

Konrad Lorenz 1963

Die "Erfindung" von Flugmaschinen in der Evolution der Wirbeltiere

Die Therapie des Monats 13: 138-148.

[OCR by *Konrad Lorenz Haus Altenberg* – <http://klha.at>]

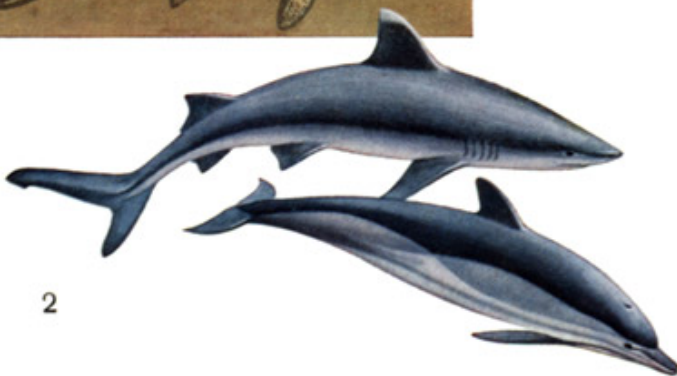
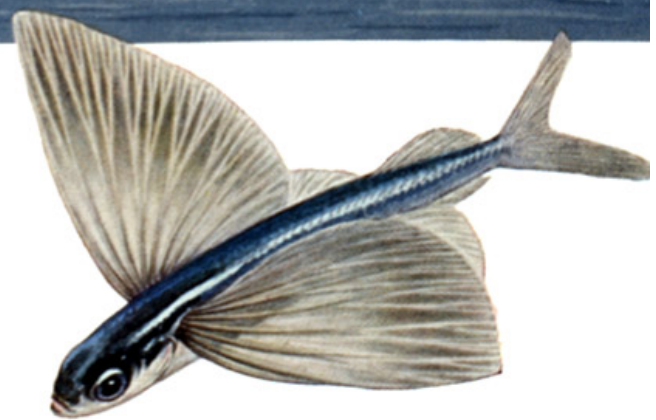
Seitenumbrüche und -zahlen wie im Original.

Die "Erfindung" von Flugmaschinen in der Evolution der Wirbeltiere

Illustrationen: Hermann Kacher



1



2

1. Fliegende Fische

Ein vom Menschen konstruierter Torpedo, ein Delphin, ein Ichthyosaurus der Juraformation und ein Haifisch ähneln einander in gewissen Hinsichten ganz außerordentlich, wie aus Abb. 2 hervorgeht. Dies kann unmöglich Zufall sein. An der Außenform des Torpedos, wie an der anderer Wasserfahrzeuge, haben menschliche Ingenieure jahrzehntelang herumexperimentiert, bis sie jene „Stromlinienform“ herausfanden, die dem

zu durchschneidenden Wasser den geringsten Widerstand bietet. Die drei oben erwähnten Tierstämme haben etwas Analoges getan. Auch Tierarten erlangen bzw. verbessern ihre Anpassung an den umgebenden Lebensraum durch einen Vorgang, in welchem Versuch und Irrtum eine wichtige Rolle spielen. Ein durch die Mutationsrate bestimmter, von

der Art tragbarer Prozentsatz der Nachkommen wird aufs Spiel gesetzt, das heißt durch blindes Würfeln in ungerichteten Erbsprüngen, sogenannten Mutationen, abgeändert. Ein wahrscheinlichkeitsmäßig äußerst kleiner Teil der so entstehenden Mutanten ist in irgendeinem Sinne besser angepaßt, als die Ausgangsform es war und kann diese im Wettbewerb überflügeln, ja ausrotten, denn das Bessere ist des Guten tödlichster Feind. Dieses Verfahren der Anpassung, das einem Sammeln von Information über den Lebensraum gleichkommt, kann als echte *Induktion* aufgefaßt werden, unterscheidet sich indessen dadurch von dem Vorgehen menschlicher Forschung, daß in ihm die Deduktion und mit ihr das *gezielte* Experiment fehlt. Mutation und Selektion, in denen wir die großen Konstrukteure des Artenwandels zu erblicken haben, sind dem menschlichen Erfinder darin unterlegen, daß sie auf das blinde Würfeln angewiesen und durch keinerlei Schlußfolgerungen zu vorausschauenden Maßnahmen befähigt sind, durch die sie davor bewahrt würden, gelegentlich in Sackgassen zu geraten. Wenn man als Naturforscher, der von der natürlichen Erklärbarkeit der Evolution überzeugt ist, ihre Ergebnisse unvoreingenommen betrachtet, so wird man hin- und hergerissen zwischen ehrfürchtiger Bewunderung für die komplexen und fein ausgeklügelten Konstruktionen, die sie „erfunden“ hat, und einer beinahe ernüchternden Verwunderung darüber, welche einfachen und offensichtlichen Auswege aus konstruktiven Sackgassen sie *nicht* zu finden vermag. Wirklich ernüchternd sind diese Leistungsbeschränkungen indessen keineswegs, sondern im Gegenteil sehr geeignet, uns dazu anzuspornen, „die Kette der natürlichen Verursachung, so lange sie aneinanderhängt, zu verfolgen“, wie IMMANUEL KANT so schön sagt.

