doppellagen (Abb. 38—40, *Ssch*) in der Epidermis am Zentrallumen liegen. Ich deute

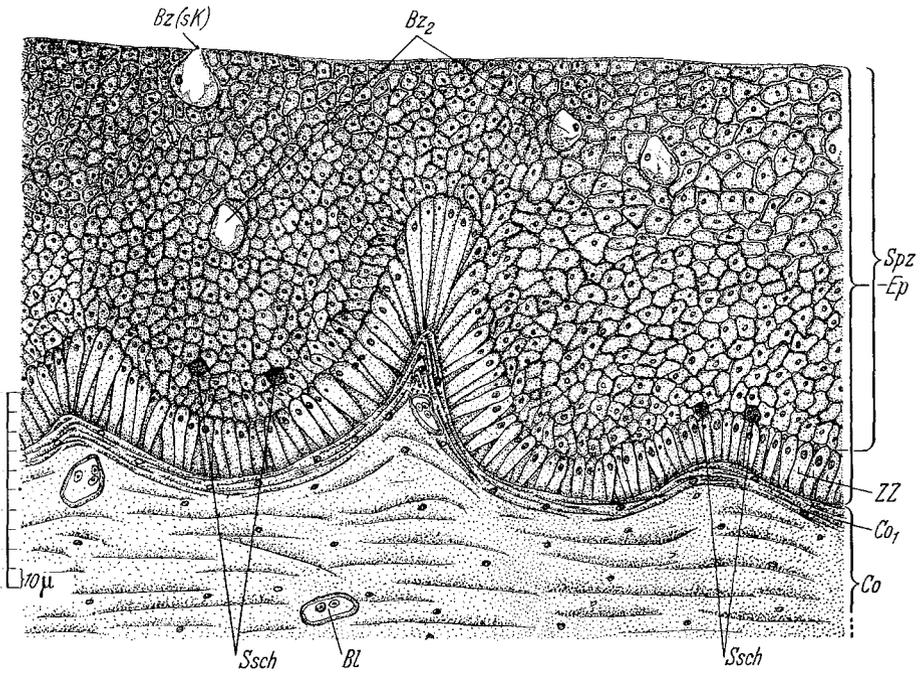


Abb. 36. Querschnitt durch die Epidermis (*Ep*) und das Corium (*Co*) eines Kopfsekretionsorgans aus dem linken Unterkiefer des Exemplares von Abb. 29. Die Epidermis besteht größtenteils aus polygonalen Zellen und Kolbenzellen (*SpZ*); corial Schicht der Zylinderzellen (*ZZ*) als Keimstätte für neue Zellen; *Co*₁ verdickte Schicht des Coriums; *Bz*(*sK*) Sekretpfropf am Eingang einer Becherzelle; *Bz*₂ etwas in die Tiefe abgesunkene Becherzelle; *Ssch* durch Eosin stark färbbare Sekretschollen; *Co*₁ verdickte Schicht des Coriums; *Bl* Blutkapillare mit Blutkörperchen. (Fix. u. Färb. wie bei Abb. 35; Schnittdicke 5 μ)

sie nämlich als von den Drüsenzellen (vornehmlich den in der Tiefe liegenden Kolbenzellen) ausgestoßene, noch interzellulär liegende, ursprünglich natürlich amorphe Sekretstoffe, die bei der Bouinfixierung diese Schollenform angenommen haben. Zu erwähnen ist noch, daß das Keimlager für die Epidermiszellen hier innen an der Umkleidung der spaltförmigen Bildungen und am Zentrallumen im Gegensatz zu den Verhältnissen außen am Kopfsekretionsorgan nicht basal über dem Corium, sondern entgegengesetzt außen an der Epidermisschicht liegt.

Die sekretorische Tätigkeit der Kopfsekretionsorgane ist bei den adulten Tieren großen Schwankungen unterworfen. Sie ist, wie gesagt, am größten in der Laichzeit und zwar dann, wenn die adulten Tiere ihre Jungen führen bzw. bewachen. In dieser Zeit findet sicherlich eine weit raschere Elimination der Kolbenzellen statt als außerhalb der Laichzeit, wo die Haut als ganze natürlich ihre Schleimabsonderung beibehält, die Sekretion an den Kopfsekretionsorganen durch eine weniger rasche Eliminierung aber wahrscheinlich nicht so groß ist. *Der reichlich abge-*

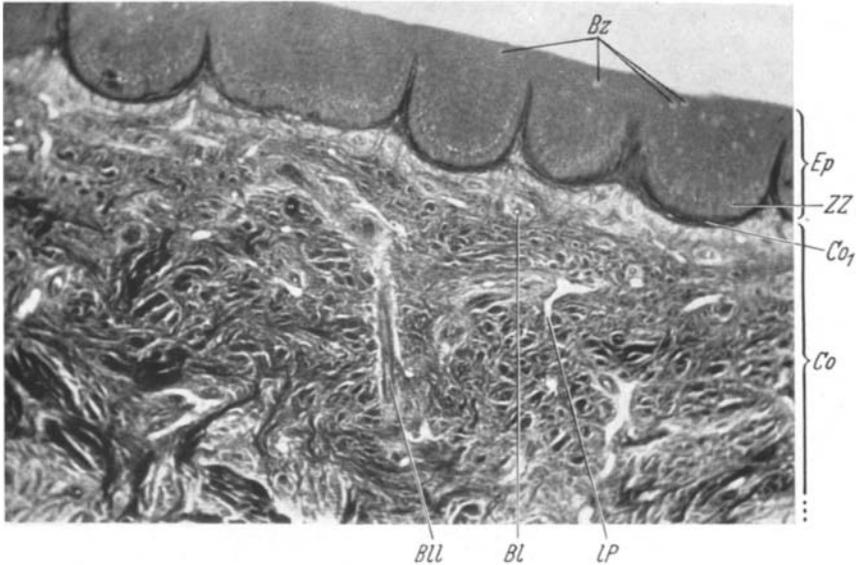


Abb. 37. Mikrophotographisches Querschnittsbild durch die Epidermis (*Ep*) und das Corium (*Co*) eines Kopfsekretionsorgans aus dem linken Unterkiefer des Exemplares von Abb. 29. *ZZ* u. *Co*₁ wie in Abb. 36; *Bz* Becherzellen; *Bl* Blutkapillare quer, *BLU* längs getroffen; *LP* lymphatischer Plexus. (Fix., Schnittdicke u. Färb. wie in Abb. 35; Abbm. 74:1; Photo Renate Kühn, Bonn)

sonderte Schleim (Sekret) gerade zur Zeit der Jungenführung dient nicht zur Ernährung dieser Jungen; aber ich kann gewichtige Hinweise anführen, daß ihm bei *Arapaima gigas* eine andere sekundäre Bedeutung zukommt: er ist flüchtig im Wasser, und er dient als ein sich im Wasser verteiler „Kontaktstoff“, der Eltern und Jungfische auf größere Strecken zusammenhält bzw. nach einer Trennung wiederfinden läßt (z. B. bei und nach einem Gewittersturm oder nach anderweitigen Störungen), wobei es offen bleibt, ob er geschmacklich oder geruchlich wahrgenommen wird¹. Ich hatte im November 1959 in der Zapote Cocha ein Vatertier von etwa 30 Tage alten Jungen weggefangen. Dieser Jungfischpulk wurde durch das Harpunieren kaum belästigt, d. h. er zog seine Schwimmbahnen wie bisher. Als jedoch das Vatertier kaum unter Blutverlust, aber unter heftigem Umwälzen des schweren Fischkörpers an der äußeren Bootsseite ins Boot gezogen worden war, hielt sich nach einiger Zeit der betreffende Jungfischpulk nahe an der Bootsseite auf und schwamm dort umher. In diesem Augenblick kam mir der Gedanke, daß das Sekret unter Umständen ein „Kontaktstoff“ zwischen Jungen und Eltern sein könnte. Ich nahm ein noch nicht benutztes Stück einer

¹ Die Nase des *A. gigas* mit ihrem Riechepithel ist äußerlich gut zu erkennen (s. Abb. 25, 26).

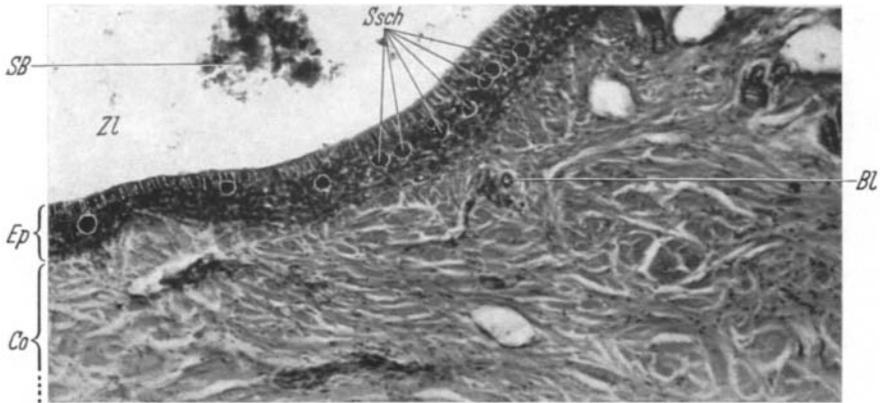


Abb. 38. Mikrophotographisches Querschnittsbild durch die epidermale Wand (*Ep*) mit anschließendem Corium (*Co*) am Zentrallumen (*Zl*) unter einem Kopfsekretionsorgan am Unterkiefer des Exemplares von Abb. 29. *Bl* Blutkapillare (quer getroffen); *SB* Sekretballen im Zentrallumen, *Ssch* Sekretschollen. (Fix. u. Schnittdicke wie in Abb. 35; Färb. HEIDENHAIN'S Eisenhämatoxylin-Eosin; Abbm. 122:1; Photo Renate Kühn, Bonn)

breiten Mullbinde¹ und strich damit zur Sekrettränkung mehrere Male kräftig über die Kopfsekretionsorgane; dann ließ ich das Boot mehrere Meter seitlich fahren und schwenkte dort das Mullbindenstück im Wasser aus. Der Pulk stieg ganz in der Nähe zum Atmen hoch und es war nach einiger Zeit zu sehen, wie diese Stelle regelrecht von einigen Bläschenfeldern des Pulks eingefafßt war.

Den Paiche- bzw. Pirarucúfishern wie auch verschiedenen anderen Beobachtern fällt immer wieder auf, daß der große *Arapaima gigas* nicht nur zum Atmen, sondern auch aus anderen Gründen zum Wasserspiegel hochsteigt, dort mit dem Vorderkörper etwas aus dem Wasser kommt und mit dem Schwanz auf den Wasserspiegel schlägt. Wie schon bei der Besprechung der Aufnahme atmosphärischer Luft mitgeteilt wurde, ist diese Luftaufnahme besonders bei großen Tieren mit einem deutlichen Geräusch verbunden, aber wenn die riesigen Fische etwas aus dem Wasser vorprellen und mit dem Schwanz auf den Wasserspiegel schlagen, hört es sich regelrecht wie ein Knall an². GUDGER (1943) erwähnt dieses Verhalten; er schreibt: "HASEMAN reports an interesting habit of the red fish on the Branco as follows: 'About sunset these fishes come to the surface and make a tremendous explosive noise that can be heard over a quater of a mile.' The natives say that this is to get air, but HASEMAN concluded that it was made by a strong slap of the tail on the surface of the water. He offered no conjecture why this is

¹ Eine breite Mullbinde führte ich immer bei mir, um darin konservierte Fische für die Artensammlung einzuwickeln.

² In meinen populären Veröffentlichungen habe ich diesen Knall mit dem Knall eines Gewehrshusses verglichen, ein Vergleich, der recht treffend ist.

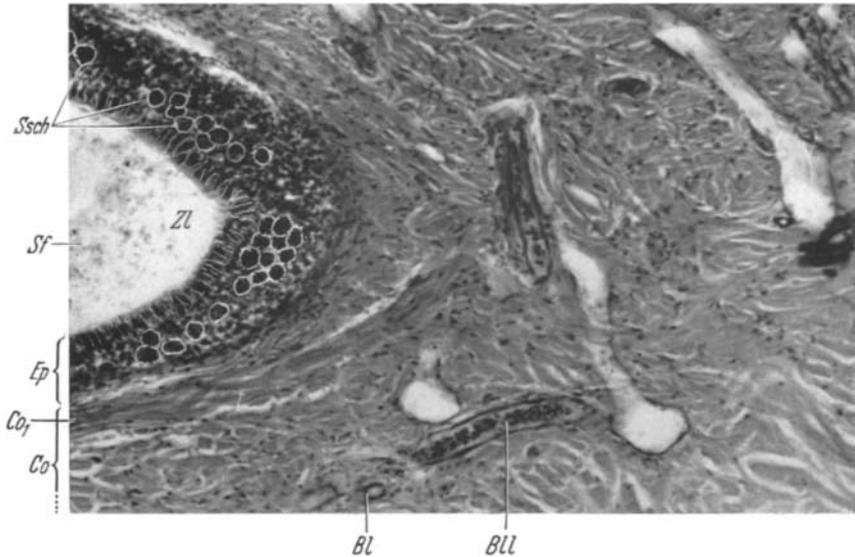


Abb. 39. Ein weiteres mikrophotographisches Querschnittsbild durch die epidermale Wand (*Ep*) mit anschließendem Corium (*Co*) am Zentrallumen (*Zl*) unter einem Kopfsekretionsorgan am Unterkiefer des Exemplares von Abb. 29. *Co*₁ verdickte Schicht des Coriums; *BL* Blutkapillare (längs getroffen); alle übrigen Bezeichnungen wie in Abb. 38. (Fix., Schnittdicke, Färb. u. Abbm. wie in Abb. 38; Photo Renate Kühn, Bonn)

done." Auch McCORMICK (1949) führt dieses Verhalten an, indem er mitteilt: "This business of spashing is peculiar, and I am almost inclined to think that it is done on purpose to flush the small fish out of their cover. Whenever I saw a pirarucú thus engaged it was noticeable that only the rear half of the fish was exposed"; aber seine Vermutung, daß der Fisch dadurch beabsichtige, Beutfisch aufzuscheuchen, hat sicherlich wenig für sich. Der beste Kenner des *Arapaima gigas* auf peruanischer Seite Señor JORGE SANCHEZ ROMERO, der viele Jahre im peruanischen Amazonasgebiet gearbeitet hat, schreibt in seiner Veröffentlichung "El Paiche" (1961) auf S. 25: "Es un hábito de este gigantesco pez dar volteretas sacando et cuerpo fuera del agua y, como si se apoyara sobre le cabeza en la superficie, se deja caer lateralmente dando un latigazo muy sonoro con la cola, que repercute a gran distancia. La causa de estos movimientos no es conocida pero se puede interpretar que los realiza para defender su área de vida o tal vez como demostraciones relacionadas con su vida sexual. Los nativos aseguran que lo hace para defecar, porque, según dicen, encuentran excrementos blanquecinos an el lugar donde se ha producido el coletazo. Otros conjeturan que los realiza por deporte." Die Meinung von SANCHEZ, daß *A. gigas* dieses Verhalten zur Verteidigung seines Lebensraumes zeigt, mag einiges für

sich haben; interessanter und wichtiger ist hier aber sein Hinweis, daß der große Fisch bei diesem Verhalten „weißliche Exkremente“ ins Wasser abgebe. Ich bezweifle sehr stark, daß es sich dabei um Exkremente, noch dazu um weißliche Exkremente handelt; ich halte es aber seit meinem Aufenthalt am unteren Rio Pacaya für sehr wahrscheinlich, daß es sich dabei um Sekrete handelt, die bei diesem mit einer Drehung verbundenen Springen regelrecht vom Kopf abgeschüttelt werden und sich dem Wasser zuerst in Form weißlicher Fäden bzw. Schlieren mitteilen, jene Sekrete nämlich, denen ich eine „Kontaktfunktion“ zwischen den Jungfischen und den Eltern zuspreche. Interessant wäre zu wissen, ob der Fisch auch außerhalb der Vorlaich- und Laichzeit dieses Schütteln zeigt. Ich kann darüber keine exakten Angaben machen; aber selbst wenn er dieses Verhalten auch zur anderen Zeit zeigt (in der Vorlaich- und Laichzeit vielleicht deutlich häufiger), kann das nicht unbedingt gegen die Kontaktfunktion des Sekretes sprechen, weil diese Funktion als „Kontaktstoff“ zwischen den Jungen und den Eltern auf jeden Fall eine sekundäre ist. Zusammenfassend möchte ich hier sagen: Die kleinen Larven, die ganz nah über dem Kopf des Vaters schwimmen, halten vornehmlich auf optischem Wege Kontakt mit dem Vater, indem

sie sich nach dem Helligkeitskontrast zwischen dem dunklen Fischkörper, d. h. speziell dem Kopf, und dem hellgrünen, lichtdurchfluteten Wasser orientieren. Unter sich halten sie Kontakt in erster Linie durch ihr gutes Empfindungsvermögen gegenüber Stauungen und Turbulenzen. Auch wenn sich das Vattertier etwas entfernt vom Larven- oder Jungfischpulk kurzfristig aufgehalten hat, findet es selber — und auch die Jungen zu ihm — wieder Kontakt in erster Linie durch das gute Empfindungsvermögen gegenüber Stauungen und Turbulenzen; Perzeptionsstellen sind die Seitenlinie und die kurzen Kopffurchen mit ihren feinen Protuberanzen in der Nachbarschaft und im Gefolge der Kopfsekretionsorgane. Auf größere Entfernungen wird der Jungfischpulk wahrscheinlich durch die ins Wasser entlassenen Sekrete der Kopfsekretionsorgane der Eltern wieder zu diesen hingeleitet, wobei natürlich auch die Wahrnehmungen der turbulenz erzeugenden Bewegungen der Eltern und des Jungfischpuls wechselseitig die Zusammenführung bewerkstelligen.

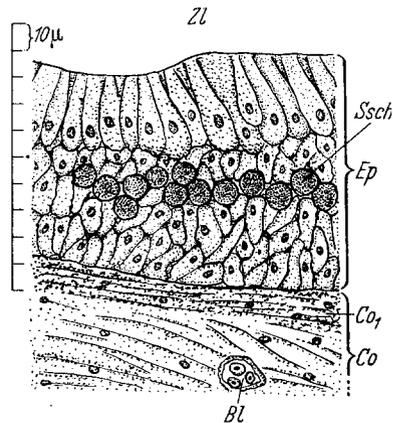


Abb. 40. Querschnitt durch die epidermale Wand (*Ep*) am Zentrallumen (*Zl*) unter einem Kopfsekretionsorgan am Unterkiefer des Exemplares von Abb. 29. Bezeichnungen wie in den vorhergehenden Abbildungen. (Fix. Bouin; Schnittdicke $5\ \mu$; Färb. Delafield-Eosin)

DORN (1959 u. 1963) hat vor der Deutschen Zoologischen Gesellschaft über Untersuchungen an einem Gehirn von *Arapaima gigas* berichtet, das Herr Prof. SCHALLER auf seiner Peru-Expedition 1956/57 am Lago Rimachi seitlich des Rio Pastaza fixiert hatte. Sie fand im Vergleich mit anderen Knochenfischhirnen an Besonderheiten: „1. Die sehr großen Vorderhirnhemisphären, 2. das große Cerebellum mit dem langen Corpus, den umfangreichen Eminentiae granulares und der stark gefalteten Valvula cerebelli, 3. das Fehlen des Saccus vasculosus.“ Nach Frau DORNS erstem Vortrag stellte Herr Prof. O. KOEHLER die sehr berechnete Frage, ob man auf Grund der einzigartigen Größe des Vorderhirns und der relativen Kleinheit des Mittelhirns auf einen vorzugsweise geruchlichen Nahrungserwerb schließen könne. Frau DORN konnte in Unkenntnis der genauen Biotopverhältnisse dieser Fischart nur sagen, daß es vorstellbar sei, daß *Arapaima* bei der Nahrungssuche mehr auf seinen Geruchssinn als auf seine Augen angewiesen ist. Ich habe hier ausgeführt, daß diese Fischart vornehmlich und gerade in der Bewachungsperiode im planktonüberladenen, sichtungsgünstigen Wasser beim „Kontakt“ zwischen Jungen und Eltern — eine Phase, die biologisch sehr wichtig im Leben dieser Tiere ist — mit größter Wahrscheinlichkeit sich weniger optisch als vielmehr durch andere Sinne orientiert, wobei auch die geruchliche Wahrnehmung sicherlich nicht an letzter Stelle steht. Einschränkend möchte ich aber nochmal daran erinnern, daß die Augen des agilen *Arapaima gigas* zwar verhältnismäßig klein sind, die Augengröße absolut genommen aber kein wirklicher Maßstab ist; die Feinstruktur der Retina, vor allem die Ausgestaltung und die Zahl der Stäbchen und Zäpfchen zueinander würden wichtigere Rückschlüsse zulassen. Histologische Augenuntersuchungen fehlen bis zur Stunde aber ganz.

Bei einem Alter der juvenilen *Arapaima gigas* um 3 Monate scheinen sich die betreffenden Pulks aufzulösen (einige Pulks lösen sich unter Umständen schon in einem Alter um $2\frac{1}{2}$ Monate auf, andere erst nach $3\frac{1}{2}$ Monaten). Die Eltern betrachten von dann ab ihre Jungen nicht mehr als zugehörig, und es ist sicher, daß die erwachsenen Tiere räuberisch gegenüber heranwachsenden Exemplaren sind, soweit sie sie in der Größe bewältigen können.