Die Kette natürlicher Verursachung, die zur Entstehung spezieller Anpassungen führt, läßt sich aus verständlichen Gründen dann besonders deutlich verfolgen, wenn verschiedene Tierstämme unter dem Selektionsdruck ähnlicher Leistungen, im Falle des obigen Beispiels des schnellen Schwimmern in der Hochsee, ähnliche Merkmale, wie Stromlinienform und flügelartige Propeller am Hinterende, geschaffen haben. Jeder ausgeprägte Fall einer solchen „konvergenten Anpassung“ übt aus guten Gründen auf Biologen sehr verschiedener Forschungsrichtung eine starke Anziehung aus. Der Erforscher der Physiologie und der funktionellen Anatomie des bei verschiedenen Tierstämmen ähnlich gewordenen Organs kann aus dem Vergleich die für die Leistung wesentlichen, weil nicht aus gemeinsamer Abstammung erklärbaren Merkmale eindeutig als solche erkennen, der Stammesgeschichtsforscher aber hat deshalb Gelegenheit, die Wirkungen der natürlichen Zuchtwahl besonders klar zu erfassen, weil er ausnahmsweise einmal ziemlich genau weiß, welche Funktion es ist, die im vorliegenden Falle einen Selektionsdruck ausübt. Aus leicht einzusehenden Gründen ist das Studium konvergenter Anpassungen um so interessanter und aufschlußreicher, je weiter voneinander entfernt ihre Ausgangspunkte



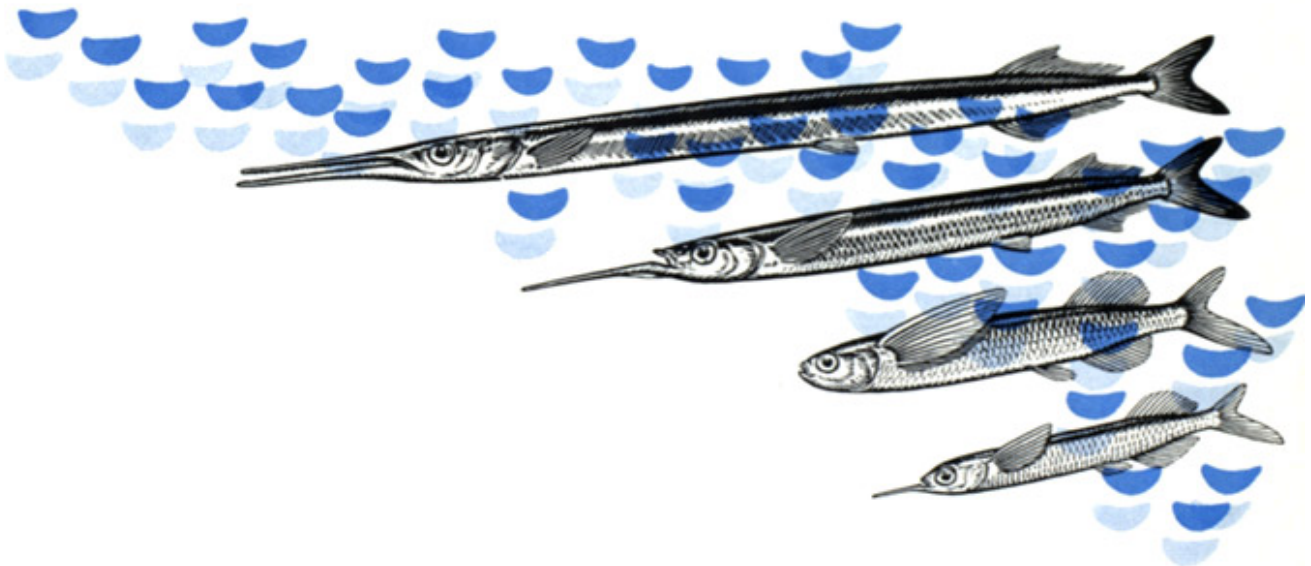
- 1 Kalifornischer fliegender Fisch (Cypselurus californicus) (nach Elektronenblitz-Aufnahmen von Dr. H. Edgerton)
- 2 Versteinerter Ichtyosaurus (Fischechse) aus den schwarzen Liasschiefern von Württemberg; Haifisch; Delphin
- 3 Flugechse: Pterodactylus (amselgroße Flugechse aus der oberen Jurazeit. Solnhofen); Vogel: Alpenstrandläufer; Säugetier: Abendsegler (Fledermaus)