Die Auflösung der Pulks wird einmal durch die ständigen zunehmende Lockerung der Eltern zu ihrem Pulk und zum anderen durch das steigende Wasser, das alles überschwemmt (Abb. 45), die Grenzen verwischt und dort Strömungen und Turbulenzen schafft, wo bisher Stillwasserbereiche und abgeschnittene Zonen lagen, gefördert. Da am Rio Pacaya die meisten Jungfische kurz vor dem Beginn der Hochwasserzeit Ende Oktober und im November gezeitigt wurden, fällt die Auflösung der meisten Pulks in den Höhepunkt der Hochwasserzeit hinein. In den

Abb. 41. Die beiden am Rio Pacaya vorkommenden Farbmutanten des adulten *Arapaima gigas*: In der Mitte hinten das gewöhnliche rotschuppig umrandete Exemplar, davor ein selteneres gelbschuppig umrandetes Exemplar. (Rio Pacaya, Mitte September 1959)

Abb. 41



Abb. 42



Abb. 42. Öffnung der zu einem Luftatmungsorgan umgestalteten Schwimmblase des *Arapaima gigas* von dorsal. Man sieht deutlich, daß die Schwimmblasenwand zu einem spongiösen Blutgefäßnetz umgestaltet ist, das überreich mit Blut versorgt wird, an dem der Gasaustausch stattfindet. (Rio Pacaya, Ende August 1959)

Abb. 43. Die Breit-schnabelschwalbe *Ptychocheilus simonstedi* wendet dem Greifen eines sehr juvenilen *Arapaima gigas* aus einem Jungfischpulk, der zur Aufnahme von atmosphärischer Luft zur Wasseroberfläche gestiegen ist. Im Vordergrund die eng begrenzte Turbulenzstelle, die durch die Luftaufnahme der zahlreichen juvenilen *A. gigas* am Wasserspiegel entstanden ist. (Zapote Cocha, unterer Rio Pacaya, Ende November 1959)



Abb. 43

Abb. 44. Die großen Kopfsekretionsfelder hinter dem rechten Auge bei einem Ende September 1959 im unteren Rio Pacaya harpunierten und durch Keulenschlag auf den Kopf gewaltsam getöteten, hochgeschlechtsreifen *Arapaima gigas* ♂. Es ist deutlich zu sehen, daß bei einem Kopfsekretionsorgan neben dem Sekret Blut ausgetreten ist, obgleich diese Stelle nicht von der Hartholzkeule getroffen wurde



Abb. 44

Die Kosten für diese Farbtafel wurden von der Agfa-AG getragen. Die hier wiedergegebenen Farbabbildungen wurden 1959 im Inneren von Peru auf Agfa-Film CT 18 aufgenommen

Abb. 45. Überschwemmtes Terrain zwischen dem Caño Yarina und der Zapote Cocha während der Zeit des steigenden Wassers in der zweiten Hälfte des Dezembers 1959. Das steigende Wasser führt jetzt zu Beginn der Hochwasserzeit große Felder von losgerissem Wassergras und *Pistia*-Matten mit sich, die sich in der überschwemmten Gestrüchvegetation immer wieder neu verhaken. In der Mitte des Bildes eine primitive Hütte der Paichefischer, deren palmstrohgedecktes Dach aus dem Wasser herausragt. Die Ende Oktober und November gezeitigten Jungfischpuls des *Arapaima gigas* lösen sich Wochen später auf dem Höhepunkt der Hochwasserzeit auf



Abb. 45



Abb. 46. Teichgehalterte Jungfische des *Arapaima gigas* halten noch in Größen zwischen 23—28 cm eng in einem Pulk zusammen

dann riesigen Überschwemmungsarealen (die lehmsuspensierte Hauptströme werden sie wie die großen Tiere wahrscheinlich auch dann meiden) können sich die unerfahrenen und in der Größe für manche Raubfische noch recht „portionstüchtigen“ jungen Fische weit verteilen, was ihre Überlebenschancen erhöht. Das Abbläichen der meisten *A. gigas* kurz vor dem Beginn der Hochwasserzeit ist daher biologisch sehr sinnvoll.

Der dichte Zusammenhalt heranwachsender Fische in Aufzuchtteichen, wo in dem engen Bereich ständig ein gleichmäßiger Wasserstand mit gleichen Bedingungen herrscht, bleibt ohne Zweifel weit länger bestehen als in der Freiheit. Noch bei einer Größe von 23—28 cm und darüber (Abb. 46) halten die Tiere in den Teichen der Quisto Cocha in einem engen Pulk zusammen.

Zusammenfassung

Eingehend dargestellt, wird die Biologie und die Ökologie des für viele Gewässer Amazoniens so charakteristischen *Arapaima gigas*, der als wichtiger Wirtschaftsfisch im peruanischen Amazonasgebiet „Paiche“, in Brasilien „Pirarucú“ genannt wird. Die Untersuchungen an diesem Fisch wurden vom Verfasser im Jahre 1959/60 vornehmlich am Rio Pacaya, einem linksseitigen Nebenfluß des unteren Ucayali (Departamento de Loreto) im Auftrage des peruanischen Landwirtschaftsministeriums ausgeführt.

1. Das allgemeine Verbreitungsgebiet dieses Fisches umfaßt die Tieflandzonen des Amazonas und seines Einzugsgebietes unterhalb der

200 m-Höhenlinie von dem Mündungsdelta des Amazonas bis kurz vor den Sockel der Anden. Er ist ein typischer Hylaeafisch. Im Osten seines Verbreitungsgebietes gibt es zwei große Vorkommensbereiche und zwar das Gebiet an der Ostgrenze Nordbrasilens nach Britisch Guayana hin (die Flutssysteme des unteren Rio Branco, Rupununi und Essequibo) und zum anderen die weiten Gebiete beiderseitig des Amazonas (und zwar vornehmlich die Várzea mit ihren großen und kleinen Seen und Überschwemmungsgewässern) mit den Bereichen der südlichen Zuflüsse des Amazonas mit verschiedenen starken *Arapaima*-Vorkommen. Im Süden dieses Gebietes verhindern die großen Stromschnellen die weitere Verbreitung.

Dazwischen hat der Rio Negro mit seinem sehr sauren Schwarzwasser (pH über weite Strecken 4,3—41,1) keine *Arapaima*-Vorkommen. Nur wo aus Nebenflüssen Weißwasser einströmt (z. B. Rio Dimini, der sehr wasserreiche Rio Branco sowie andere von Norden kommende Weißwasserflüsse), gibt es den Pirarucú.

2. Es wird angenommen, daß diese Fischart im Gebiet des mittleren Rio Branco, des Rio Rupuni bis zum Rio Rewa und vielleicht auch noch ein wenig nach Nordwesten hinaus ihr Ursprungszentrum besaß, von wo sie sich über das Rio Negro-Gebiet hinweg zum Amazonas und von da in der Hylaea nach Westen und Süden weiterverbreitete.

3. Neben der gewöhnlichen rotschuppig umrandeten Form des *Arapaima gigas* wird eine gelbschuppig umrandete Form als seltenere Farbmutante erwähnt, die am unteren Rio Pacaya in einzelnen Stücken gefangen werden konnte.

4. Die Maximalgröße des *Arapaima gigas*, die in der älteren Literatur viel zu übertrieben angegeben wird, liegt bei gut 3 m Totallänge. Die Tiere, die am Rio Pacaya harpuniert wurden, hatten eine Durchschnittslänge von knapp 2 m (genau 1,98 m); das größte Tier war ein 2,32 m langes und 133 kg schweres Männchen, das kleinste ein 1,10 m langes Weibchen. In einigen stark überfischten Gebieten in Brasilien, besonders unterhalb von Manaus, sind *Arapaima* von 1,80—1,90 m Totallänge schon Ausnahmen; meist fangen die dortigen Pirarucúfischer Tiere von kaum 1½ m Länge.

5. *Arapaima gigas* stellt gegenüber dem Chemismus und der Sedimentationsstärke der Gewässer (innerhalb einer recht breiten Skala) keine besonderen Ansprüche. Die Morphologie der Gewässer und der Pflanzenwuchs am Ufersaum und auf dem Wasser ist dagegen wichtiger, indem dieser Fisch als Aufenthaltsbereich eine vielverzahnte Uferzone mit einem mit dem Wasser innig und vielgestaltig verbundenen und ausgedehnten Gelegetpflanzensaum (Schwingwiesen) und eine Schwimmflora wünscht. In einem typischen *Arapaima*-Biotop bilden am Ufersaum die aquaphilen Uferpflanzen eine dichte Verzahnung.

Arapaima gigas ist sowohl ein Fisch des Weißwassers wie auch des Klarwassers und auch des Schwarzwassers, soweit dessen Humusgehalt (Braunfärbung-Acidität) nicht zu sauer ist, so daß man direkt von einem stark sauren Humuswasser sprechen müßte. *Arapaima*-Gewässer, die von reinem d. h. stark sauren Humusgewässern gespeist werden gibt es nicht. Die Terra firme-Seen in Brasilien haben selten *Arapaima*, sondern nur die Várzea-Gewässer im Überschwemmungsgebiet der großen Ströme. Das ziemlich von Sedimenten befreite, also „geklärte“ Wasser der Flachzonen mit einem pH von 6,5—7 (gelegentlich zeitweise etwas darüber) ist sehr fruchtbar und nahrungsproduktiv und gibt einem so groß werdenden Fischfresser wie *A. gigas* reichlich Nahrung, denn mancherorts ist für diesen starken Fisch ein üppiges Nahrungsangebot sehr ausschlaggebend für sein Vorkommen. Das Fehlen des *Arapaima gigas* im Rio Negro-Wasser außerhalb der Einmündungszonen der starken Zuflüsse aus dem Norden hat drei wesentliche Gründe; 1. der Wasserchemismus (der *hier* bei einem pH von nur 4,3—4,1 an erster Stelle steht), das Wasser ist einfach zu sauer; 2. der Mangel an ausreichender Nahrung, denn für viele Fischarten, die als *Arapaima*-Nahrung in Frage kämen, ist das Rio Negro-Wasser ebenfalls zu sauer und wird gemieden und nur gelegentlich durchschwommen, und 3. fehlt auch dem sauren Schwarzwasser des Rio Negro die notwendigen Biotope für eine Vermehrung des Pirarucú.

Manche ausgesprochenen Klarwasserflüsse haben, obgleich der Wasserchemismus für *A. gigas* voll und ganz in den Verträglichkeitsgrenzen liegt (z. B. der unteren Tapajos und der untere Xingu) nur sehr spärliche Pirarucú-Bestände. Diesen großen Klarwasserflüssen fehlen nämlich die Uferseen und die schwimmende Ufervegetation, und die Ufer bestehen auf weiten Strecken aus reinen Sandstränden. Das ganz magere Vorkommen des *A. gigas* in diesen Gebieten zeigt sehr deutlich wie ausschlaggebend die Morphologie der Gewässer und der Pflanzenwuchs am Wassersaum in bezug auf das Vorkommen und die Häufigkeit gerade dieses Fisches ist.

Neben den gelegentlich und dort zum Teil auch Schwingwiesen erzeugenden Gramineen *Echinochloa polystachia* und *Paspalum repens* sind es am Rio Pacaya vor allem drei Pflanzen, die am Gewässerrand und auf dem Wasser den *Arapaima*-Biotop charakterisieren:

- a) Die schwimmende Arazee *Pistia stratiotes*.
- b) Die schwimmende Mimose (Mimosoidee) *Neptunia oleracea*.
- c) Die Pontederazee *Eichhornia azurea*.

In anderen Gebieten sind es neben oder ohne diese Pflanzen andere aquaphile Arten, die die Seen und Flußarme bedecken, in denen *A. gigas* vorkommt, wie z. B. eine Pontederiazee mit blaßroten Blüten, eine weißblühende *Jussiaea*-artige Onagrazee, schwimmende Farne, eine *Urticu-*

laria mit gelben Blütentrauben (im Weißwasser auch die *Victoria regia*), *Salvinia* und das Schilfgras *Cannarana*.