lagen. Wie verhältnismäßig gut man in solchen Fällen den beiden großen Konstrukteuren bei der Arbeit zusehen kann, will ich nun an dem Beispiel der *fliegenden Wirbeltiere* zu illustrieren versuchen. Vier von den fünf Klassen der Vertebraten — Fische, Reptilien, Vögel und Säugetiere — haben unabhängig voneinander das Fliegen erfunden und sind dabei auf erstaunlich ähnliche Konstruktionstypen verfallen (Abb. 3). Selbst die Amphibien können sich eines schwachen Versuches in gleicher Richtung rühmen, den der javanische „Flugfrosch“ *Rhacophorus* unternommen hat.

Wenn wir nun damit beginnen, das Evolutionsgeschehen zu rekonstruieren, dem gewisse Knochenfische (Teleostei) ein recht beachtliches Flugvermögen verdanken, und damit dessen Entstehung bei anderen Wirbeltieren vergleichen, so stoßen wir alsbald auf eine Gegensätzlichkeit, die nicht nur den stammesgeschichtlichen Ausgangspunkt der Anpassungsreihen — hier Fisch, hier Vierfüßler — betrifft, sondern merkwürdigerweise auch den räumlichen Ausgangspunkt des Fluges selbst: alle fliegenden Fische starten ja notwendigerweise von der Oberfläche des Wassers und haben auch stammesgeschichtlich gesprochen, damit angefangen, von „unten nach oben“ zu fliegen, während alle anderen flugfähigen Wirbeltiere damit begonnen haben, von oben nach unten zu fliegen. Sie alle stammen von Baumtieren ab, die ursprünglich von Ast zu Ast, von Baum zu Baum sprangen und allmählich Organe entwickelten, mittels derer sie den Luftwiderstand zur Verlängerung der Sprünge ausnützen konnten. Dies führte in fließendem Übergang zunächst zum abwärts gerichteten Gleitflug und schließlich bei Flugsauriern, Vögeln und Fledermäusen zum aktiven Muskelflug. Die Bewegungsweise der Fische, an der die Selektion ansetzte und aus der sie schließlich bei einigen von ihnen ein wirkliches Fliegen machte, ist merkwürdigerweise nicht der Sprung, zu dem viele von ihnen in so ausgiebigem Maße befähigt sind. Vielmehr ist es eine sehr spezielle Fluchtbewegung, die sich bei sehr vielen schnell schwimmenden und die oberflächlichen Schichten freien Wassers bewohnenden Knochenfischen vorfindet. in hervorragender Ausbildung, z. B. bei unserer gewöhnlichen Ukelei oder Laube (*Alburnus alburnus* L.). Die Bewegung besteht darin, daß der Fisch, von unten her ziemlich steil gegen die Oberfläche anschwimmend, diese durchstößt, Kopf und Körper bis zur Schwanzflosse über sie erhebt und nun ein Wieder-Zurückfallen dadurch verhindert, daß er durch sehr schnelle Schläge der im Wasser verbliebenen Schwanzflosse diesen Unterstützungspunkt so rasch vorwärtstreibt, daß er den Schwerpunkt des schräg nach vorne aufwärts in die Luft ragenden Körpers beinahe einholt. Genau so trachten die Sohlen eines laufenden Menschen mit seinem Schwerpunkt Schritt zu halten: sie dürfen ihn nie ganz einholen, sonst kommt die Sache zum Stillstand, sie dürfen ihn nicht überholen, sonst fällt der Mensch auf den Rücken



und sie dürfen nicht hinter seinem Schwerpunkt zurückbleiben, sonst fällt der Betreffende auf die Nase. Der Fisch *läuft* also gewissermaßen mit seiner Schwanzflosse auf der Oberfläche des Wassers. Diese Bewegungsweise wird bei den in Rede stehenden Oberflächenfischen durch jede von unten her drohende Gefahr ausgelöst, man kann sie in sehr großen Aquarien an Lauben und Elritzen (*Phoxinus leavis* L.) beobachten, wenn man diese Tiere an große Raubfische verfüttert. Auch im Freien bekommt man das Dahinflitzen kleiner Fischchen über die Oberfläche oft zu sehen. Die Wirksamkeit dieser Fluchtbewegung liegt sicherlich weniger in ihrer Schnelligkeit — obschon begreiflicherweise der Widerstand des Mediums für den Fischkörper in der Luft sehr gering und die Lokomotion dementsprechend schnell ist — als darin, daß der Fisch dem schräg von unten her kommenden Räuber durch die Totalreflexion der Oberfläche verborgen wird. Dies wurde mir einst sehr anschaulich, als ich, an der Küste Floridas schnorcheltauchend, einen großen, etwa 35 cm langen Hornhecht (*Belone*) zu fangen versuchte. Der Fisch stand dicht unter der Oberfläche und ich hatte nur deshalb einige Hoffnung auf Erfolg, weil ich von weitem sah, daß er auf einem Auge, das völlig



5

5 Differenzierungsreihe „oberflächenlaufender“ Fische. Von oben nach unten:

- a) Hornhecht (*Belone belone*) (ca. 70 cm)
- b) Halbschnabelhecht (*Hemirhamphus*) (ca. 40 cm)
- c) *Oxyporhamphus micropterus similis* (nach Breder, 1938), erwachsener Fisch (138 mm), Jungfisch (40 mm)

4 Sichling oder Ziege (*Pelecus cultratus*), links; Laube oder Ukelei (*Alburnus alburnus*), rechts

verpilzt war, nichts sehen konnte. Von seiner blinden Seite her an ihn heranschleichend versuchte ich, mein größeres Handnetz von unten her unter ihn zu schieben, da schoß er plötzlich nach oben durch den Spiegel der Oberfläche und - - war weg! Erst Sekunden später sah ich die sich in der Ferne (unter Wasser sind etwa 20m Entfernung „Ferne“) verlierende Linie des kleinwelligen Kielwassers, das seine propellernde Schwanzflosse

6 *Cypselurus furcatus*, nachgezeichnet nach einer Farbtafel in: *The Arcturus Adventure* by W. Beebe, 1926