6. *Arapaima gigas* ist im größeren Zustand ein Fischfresser. Er frißt häufig Fische aus den Unterfamilien bzw. Gattungen *Prochilodus*, *Anostomus*, Loricariinae, Hypotominae, *Tetragonopterus*, *Leporinus* und *Triportheus* (*Chalcinus*) unter deutlicher Bevorzugung der Loricariinae. Die bedornen vorderen Stachelstrahlen der Brustflossen und die Hautknochenplatten dieser Fischgruppe findet man jedenfalls sehr oft im Nahrungsbrei des Darmtraktes.

Heranwachsende *Arapaima gigas* nehmen sehr gern die amazonische *Macrobrachium amazonicum* auf.

Noch nicht geschlechtsreife oder zum ersten Mal geschlechtsreif werdende *A. gigas* zehnten am Rio Pacaya sehr häufig die Schwärme der „sardina“ (Gattung *Triportheus*) und zwar in ganz schwach strömenden Wasser *T. angulatus* und im stehenden Wasser der Cocha *T. elongatus*. Es kann sich hierbei jedoch um eine lokale Gegebenheit handeln, weil dem Paiche dieser dort außerordentlich häufige Salmmler mühelos in reichlicher Menge zur Verfügung steht.

7. Die Schwimmblase des *Arapaima gigas* ist zu einem Organ umgestaltet, das vom Wasserspiegel aufgenommene Luft veratmen kann. Die alveolär bzw. spongiös gewordene dorsale Schwimmblasenwand, die an ein kompliziertes Balkenwerk erinnert, schmiegt sich den Nieren bzw. dem sie umgebenden lymphoiden Gewebe dicht an. Dieses Gewebe ist rechts und links der dorsalen Medianebene zu zwei langen dicken Wülsten zu beiden Seiten der Aorta angeordnet. Das Balkenwerk verzweigt sich über diesen Urnieren zu einem dichten kapillaren Netzwerk, das Respirationsfunktionen besitzt, indem der Sauerstoff der eingeatmeten Luft hier an den Kapillaren resorbiert wird. Vorn öffnet sich ein kurzer, weiter Schwimmblasengang in die dorsale Schlundwand, die von kräftiger Muskulatur umgeben ist. Bei der Luftaufnahme eines großen *Arapaima gigas* am meist glatten Wasserspiegel bildet sich ein typischer Turbulenzkreisel. Hierbei wird der Wasserspiegel unter mäßig geöffneten Maul häufig mit viel Kraft durchbrochen. In Sekundenbruchteilen wird dann mit einem kurzen, schnalzenden Laut die alte Luft ausgestoßen und neue aufgenommen, wonach der Fisch sofort wieder tiefer ins Wasser absinkt. Bei Wegtauchbeginn sieht man sehr häufig eine große, bald zerplatzende Blase im Zentrum des sich bildenden Turbulenzkreisels.

Adulte *Arapaima gigas* kommen im Durchschnitt alle 10—15 min zur Aufnahme atmosphärischer Luft an den Wasserspiegel, während Jungfische in Längen zwischen 2,5—5 cm etwa alle 8—9 min und kleinste Larven dieses Fisches sogar alle 4—7 min zur Luftaufnahme nach oben steigen. Je kleiner die Fische sind, um so häufiger kommen sie

bei sonst gleichen äußeren Bedingungen zum Wasserspiegel. Die Luftaufnahme des juvenilen *Arapaima gigas* wird auf Grund von Aquarienbeobachtungen, die am Ufer der Quisto Cocha bei Iquitos gemacht wurden, in den einzelnen Phasen sehr genau beschrieben. Juvenile *A. gigas* halten in einem Schwarm, besser in einem Pulk zusammen; dieser Pulk kommt jedesmal fast gleichzeitig zum Luftholen an die Wasseroberfläche. Zu Beginn des Zurückgleitens ins tiefere Wasser ist dabei sehr oft eine prompte Richtungsänderung des ganzen Pulks zu beobachten.

8. Bei einer Totallänge von knapp 1,70 m und einem Gewicht von 40—45 kg tritt am Rio Pacaya (Gebiet mit optimalem Nahrungsangebot!) im 4.—5. Lebensjahr die Geschlechtsreife des *Arapaima gigas* ein. Exemplare von knapp 1,70 m Totallänge, die noch unreif waren (unreifes Ovar bzw. unreifer Testikel), hatte neben schmalen und verwachsenen Sekundärringen 4 bzw. 5 deutlichere Ringzonen an den Wirbelkörpern, während größere Tiere über 1,70 m Totallänge mehr als 5 deutlichere Ringzonen zeigten.

9. In der Vorlaichzeit Anfang August und im September — erst recht im Oktober und November — sind bereits viele adulte *Arapaima gigas* zu Paaren vereinigt.

10. Die Gonaden werden paarig angelegt, aber nur unpaar zur Reife gebracht (die rechte Gonade atrophiert). Anomalien kommen selten vor. Im Ovarium finden sich neben reifenden und reifen Eiern auch zahlreiche Abortiveier, so daß die Anzahl der tatsächlich zur Ablage kommenden Eier viel geringer ist, als es nach der Größe und der Ausdehnung eines vollentwickelten Ovariums (Länge des Ovars bei einem 2,18 m großen und 115 kg schweren Weibchen annähernd 60 cm und 1377 g schwer) den Anschein hat. Außerdem besteht die noch nachzuprüfende Vermutung, daß ein Teil der adulten Tiere (oder gar gesetzmäßig alle?) nicht jedes Jahr geschlechtsreif wird, sondern alle 2 Jahre.

11. Die Hauptlaichzeit des *Arapaima gigas* liegt im Einzugsgebiet des unteren Rio Ucayali Anfang bis Mitte November, aber bereits Mitte bis Ende Juli können einzelne Exemplare bereits abgelaicht haben und kleine Junge führen, desgleichen auch einige wenige Tiere im August und im September.

12. Die Ansprüche des *Arapaima gigas* an den Laichbiotop sind alles in allem die Ansprüche, die der Fisch an seine Aufenthaltsbereiche außerhalb der Laichzeit stellt. Daher überschneiden sich häufig Aufenthaltsbereiche und Laichbiotope. Es sind gleichartige Ansprüche in gesteigertem Ausmaß, d. h. es sind Gebiete mit besonders starker Verzahnung von Wasserfläche und Ufersaum mit besonders reicher Verflechtung des Wassers mit aquaphilen Pflanzen als Stillwasserzonen

mit sehr ruhigem turbulenz- und wellenfreien (oder höchstens ganz wellenschwachen) Wasserspiegel, Zonen die so angelegt sind, daß sie von dem normalerweise immer schwachen Wind, wenn überhaupt, nur stellenweise bestrichen werden können. Ein typischer Laichbiotop hat eine zumindest schwache, in vielen Fällen aber auch sehr starke Phytoplanktonentwicklung (z. B. die Zapote Cocha am unteren Rio Pacaya), die das geklärte, oft leicht teefarbige Wasser grün maskiert. Die Laichbiotope = flache Stillwasserzonen werden durch direkte Sonneneinstrahlung oft stark aufgeheizt. Die laichbewachenden Alttiere, die Eier und vor allem die zarten Jungfische der ersten Lebenswochen sind daran angepaßt.

13. An Hand der Beobachtung eines *Arapaima*-Pärchens ergab sich Mitte November 1959 die Gelegenheit der Aufdeckung einiger Phasen des Laichgeschäftes. Dieses Pärchen war in dem nur schwach phytoplanktonhaltigen und sichtgünstigen Wasser einer Stillwasserbucht des Caño Yarina (unterer Rio Pacaya) sehr vorsichtig an die Beobachtungspersonen im Kanu gewöhnt worden. Der Ablaihlplatz befand sich im Wasser von nur etwas über $1\frac{1}{2}$ m Tiefe. Das an dieser Stelle „fixierte“ Männchen beobachtete ich mehrere Tage an dieser Stelle. Das Weibchen befand sich während dieser Zeit fast immer etwa 10—15 m (gelegentlich auch entfernter) abseits vom Männchen, wie es einmal langsamer, einmal schneller, häufig direkt unter der Wasseroberfläche umherschwamm. Zu den abgelegten Eiern und den sehr jungen Nachkommen ist das Männchen der stärker gebundene Partner; es bewacht Eier und Jungfischpulk unmittelbar neben bzw. über sich, während das Weibchen größere Fische aus der weiteren Umgebung vertreibt. Kleine vom Männchen verjagte Fische werden von diesem vom Ablaihlplatz verscheucht, aber, soweit ich feststellen konnte, nicht gefressen.

7—8 Tage alte *Arapaima*-Larven (17—18 mm lang) kommen in die oberen Wasserschichten, schließen sich dort zu dem eng begrenzten Jungfischpulk zusammen und halten sich dabei immer dicht über dem Kopf des Männchens an der Grenze zwischen dem dunklen Kopf und dem umgebenden teefarbenen oder phytoplanktonbeladenen grünen, aber lichtdurchdrungenen Wasser auf. Dieser Pulk wird normalerweise von keiner Larve bzw. von keinem Jungfisch verlassen. Bei den in der ersten Zeit meist recht geringen Ortsveränderungen des Männchens — später, d. h. wenn die Jungfische älter geworden sind, zieht das Männchen und der Pulk (dieser dann in einem weiteren Abstand) in einem bestimmten Bereich umher — folgt der über dem Kopf und Vorderkörper angeordnete Pulk dem bewachenden Vater in ständigem, kurzen Abstand von wenigen Dezimetern. Aus dem „Familienschwarm“, besser „Vaterschwarm“, der dem Vater eng folgt (angeborene Vorliebe der kleinen Larven für die Farbe schwarz bzw. schwarzblau = Färbung

der dorsalen Partien des Vorderkopfes) wird sukzessiv der dahinziehende Schwarm untereinander gleichwertiger Individuen = kleiner Jungfische.

7—8 Tage alten Larven beginnen schon zu fressen (feines und grobes Plankton), obgleich noch letzte Spuren des Dottersacks vorhanden sind; auch die Umgestaltung der Schwimmblase zum Atmungsorgan für atmosphärische Luft ist schon vollzogen.

14. Es konnte in dem sichtgünstigen Wasser der Stillwasserbucht des Caño Yarina kein Maulbrüten des *Arapaima gigas* beobachtet werden. Desgleichen fanden sich keinerlei Anzeichen dafür, daß sich kleinste Larven und Jungfische vom Sekret jener Kopfsekretionsorgane jemals ernähren, die für *Arapaima gigas* so charakteristisch sind.

15. An 100 unverletzt in der Zapote Cocha gefangenen Larven werden einige einfache Experimente zur Prüfung der Reaktion der Larven auf Licht, Erschütterungen und Turbulenzen gemacht.

Während die Larven gegenüber von oben einfallenden, intensiven und gerichteten Licht negativ heliotropisch sind, sind sie gegenüber schwachem bis mittelstarkem Licht positiv heliotropisch. Sie sind gegenüber plötzlich von oben auftretenden Schatten (wenn sie ohne Erschütterungen gegeben werden) weitgehend reaktionslos. Gegenüber Erschütterungen und Turbulenzen sind sie aber außerordentlich empfindlich. Sie schießen von der Seite der Erschütterung bzw. Turbulenz aus ihrem Pulk prompt weg und auseinander nach oben zum Wasserspiegel. Der Zusammenhalt der Jungfische im Pulk wird im phytoplanktonüberladenen und sichtungsgünstigem Wasser wahrscheinlich weniger optisch gesteuert, als vielmehr durch dieses sehr feine Empfindungsvermögen gegenüber den im Pulk erzeugten Turbulenzen. Das Perzeptionsorgan zur Wahrnehmung dieser Turbulenzen ist die Seitenlinie und die furchenförmigen Spalten (mit kleinen Protuberanzen) an den Kopfsekretionsorganen und in unmittelbarer Nachbarschaft dieser Kopfsekretionsorgane. Die Seitenlinie ist bei juvenilen und adulten Tieren sehr vollständig ausgebildet.

16. Bei 18 mm langen und 8 Tage alten Larven ist der larvale Flossensaum noch vorhanden, und die paarigen Flossen stehen noch auf einem sehr unvollständigem Stadium. Die Pigmentierung entspricht noch nicht ganz derjenigen älterer Stadien. Die dorsalen Partien des Kopfes besonders über dem Gehirn (Lichtschutz bei diesen oft an die voll besonnte Wasseroberfläche kommenden Larven!) und der Rücken in Form eines breiten Bandes weisen eine dichte schwarzbraune Pigmentierung auf. Nach den Seiten zu folgt auf dem Rumpf eine streifenförmig nach hinten ziehende Zone schwacher Pigmentierung. Dieser Streifen sieht schmutzig grauweiß aus. Auf diesen helleren Streifen folgt an den Körperseiten wiederum ein breites Band stärkerer Pigmentierung (schwarzbraun), das sich dann ventral in den helleren, viel schwächer pigmentierten

Bauchpartien verliert. Auf dem Unterkiefer finden sich bereits die charakteristischen Kopfsekretionsfelder, die aber bei Larven und Jungfischen, im Gegensatz zu den adulten Tieren, noch nicht stark, wahrscheinlich sogar sehr schwach Sekrete aussondern.

Bei 13—14 Tage alten und um 21,4 mm langen Larven ist der larvale Flossensaum stärker reduziert, aber vor der Dorsalen als sehr schmal gewordener First noch zu erkennen. Die Brustflossenbildung geht zügig voran.

Bei 19 Tage alten und um 33,6 mm langen Jungfischen (erstes postlarvales Stadium) ist der larvale Flossensaum restlos geschwunden; auch die Brustflossen sind gut ausgebildet; nur die Bauchflossen sind noch relativ klein und schwach. Die Rückenpartie dieser Jungfische ist jetzt tief blauschwarz. Bei Jungfischen von über 40 mm Länge, die mehr als 22/23 Tage alt sind, sind alle Flossen voll ausgebildet.

17. Im November 1959 konnten in der 80 ha großen Zapote Cocha (unterer Rio Pacaya) allein 11 Jungfischpulks des *Arapaima gigas* eindeutig nachgewiesen und in ihren Aufenthaltsbereichen und Schwimmbahnen, die in einer Karte festgehalten wurden, beobachtet werden. Die Schwimmbereiche der einzelnen Pulks in diesem recht beschränkten See hatten eine Breitenausdehnung von etwa 140—170 m (die Breitenausdehnungen verliefen ziemlich parallel zur Uferlinie) und lagen alle in Ufernähe. Der See hat einen Bezirk, der von dem schwachen, aber beständigen Nordwind voll bestrichen wird und dementsprechend eine relativ stärkere Wellenbewegung aufweist als die übrigen windgeschützteren Bereiche des Sees. In diesem Areal mit der relativ stärkeren Wellenbewegung beobachtete ich keinen einzigen Jungfischpulk. Die jeden Augenblick an der Wasseroberfläche Luft aufnehmenden kleinen Jungfische können hier nur mit weit größerem Energieaufwand ihre Schwimmblase mit Luft füllen. Daher wird dieser Areal gemieden.

Nach schweren Wärmegewittern, die häufig sind und von Windböen begleitet werden, scheint es starke Störungen der bewachenden *Arapaima* und ihrer Jungfischpulks zu geben, so daß sich die einzelnen Aufenthaltsbereiche zum Teil beträchtlich gegeneinander verschieben. Aber es dauert meist nicht lange, bis die alten Aufenthaltsbereiche wieder eingenommen werden. Das setzt einen sehr guten Kontakt zwischen dem Jungfischpulk und seinen Eltern voraus, der in dem grünen Cochawasser sicherlich nicht optisch gesteuert wird.

Aus allen Jungfischpulks wurden einzelne Individuen mit dem Kescher herausgefangen. Trotz dieser Störungen konnten wir weder einen Pulk auseinandersprenge, noch führte eines der Elterntiere seinen unter der Störung stehenden Pulk aus seinem Schwimmbereich weg in ein benachbartes Gebiet.

18. Um zu prüfen, wie sich ein Pulk verhält, dessen Eltern getötet werden, wurden von einigen Pulk die Elterntiere harpuniert. Ein verwaister Pulk hat die „Bindung“ an die Eltern verloren; das führt zu einer Erweiterung der Schwimmbahnen, d. h. der Pulk, dessen Individuen wie bisher zusammenbleiben, schwimmen in einem größeren Bereich umher, bis sie plötzlich in einigen Tagen restlos verschwunden sind. In Nachbarpulk findet man dann zu wiederholten Malen Jungfische, die eine ganz andere Größe — kleiner oder größer wie die Hauptmaße der Fische — aufweisen. Diese Größe ist so verschieden, daß sie unmöglich die Endglieder der Variationsbreite des betreffenden Pulks sein können, denn die Variationsbreite ist, was das Wachstum anbelangt, bei den Mitgliedern eines Pulks sehr gering. Es bestehen starke Hinweise, daß es bei *Arapaima gigas* Adoptivjunge gibt: Durch die genau beobachtete Vergrößerung der Schwimmbahnen des Pulks nach dem Tode der Eltern kommt der Pulk mehr oder weniger automatisch in den „Wirkbereich“ eines Nachbarpulk und, da die „Steuerung“ durch die Eltern fehlt, geht der verwaiste Restpulk in dem (allein schon der Zahl nach) stärkeren Pulk auf. Das geht um so schneller, je schwächer der Zahl nach der verwaiste Restpulk ist. Die Adoptiveltern (die an der Adoption sicherlich nicht aktiv beteiligt sind, sondern das Aufgehen der Neuankömmlinge in ihrem Pulk nur passiv dulden) anerkennen den nun gemischten Pulk genau so wie vorher, d. h. sie bewachen ihn genau wie vorher. Durch Markierungsexperimente, die von mir versäumt wurden, kann dieses interessante Verhalten wahrscheinlich in Zukunft eindeutig geklärt werden.

19. Die Kopfsekretionsorgane des *Arapaima gigas* werden in ihrer Gestalt und in ihrem histologischen Aufbau eingehend beschrieben. Die Sekretion aus diesen Organen ist bei den adulten Tieren bereits in der Vorlaichzeit, besonders aber in der Laichzeit, wenn die großen Fische ihre Jungfischpulk bewachen und führen, sehr stark. Bei formalinkonservierten Köpfen koaguliert das Sekret zu einer weißlichgrauen Substanz, die sich dann bei einer Reihe sehr großer Kopfsekretionsfelder als feiner weißlicher Film meist im Zentrum auf dem betreffenden Feld niederschlägt.

Die Organe sind sehr gut innerviert und mit Blut versorgt. Bei Tieren, die von ihren Jungfischpulk weggefangen wurden und die nach dem Harpunieren durch einige Schläge mit einer Hartholzkeule auf den Kopf getötet wurden, tritt sehr oft mit Blut untermischtes Sekret an den Sekretionsfeldern hinter den Augen aus.

Von den randständig am Kopfsekretionsorgan angeordneten Sekretionsporen ziehen spaltförmig erweiterte Lumen schräg nach Innen zum Zentrum der Organe. Diese Spalten vereinigen sich zu einer größeren Spalte (Zentrallumen); manchmal kann sich ein Zentrallumen mit einem

oder mehreren Zentrallumen zu einem noch größeren, gewissermaßen übergeordneten Zentrallumen vereinigen. Diese spaltenförmigen Bildungen sind von einer sekretierenden Epidermis umkleidet, die in die Spalten hinein und von da aus zu den Poren reichlich Sekret entläßt.

Die Epidermis im Bereich der Sekretionsorgane ist, wie anderswo auch, mehrschichtig und besteht im wesentlichen aus polygonalen Zellen und Kolbenzellen, zwischen die reichlich große Becherzellen (Schleimzellen) eingestreut sind. Das Sekret der Kolbenzellen gelangt durch die Epidermisschicht intercellulär in die Spalten. Daß diese Schicht hier zur außerordentlicher Sekretion befähigt ist — das Zentrallumen ist das Sammelbecken für diese Sekrete — das beweisen indirekt die vielen großen Schollen, die sich hier im Bereich der Schicht der polygonalen Zellen und Kolbenzellen finden. Es sind nämlich von den Drüsenzellen (vornehmlich den in der Tiefe liegenden Kolbenzellen) ausgestoßene, noch intercellulär liegende, ursprünglich natürlich amorphe Sekretstoffe, die bei Bouinkonservierung Schollenform angenommen haben.

Der reichlich abgesonderte Schleim zur Zeit der Jungenführung dient nicht zur Ernährung dieser Jungen. Es werden gewichtige Hinweise angeführt (ein Jungfischpulk kam nah an die Bootsseite, an der das getötete Vatertier unter heftigem Umwälzen des schweren Fischkörpers ins Boot gezogen wurde; ein Jungfischpulk schwamm auffällig in einem eng begrenzten Bezirk umher, in dessen Wasser ein mit dem Sekret des Vatertieres getränkter Mullbinde ausgeschwenkt worden war), die es wahrscheinlich machen, daß dieses Sekret in sekundärer Funktion ein sich im Wasser verteiler „Kontaktstoff“ zwischen Jungen und Eltern ist.

Der adulte *Arapaima gigas* schnellst unter etwas drehender Bewegung ohne Lufteinnehmen häufig über den Wasserspiegel hinaus und schlägt mit lautem Knall mit dem Schwanz auf das Wasser. Dabei wird in Fäden und Schlieren ein weißlicher Stoff ins Wasser entlassen. Es wird vermutet, daß es sich hierbei nicht um die Abgabe von Exkrementen handelt, sondern um die Abgabe von Sekreten, um jene Sekrete nämlich, denen eine Kontaktfunktion zwischen Jungfischen und Eltern zugesprochen wird. Zusammenfassend ist zu sagen: Die kleinen Larven halten vornehmlich auf optischem Wege Kontakt mit dem Vater. Unter sich halten sie Kontakt in erster Linie durch ihr gutes Empfindungsvermögen gegenüber Stauungen und Turbulenzen. Auch wenn sich das Vatertier etwas entfernt vom Jungfischpulk kurzfristig aufgehalten hat, findet es selber — und auch die Jungen zu ihm — wieder Kontakt in erster Linie durch das gute Empfindungsvermögen gegenüber Stauungen und Turbulenzen. Auf größere Entfernungen wird der Jungfischpulk wahrscheinlich durch die ins Wasser entlassenen Sekrete der Sekretionsfelder der Eltern wieder zu diesen hingeleitet, wobei natürlich

auch die Wahrnehmungen der turbulenz erzeugenden Bewegungen der Eltern und des Jungfischpulks wechselseitig die Zusammenführung bewerkstelligen.

20. Im Alter von $2\frac{1}{2}$ — $3\frac{1}{2}$ Monaten lösen sich die Jungfischpulks auf. Die Auflösung der Pulks wird einmal durch die ständig zunehmende Lockerung der Eltern zu ihrem Pulk und zum anderen durch das steigende Wasser, das alles überschwemmt, die Grenzen verwischt und Strömungen und Turbulenzen schafft, wo bisher Stillwasserbereiche und abgeschnittene Zonen lagen, gefördert.

Teichgehälterte juvenile *Arapaima gigas* bleiben länger in einem dichten Jungfischpulk zusammen als Jungtiere in der Freiheit.

21. Der adulte *Arapaima gigas* ist außerhalb der Laichzeit ein einzelgängerischer Fisch.

Resumen

En este trabajo se expone detalladamente la biología y ecología del fisostomen tan característico para muchos ríos del Amazonas y muy importante para la economía del país, a saber el *Arapaima gigas* llamado "Paiche" en la Amazonia peruana y "Pirarucú" en el Brasil.

Encargado por el Ministerio de Agricultura del Perú el autor de este trabajo practicó las investigaciones del *Arapaima gigas* en el año 1959/60, sobre todo en el Río Pacaya, afluente izquierda del bajo Ucayali, en el Departamento de Loreto.

1. La región donde vive este pez abarca la zona de llanuras del Amazonas y de sus tributarios, situada bajo el plano de nivel de 200 metros, desde el delta del Amazonas hasta casi la base de los Andes. El *Arapaima gigas* es un pez típico de la "Hylaea". En el este de la región donde vive, hay dos centros de su existencia abundante, es decir el distrito situado a la frontera oriental del norte del Brasil (las aguas del bajo Río Branco, Rupununi y Essequibo) y las vastas regiones a ambos lados del Amazonas, a saber sobre todo la várzea con sus grandes y pequeños lagos y zonas de inundación, con los afluentes meridionales del Amazonas, donde varía el número de *Arapaima gigas*. Al sur de esta región está reducida la extensión de este pez por los grandes saltos de agua.

En el Río Negro, situado entre estas regiones, no existe el *Arapaima gigas*, porque este río tiene agua negra muy ácida cuyo valor pH vascila en muchas partes entre 4,3 y 4,1. El Pirarucu sólo existe en la zona de desembocadura de los ríos afluentes con agua blanca, p.e. el Río Dimini, el Río Branco, que es muy caudaloso, y otros ríos de agua blanca provenientes del norte.

2. Se supone que este fisostomen tuvo su centro de origen en la región central del Río Branco, del Río Rupununi al Río Rewa y quizá un poco más hacia el noroeste, de donde se extendía através de la región del Río

Negro hasta el Amazonas, y desde allí al oeste y al sur, a lo largo de la "Hylaea".

3. Aparte del *Arapaima gigas* ordinario, perfilado de escamas rojas, se menciona — como variación de color — él perfilado de escamas amarillas. Del tipo último se pudieron cazar algunos ejemplares en el bajo Rio Pacaya.

4. La longitud máxima del *Arapaima gigas* — exagerada en la literatura anterior — es de unos 3 metros en total. Los peces que se arponaban en el Rio Pacaya, tenían una longitud media de 2 metros (exactamente 1,98 m); el animal más grande fue un macho de 2,32 m de longitud y 133 kg de peso; el más pequeño una hembra de 1,10 m de longitud.

En algunas regiones de intensa pesca en el Brasil, sobre todo más abajo de Manaos, *Arapaima gigas* de una longitud de 1,80 a 1,90 metros ya pueden considerarse como excepciones; generalmente los pescadores de Pirarucú pescan animales de apenas 1,50 m de longitud.

5. El *Arapaima gigas* no tiene especiales exigencias — dentro de una escala amplia — referente a la química y la intensidad de sedimentación del agua. Más importantes son la mortología y la splantas de las bajas orillas y sobre el agua, ya que este pez exige como región para vivir unas orillas densas con una orla de hierbas que se extienden al agua sin estar arraigadas en el suelo, y de una flora flotante. En un biotipo típico para el *Arapaima gigas* las plantas acuáticas de la orilla están muy estrechamente ligadas en la baja orilla.

El *Arapaima gigas* existe en agua blanca así como en agua clara y en agua negra, si la intensidad de humus (coloración parda — acidez) no es demasiado ácida, de modo que tendría que hablarse de agua de humus bastante ácida. No existen ríos para el *Arapaima gigas*, que tienen pura agua de humus, es decir agua intensamente ácida. Los lagos de la Tierra Firme en el Brasil contienen raramente *Arapaima gigas*, sólo los contienen los ríos de la várzea en la región donde desbordan los grandes ríos. Los ríos en las zonas bajas, depurados de sedimentos y por ello "aclarados", con un valor pH de 6,5 y 7 (y a veces aún un poco elevado) son muy fértiles y nutritivos representando una abundante oferta de alimentos para un pez tan grande como el *Arapaima gigas*, ya que en varias partes esa abundante oferta de alimentos es esencialmente importante para la existencia del *Arapaima gigas*. La falta de este pez en las aguas del Rio Negro, fuera de las desembocaduras de los grandes afluentes del norte, tiene tres causas esenciales:

a) La química del agua, que ocupa, con un valor pH de sólo 4,3 a 4,1 (que es demasiado ácida) el primer lugar.

b) La falta de alimentos suficientes, ya que para muchos peces que sirven de alimentación para el *Arapaima gigas*, las aguas del Rio Negro

son también demasiado ácidas: Estos peces pasan muy poco por allí, generalmente no frecuentan estos ríos.

c) Las ácidas aguas negras del Rio Negro no tienen los biotopos necesarios para la reproducción del Pirarucú.

En algunos ríos de agua clara (p.e. el bajo Tapajos y el bajo Xingu) existen sólo muy pocos *Arapaima gigas*, aunque allí la química del agua es completamente tolerable para el *Arapaima*. Estos grandes ríos de agua clara no tienen lagos de orillas y les falta la vegetación flotante ligada con las plantas de la orilla, y las orillas son, en grandes partes, meras playas de arena. La muy escasa existencia del *Arapaima* en estas regiones manifiesta muy claramente la esencial importancia que tienen la morfología de las aguas y la vegetación en las orillas para la existencia y frecuencia de precisamente este pez.

Aparte de las gramíneas *Echinochloa polystachia* y *Paspalum repens*, que se extienden a la superficie del agua sin estar arraigadas allí en el suelo, son — en la región del Rio Pacaya situado al bajo Rio Ucayali — sobre todo tres plantas, que caracterizan, a las bajas orillas y a la superficie del agua, el biotopo para el *Arapaima gigas*:

- a) La flotante Arazea *Pistia stratiotes*.
- b) La flotante mimosa (Mimosoidea) *Neptunia oleracea*.
- c) La ponderazea *Eichhornia azurea*.

En otras regiones existen otros tipos acuáticos que cobran, junto con estas plantas o sin ellas, los lagos y los ríos, en los que existe el *Arapaima gigas*, p.e. una pontederiazea con flores de un rosa claro, una onagrazea parecida a la jussiaea con flores blancas, helechos flotantes, una urticularia con corimbos amarillos (en agua blanca existe también la *Victoria regia*), además la salvinia y una especie de hierba llamada *Cannarana*.

6. El *Arapaima gigas* adulto es un ictiófago. Suele comer peces de las familias o de los géneros *Prochilodus*, *Anostomus*, Loricariinae, Hypotominae, *Tetragonopterus*, *Leporinus* y *Triportheus* (*Chalcinus*) prefiriendo claramente el Loricariinae, ya que se encuentran muchas veces los espinosos rayos anteriores de las aletas pectorales así como pequeñas placas óseas en la piel de estos peces, entre los restos de alimentos contenidos en las tripas del *Arapaima gigas*.

Arapaima gigas pequeños suelen comer la garnela amazonica *Macrobrachium amazonicum*.

Arapaima gigas que todavía no tenían la madurez sexual o estaban a punto de alcanzarla, reducían muchas veces, en el Rio Pacaya, los cardumenes de la "sardina" (familia de los *Triportheus*), lo que hacían en aguas de muy poca corriente con *T. angulatus* y en aguas estancadas de la Cocha con *T. elongatus*. Pero puede tratarse, en este caso, de una

especialidad local, porque este Characidae existe en abundancia y es muy fácil de alcanzar.

7. La vejiga natatoria del *Arapaima gigas* se ha formado en un órgano que puede respirar el aire atmosférico tomado a la superficie del agua. La pared dorsal de la vejiga que se ha puesto alveolar o esponjosa y que es semejante a un complicado tejido trabecular, está estrechamente ligada con los riñones o con los tejidos linfoides circundantes. Este tejido se forma a la derecha y a la izquierda del plano mediano dorsal en dos bultos largos y gordos a ambos lados de la aorta. El tejido trabecular se ramifica por encima de este Pronephridium en una densa red capilar que tiene funciones respiratorias, es decir, el oxígeno del aire respirado está absorbado en estos vasos capilares. Por delante se abre un pasillo corto y ancho de la vejiga hacia la pared dorsal del gástrate que está circundado de fuertes músculos. Cuando un *Arapaima gigas* adulto respira aire a la superficie del agua — que generalmente está lisa — se forma un típico vórtice de turbulencia. El *Arapaima* rompe la superficie del agua varias veces y enérgicamente con la boca un poco abierta. En menos de un instante deja salir, con un breve chasquido, el aire respirado respirando aire fresco, y inmediatamente después se zambulle en el agua. Al zambullirse el *Arapaima*, puede observarse — en el centro del vórtice — una gran burbuja que revanta pronto.

Arapaima gigas adultos generalmente suben cada 10 a 15 minutos a la superficie del agua para respirar aire atmosférico, mientras que *Arapaima* pequeños de una longitud de 2,5 a 5 cm suben cada 8 a 9 minutos, y las larvas muy pequeñas suben aún cada 4 a 7 minutos. Lo más pequeños son los peces, lo más frecuentemente suben a la superficie del agua. En los acuarios, a orillas del lago Quisto Cocha, cerca de Iquitos, se observó la respiración del aire atmosférico y se la describió muy exactamente en todas las fases.

Arapaima jóvenes nadan en cardúmenes, mejor dicho en un cardumen estrechamente formado, este cardumen formado sube cada vez, casi simultáneamente, a la superficie del agua para respirar aire atmosférico. Cuando se zambulle en el agua puede observarse muchas veces un pronto cambio de dirección de todo el cardumen.

8. Alcanzados una longitud de casi 1,70 m y un peso de 40 a 45 kg, el *Arapaima* del Rio Pacaya (región de una oferta óptima de alimentos!) tiene, en su cuarto o quinto año, su madurez sexual. Ejemplares de casi 1,70 m de longitud total que todavía no eran maduros (ovario no-maduro o testículo no-maduro) tenían junto a las rayas secundarias delgadas y borrosas, 4 a 5 complejos de rayas más diferenciadas a las vértebras, mientras que los peces adultos de más de 1,70 m de longitud total tenían más de 5 complejos de rayas bien diferenciadas.

9. En el período anterior al desove (a principios de agosto y en septiembre y sobre todo en octubre y en noviembre) ya muchos *Arapaima* adultos forman parejas.

10. Las gonadas están formadas en par, pero maduran sólo impar (la gonada derecha está atrofiada). Anomalías casi no existen. En el ovario se encuentran además de huevos que están madurando o ya maduros también numerosos huevos abortivos, de modo que el número de los huevos que se depositan es mucho más reducido de lo que parece según el tamaño y la longitud de un ovario completamente desarrollado (la longitud del ovario de una hembra de 2,18 m de longitud y 115 kg de peso es de casi 60 cm y pesa 1337 g). Además se supone — lo que todavía es de comprobar — que una parte de los peces adultos (o tal vez sean todos?) alcance la madurez sexual sólo cada 2 años y no cada año.

11. El principal tiempo de desove del *Arapaima gigas* es para el bajo Rio Ucayali y sus afluentes de principios a mediados de noviembre, pero ya de mediados a finales de julio algunos ejemplares pueden haber desovado y llevar sus jóvenes consigo, y también en agosto y septiembre algunos pocos *Arapaima* lo hacen así.

12. Lo que requiere el *Arapaima gigas* del biotopo del desove es generalmente lo mismo que requiere, fuera del tiempo del desove, de la región donde vive. Por ello las regiones donde generalmente vive y las de desove suelen coincidir. El *Arapaima* tiene las mismas exigencias, pero intensificadas, es decir requiere regiones de una densa ligación de plantas acuáticas a la superficie del agua y las de las bajas orillas, regiones de agua tranquila con la superficie sin ondas y turbulencias o por lo menos con ondas muy suaves. Estas regiones están situadas de manera que el viento (que normalmente es muy suave) puede tocarlas sólo en algunas partes. Un típico biotopo de desove tiene, por lo menos, un ligero, pero en muchos casos también un fuerte desarrollo de fitoplanctón (p.E. el Zapote Cocha al bajo Rio Pacaya) que cubre el agua aclarada, de color de té, con una capa verde. Los biotopos de desove (son zonas de agua tranquila) se calientan mucho por la radiación directa del sol. Los peces padres, los huevos y sobre todo los sensibles peces jóvenes de sólo unas semanas, están asimilados a esto.

13. Al observar una pareja de *Arapaima gigas* en el mes de septiembre se pudo descubrir algunas fases del desove. Esta pareja fue acostumbrada, muy precautivamente, a las personas observadoras en el canú. Se trató de un lagur de desove en agua tranquila del Caño Yarina (bajo Rio Pacaya), muy clara, con muy poco fitoplanctón y una profundidad de sólo poco más de 1,50 m. Yo observé en este lugar, durante algunos días, el macho "fijado" allí. Durante este período la hembra se encontraba casi siempre a unos 10 a 15 m (a veces un poco más lejos) del

macho nadando, a veces con rapidez, a veces despacio, directamente bajo la superficie del agua.

Es el macho que tiene las relaciones más estrechas con los huevos depositados y con los peces muy pequeños guardando los huevos y el cardumen de los pequeños, que se encuentra al lado y por encima del pez padre; mientras que la hembra ahuyenta los peces mayores que nadan más lejos. Peces más pequeños son ahuyentados del lugar de desove por el macho, pero nunca son comidos.

Larvas del *Arapaima gigas* de 7 a 8 días y de 17 a 18 mm de longitud suben a las estratas superiores del agua, forman allí un cardumen estrechamente organizado de los jóvenes, y nadan siempre muy cerca del macho, por encima de su cabeza, es decir entre la cabeza oscura y el agua que es de color de té o lleno de fitoplanctón, pero percibido por la luz. Normalmente ninguna larva y ningún pez pequeño quitan este cardumen.

Al principio el macho cambia sólo poco de lugar, está seguido por el cardumen formado por encima de la cabeza y la parte anterior del cuerpo del pez padre que les guarda, en una constante y corta distancia de pocos decímetros. Más tarde, cuando los pequeños se hacen mayores, el macho cambia a una región determinada, y el cardumen le sigue a una distancia mayor. "Del cardumen familiar" o mejor dicho "del cardumen del padre" que sigue el macho a corta distancia (las larvas prefieren el color negro o negro-azul, que es el color de las partes dorsales de la testera) se forma sucesivamente el cardumen de individuos del mismo nivel = pequeños peces jóvenes.

Larvas de 7 a 8 días ya comienzan a comer (planctón fino y crudo), aunque existen todavía los restos de la vesícula blastodérmica, y su vejiga natatoria ya se ha formado a un órgano de respiración para el aire atmosférico.

14. No se podía observar en el agua clara de la zona calma del Caño Yarina que el *Arapaima gigas* tiene incubación de la cavidad bucal. Tampoco existen indicios de que las larvas muy pequeñas se alimentan de la secreción de los órganos cefálicos de secreción tan característicos para el *Arapaima*.

15. Con 100 ejemplares íntegros de pequeñas larvas se hacen algunos experimentos sencillos, para comprobar la reacción de las larvas a luz, vibraciones y turbulencias.

Mientras que las larvas reaccionan negativamente heliotropas a rayos de luz que caen de por encima, intensivos y dirigidos, reaccionan positivamente heliotropas a luz flaca y menos intensiva. Casi no reaccionan a sombras que caen subitamente de por encima, si ellas vienen sin vibraciones. Son, sin embargo, extremadamente sensibles frente a vibraciones y turbulencias. Quitan inmediatamente el lugar de donde vienen las

vibraciones y turbulencias, dejan el cardumen y suben a la superficie del agua.

Es de suponer que la unión de los peces jóvenes en un cardumen que nada en agua llena de fitoplanctón y poco clara, no se haga por razones ópticas, sino más bien por esta capacidad muy fina de percibir las turbulencias producidas en el cardumen. El órgano para percibir estas turbulencias son la línea lateral y los pliegues en forma de furcos (que tienen pequeñas protuberancias) que se encuentran en los órganos cefálicos de secreción o muy cerca de estos órganos. La línea lateral está completamente desarrollada, si se trata de peces jóvenes y adultos.

16. Larvas de 8 días y de 18 mm de longitud tienen todavía la faja de aleta larval y las aletas pares están muy poco desarrolladas. La pigmentación todavía no tiene la intensidad de la de las larvas mayores. Las partes dorsales de la cabeza, sobre todo por encima del cerebro (son la protección contra la luz, por que las larvas suben muchas veces a la superficie del agua directamente radiada por el sol) muestran una densa pigmentación de negro-marrón. Hacia los lados sigue a lo largo del cuerpo una faja de poca pigmentación. Esta faja es de un blanco sucio, casi gris. Esta faja más clara está seguida, en las partes laterales del cuerpo, por una ancha faja de intensa pigmentación (negra-marrón) que se pierde en las partes ventrales de una pigmentación más clara y mucho menos intensiva. En la mandíbula inferior se encuentran ya las placas cefálicas de secreción, tan características para el *Arapaima gigas*, que tienen, si se trata de larvas y peces jóvenes, una secreción no intensiva, sino probablemente muy floja, en contraste a la de los peces adultos.

Larvas de 13 a 14 días y de 21,4 mm de longitud tienen la faja de aleta larval más reducida, pero se puede reconocerla todavía como cresta muy delgada delante de la parte dorsal. Las aletas pectorales están desarrollándose rápidamente.

Peces jóvenes de 19 días y de 33,6 mm de longitud (primer estado postlarval) ya no tienen la faja de aleta larval, las aletas pectorales están bien desarrolladas, sólo las aletas ventrales son todavía pequeñas y débiles. La parte dorsal de estos peces jóvenes tiene el color de un intensivo azul negro. Los peces jóvenes de más de 22 a 23 días y de más de 40 mm de longitud, tienen todas las aletas completamente desarrollados.

17. En noviembre de 1959 se pudo comprobar, en la Zapote Cocha, de sólo 80 ha de extensión (bajo Rio Pacaya), la existencia de 11 cardúmenes de peces jóvenes del *Arapaima gigas*, y observarles en sus regiones y sus rutas, que se marcaron en un mapa. Las rutas de estos cardúmenes, en este lago bastante pequeño, tenían una extensión de unos 140 y 170 m por ancho, y corrían casi paralelas a la orilla y a poca distancia de ésta.

El lago tiene un recinto que está influenciado por el débil, pero constante viento del norte, de modo que tiene más movimiento ondulatorio que los otros recintos del lago protegidos contra el viento. En este recinto, con el movimiento ondulatorio relativamente intensivo, no observé ningún cardumen de peces jóvenes. Esto no puede considerarse como mera casualidad. Los pequeños peces jóvenes que suben casi incesantemente a la superficie para respirar, podrían hacerlo sólo con grandes esfuerzos en este recinto. Por ello los *Arapaima gigas* evitan estas regiones expuestas al viento.

Fuertes tormentas bochornosas, que son frecuentes y acompañadas por ráfagas de viento, parecen perturbar mucho los *Arapaima* adultos y los cardúmenes de los jóvenes, y hacen que varían considerablemente las regiones y rutas de los diversos cardúmenes. Estos, sin embargo, no tardan mucho en volver a sus anteriores regiones y rutas. Condición previa para esto es un buen contacto entre el cardumen de los jóvenes y sus padres que, en el agua verde de la Cocha, no tiene razones ópticas, se decir, que no está dirigido por los ojos de los peces.

De todos los cardúmenes de jóvenes cogimos con el buitrón algunos individuos. A pesar de estas perturbaciones no pudimos disolver un cardumen, ni condujo el pez padre su cardumen perturbado a la región sin perturbaciones.

18. Para examinar el comportamiento de un cardumen, cuyos padres están muertos, arponamos los padres de algunos cardúmenes. Un cardumen sin padres pierde la "unión" con los padres, es decir sus rutas se extienden, y el cardumen, cuyos individuos quedan juntos como antes, tiene una región más amplia donde se mueve, hasta que, después de algunos días, está completamente desaparecido. En cardúmenes vecinos se encuentran muchas veces peces jóvenes de otro tamaño, más pequeño o más grande, que la mayoría del cardumen. Este tamaño varía tanto que de ningún modo pueden ser los extremos de la escala de variación del cardumen en cuestión, porque la escala de variación es, referente al crecimiento, muy pequeña. Hay mucho indicios de que existen peces jóvenes adoptivos en las familias del *Arapaima*. Por medio de la extensión de sus rutas (exactamente observada por nosotros) después de la muerte de los peces padres, el cardumen huérfano cae más o menos automáticamente en la zona de influencia de un cardumen vecino, y, por falta de "dirección" de los padres, los restos del cardumen se integran en el cardumen, que ya por su número elevado es más fuerte. Esto sucede lo más rápidamente, lo más reducido es el cardumen huérfano. Los padres adoptivos, que no toman ninguna parte activa en esta adopción, sino sólo dejan integrar los nuevos jóvenes en su cardumen, reconocen ahora el cardumen mixto como el suyo propio y le guardan de la misma manera.

Por medio de experimentos de marcación, que yo no pude hacer, es probable que en el futuro se pueda desvelar exactamente este interesante comportamiento.

19. Se describen detalladamente los órganos cefálicos de secreción des *Arapaima gigas*, referente a su forma y su construcción histológica. Los peces adultos tienen una fuerte secreción de estos órganos, ya en el tiempo anterior al desove, pero sobre todo durante el desove, si los peces adultos guardan y conducen el cardumen de sus jóvenes. En cabezas conservadas por formalín, la secreción coagula a una sustancia de un blanco-gris sucio, que sobre algunas placas cefálicas de secreción muy grandes, se deposita como un fino filme blanco generalmente en el centro de la placa correspondiente.

Los órganos están bien provistos de nervios y de sangre. Peces que fueron recogidos de su cardumen de jóvenes, después de ser arponados y matados por algunos golpes de porra en la cabeza, segredaban muchas veces de sus órganos de secreción detrás de los ojos, una secreción mixta de sangre.

De los espolones de secreción formados a los lados del órgano cefálico de secreción, se dirigen pequeñas cavidades extendidas a ranuras diagonalmente hacia el centro de los órganos. Estas pequeñas ranuras forman después una ranura mayor, casi una cavidad central, y a veces una cavidad central sólo o junto con otras forman otra cavidad central, mas grande, casi una cavidad central superior. Estas formaciones de ranuras están rodeadas de una epidermis que segrega abundantemente en las ranuras y desde allí en los poros.

La epidermis de los órganos de secreción tiene, como en otras partes, varias estratas y consiste de células poligonales y células en forma de clava, entre las cuales existen numerosas células en forma de copa. La secreción de las células cupulíferas entra, através de la epidermis, por vía intercelular, en las ranuras. La prueba indirecta para una secreción extraordinaria en esta estrata — la cavidad central es el colector para estas secreciones — son las numerosas placas que se encuentran en la esfera de las células poligonales y las células en forma de clava. Son secreciones intercelulares, original- y naturalmente amorfas, eliminadas por las células glandulares (sobre todo por las células en forma de clava, situadas más abajo) que, después de ser conservadas según el método BOUIN, han adoptado la forma de placas. El humor viscoso que eliminan abundantemente, cuando conducen los cardumenes de los jóvenes, no sirve de alimento para estos jóvenes. Hay indicios importantes para esto: Un cardumen de jóvenes se acercó a aquel lado del canú, donde se elevaba el cuerpo arponado del padre que se movía violentamente; otro cardumen de jóvenes nadó evidentemente dentro de un recinto reducido, donde se había movido una venda mojada con

la secreción del animal padre. Todos estos síntomas lo hacen probable que esta secreción sea, de función secundaria, una "materia de contacto" entre los peces padres y los jóvenes, que se difunde en el agua.

El *Arapaima gigas* suele levantarse de un salto por encima de la superficie del agua, sin respirar, y girándose un poco para golpear después con su cola el agua produciendo un fuerte chasquido. Moviéndose así, elimina al agua en forma de hilos un líquido blanco. Se supone que no se trate de excrementos sino de aquella secreción que tiene una función de contacto entre los peces jóvenes y sus padres.

Resumiendo se puede decir: Las pequeñas larvas están en contacto con el padre sobre todo por razones ópticas. Las larvas entre sí están en contacto principalmente por su fina capacidad de percibir acumulaciones y turbulencias. En el caso que el pez padre se alejaba por un rato del cardumen de los jóvenes, el mismo y los jóvenes también volvían a entrar en contacto por esta fina capacidad de percepción para acumulaciones y turbulencias. En el caso de distancias más grandes, el contacto entre los jóvenes y sus padres se establece probablemente por la secreción de los órganos cefálicos, y está influenciado también por la percepción recíproca de los movimientos de los jóvenes y padres que producen las turbulencias.

20. Si los cardúmenes tienen una edad de $2\frac{1}{2}$ a $3\frac{1}{2}$ meses, se descomponen. Esta disolución está fomentada por un lado por la constantemente aumentada indiferencia de los padres frente a su cardumen, y por otro, por el agua creciente que inunda y niveliza todo produciendo corrientes y turbulencias donde antes había regiones aisladas y de agua tranquila.

Peces jóvenes de un depósito quedan más tiempo juntos en un cardumen estrechamente organizado que los *Arapaima gigas* de los lagos donde viven en plena libertad.

21. El *Arapaima gigas* adulto es fuera del desove un pez que vive sólo y no de un cardumen.

Literatur

- BÖKER, H.: Tiere in Brasilien. Stuttgart: Strecker & Schröder 1932.
- BOLK, L., E. GÖPPERT, E. KALLIUS u. W. LUBOSCH: Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere (Kap. Integument der Anamnier von H. RABL). Berlin u. Wien: Urban & Schwarzenberg 1939.
- DORN, E.: Das Gehirn von *Arapaima gigas*. Verh. Dtsch. Zool. Ges. 1958. Zool. Anz., Suppl. 22, 289—294 (1959).
- Das Osteoglossiden-Gehirn. Verh. Dtsch. Zool. Ges. 1962. Zool. Anz., Suppl. 26, 321—329 (1963).
- EIGENMANN, C. H., and W. R. ALLEN: Fishes of Western South America. Univ. Kentucky, Lexington 1942.
- FONTENELE, O.: Contribuição para o Conhecimento da Biologia do Pirarucú, "*Arapaima gigas*" (CUVIER), un Cataveiro (Actinopterygii, Osteoglossidae). Rev. bras. Biol. 8 (4), 445—459 (1948).

- GERY, G.: Poissons characoides, résultats scientifiques de l'expédition amazone-ucayali du Dr. K. H. LÜLING 1959/60. Beitr. neotrop. Fauna 4, 1—44 (1964)
- GESSNER, F.: Die Beziehungen zwischen pH und elektrolytischen Leitvermögen in den Gewässern des Rio Negro. Naturwissenschaften 44, 258—259 (1957).
- GUDGER, E. W.: The Giant-Fresh-Water Fishes of South America. Sci. Monthly 58, 500—504 (1943).
- HAGMANN, G.: Die Vogelwelt der Insel Mexiana. Zool. Jb., Abt. System., Geogr., Biol. 26, 11—62 (1907/08).
- IHERING, R. v.: Da vida dos animais — fauna do Brasil, Kap. über *Arapaima gigas* = "Pirarucú", p. 167—168. São Paulo: Rotemund & Co. 1934.
- Dicionário dos animais do Brasil, Kap. über *Arapaima gigas* = "Pirarucú", p. 632—635. São Paulo 1940.
- JOBERT, M.: A L'Histoire de la Respiration chez les Poissons. Ann. Sci. nat., (6). Zool. et Pal. 7, 1—7 (1878).
- LÜLING, K. H.: Über die Atmung, amphibische Lebensweise und Futteraufnahme von *Synbranchus marmoratus* (Pisces, Synbranchidae). Bonner zool. Beitr. 9, 68—94 (1958).
- Süßwasserrochen, Knochenzüngler-Fische und Piranhas im Rio Pacaya im Inneren Perus. Urania 24, 309—313 (1961a).
- Fischbeobachtungen am Rande eines Schwarzwasserflusses im peruanischen Amazonasdistrikt (ein Bericht der Amazonas-Ucayali-Expedition Dr. K. H. LÜLING 1959/60). Aqu.- u. -Terr. 8, 327—335 (1961b).
- Mit Wurfnetz, Harpune und dreizinkigem Speer am Amazonas und unteren Ucayali. Atlantis 34, 515—522 (1962).
- Wiss. Ergebnisse der Amazonas-Ucayali-Expedition Dr. K. H. LÜLING 1959/60: Die Quisto Cocha und ihre häufigen Fische. Beitr. neotrop. Fauna 3, 34—56 (1963).
- Wiss. Ergebnisse der Amazonas-Ucayali-Expedition Dr. K. H. LÜLING 1959/60: Über die Atmung des *Hoplerthrinus unitaeniatus* (unter besonderer Berücksichtigung eines neu entdeckten Atmungshilfsorganes). Bonner zool. Beitr. 15, 90—102 (1964a).
- Vogelbeobachtungen bei Motorboot- und Kanufahrten auf dem peruanischen Amazonas und Ucayali. Natur u. Museum (1964b).
- MCCORMICK, L. J.: The Pirarucú, or *Arapaima gigas*, of the South American Tropics. Aus: BRIAN VESEY, FITZGERALD and FRANCESCA LAMONTE, Game Fishes of the World. London and Brüssel: Nicholson & Watson 1949.
- MENEZES, R. S. DE: Notas Biológicas e Econômicas sobre o Pirarucú *Arapaima gigas* (CUVIER) (Actinopterygii, Arapaimidae). Ministerio da Agricultura, Serviço de Informação agrícola, Sér. Est. Técnicos No 3, 1—152 (1951).
- MIGDALSKI, E. C.: The *Arapaima* Expedition. Yale Sci. Mag. 2, 17—19, 40—41 (1954).
- MÜLLER, L.: Erlebnisse einer Reise in das Mündungsgebiet des Amazonas. I. Allgemeine Bemerkungen über Fauna und Flora des bereisten Gebietes (p. 1—42). Abh. kgl. bayer. Akad. Wiss., math.-phys. Kl., 26, 1. Abh. (1912).
- OLANIYAN, C. I. O., and K. K. ZWILLING: The suitability of *Heterotis niloticus* EHRENBAUM (Osteoglossidae) as a Fish of cultivation, with a note on its spawning behaviour. Bull. Inst. franç. Afrique Noire 15, Sér. A, No 2, 513—525 (1963).
- PEREIRA, N.: O Pirarucú. Ministerio da Agricultura, Divisão de Caça de Pesca. pp. 1—23. (1954).
- RAUTHER, M.: Fische. In: Handwörterbuch Naturwiss., 2. Aufl. Jena: Gustav Fischer 1931.

- REINDL, J.: Die schwarzen Flüsse Südamerikas. München: Sigmund Günther 1903.
- RIMBACH, A.: Reise im Gebiet des oberen Amazonas. Z. Ges. Erdkunde Berlin **32**, 360—409 (1897).
- SÁNCHEZ, J., y F. ANCIETA: Limnología y Piscicultura en la Selva Peruana. — Plankton de la Cocha Zapote. Publ. Serv. Piscicultura Oriente, Min. Agricul. Dir. Pesquería, Lima 1946.
- SANCHEZ ROMERO, J.: El Paiche-aspectos de su historia natural, ecología y aprovechamiento. Serv. Pesquería, Min. Agricultura, Lima, pp. 1—48 (1961).
- SCHLMKEWITSCH, W.: Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere (Kap. Integument u. Hautskelett der Wirbeltiere). Stuttgart: E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandl. (Erwin Nägele) 1921.
- SCHOMBURGK, R.: Reisen in Britisch Guiana 1840—1844, Bd. I, S. 362/363 und Bd. III im Kap. „Fische“ von J. MÜLLER u. F. H. TROSCHEL, Abschnitt über *Arapaima gigas* (S. 638/639). Leipzig: J. J. Weber 1848.
- SCHULTZ, H.: One of the largest of all fresh-water fishes *Arapaima gigas* the Pirarucú. Tropical Fish. Hobbyist, No. August (1961).
- SCHULTZ, H.: Pirarucú (*Arapaima gigas* — ein Riesenfisch des Amazonas). Tropische Fische, **2**, 196—201, 244—249, 320 (1962).
- SIOLI, H.: Das Wasser im Amazonasgebiet. Forsch. u. Fortschr. **26**, 274—280 (1950).
- Sedimentation im Amazonasgebiet. Geol. Rdsch. **45**, 608—633 (1957).
- WUNDER, W.: Sinnesphysiologische Untersuchungen über die Nahrungsaufnahme bei verschiedenen Knochenfischarten. Z. vergl. Physiol. **6**, 67—98 (1927).

Dr. K. H. LÜLING,
Zoologisches Forschungsinstitut und Museum A. Koenig,
Ichthyologische Abteilung,
53 Bonn, Koblenzer Str. 150—164