7 Zum freien Gleiten durch die Luft befähigte Fische von oben: *Parexocoetus*, *Exocoetus*, *Cypselurus*

8 Aufsicht auf die Tragflächen der in Abb. 7 dargestellten Fische von links: *Parexocoetus*, *Exocoetus*, *Cypselurus*

9 Schwanzfährten abfliegender Flugfische

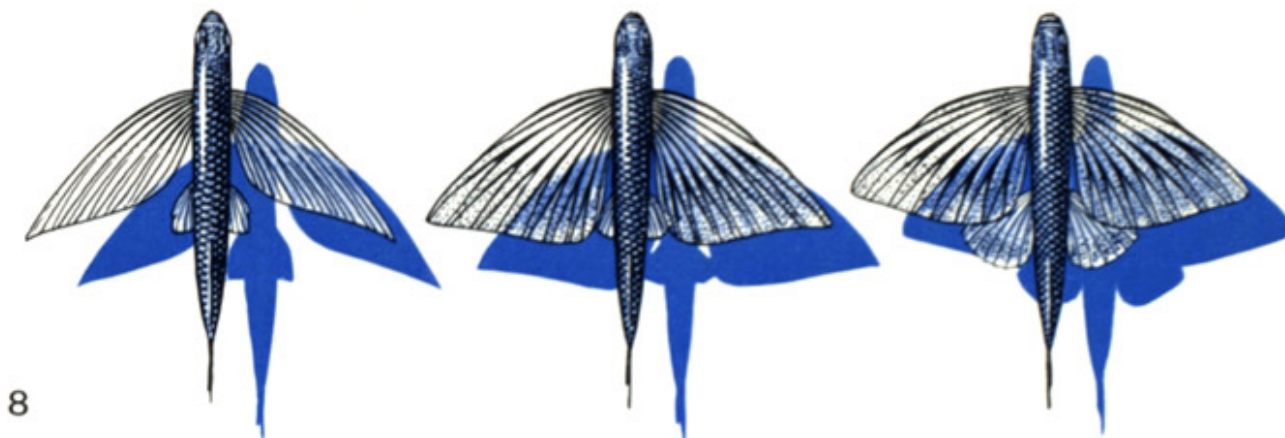
an der Oberfläche hinterlassen hatte. Jener Hornhecht ist ein Verwandter der echten Flugfische, die imstande sind, Dutzende, ja Hunderte von Metern weit die Luft zu durchsegeln und sich dabei, wenn Aufwinde dies begünstigen, mehrere Meter hoch über die Oberfläche des Meeres zu erheben. Was aber für den vergleichenden Biologen das Schönste ist; es finden sich in dieser Gruppe, den Synenthognathi, alle nur denkbaren Übergänge, die von solchen Arten, denen nur das eben beschriebene Schwanzflossen-Laufen auf der Oberfläche möglich ist, zu solchen hinüberleitet, die längere Zeit völlig frei in der Luft zu schweben vermögen. Schon unter den biedereren Weißfischen aus dem Karpfengeschlecht, das die Binnengewässer Europas bevölkert, gibt es einen, der sich auf das Schwanzflossenlaufen spezialisiert hat: es ist ein Bewohner der unteren Donau, der Sichling oder auch „Ziege“ genannt wird (*Pelecus cultratus*). Die Brustflossen sind sichelförmig vergrößert und besitzen einen deutlich verstärkten Vorderrand, gewisse Knochen des Schultergürtels bilden — wie bei den später zu besprechenden südamerikanischen Beilbauchfischen — einen leichten, aber sehr festen und hohen Kamm, der wie der Brustbeinkamm der Vögel den Brustmuskeln zum Ursprünge dient. Der Bauch zeigt eine scharfe, seitlich gesehen stark konvexe Kante und schließlich ist, wie bei den Flugfischen des Meeres der untere Lappen der zweilappigen Schwanzflosse merklich länger als der obere. Die Seitenlinie zeigt eine merkwürdige tiefe Ausbuchtung, die ganz so aussieht, als ob sie dazu da sei, dieses empfindliche Druck-Sinnes-Organ dem Schlagbereich der kräftigen Flosse zu



6

7





entziehen (Abb. 4). Wie wir sehen werden, vereinigt die Ziege in diesen Merkmalen Ansätze zu zwei verschiedenen Anpassungsreihen in sich, deren eine bei den Meeresflugfischen zu ausgedehntem Gleitflug, und deren andere bei den Beilbauchfischen zu aktivem Muskelflug geführt hat.

Die Differenzierungsreihe, die von den Hornhechten über die Halbschnäbler zu den echten Flugfischen führt, beginnt mit Formen, deren Konstruktionsmerkmale denen des Sichlings ähneln, auch bei ihnen ist meist „schon“ der untere Lappen der Schwanzflosse, dem begreiflicherweise beim Oberflächenlaufen die wichtigste Leistung als „Propeller“ zukommt, etwas vergrößert (Abb. 5). Die Vergrößerung der Brustflossen und die überall feststellbare Verstärkung ihres Vorderrandes schafft eine Tragfläche, die schon bei geringer Ausbildung dazu beiträgt, das frei in die Luft ragende Vorderende des Fisches zu stützen, das Hinterende wird beim Oberflächenlauf ja zunächst sowieso von der Schwanzflosse getragen. Hierin liegt übrigens auch die Antwort auf eine Frage, die man noch jüngst von anti-darwinistisch eingestellten Denkern hören konnte. Wieso, so argumentierte man, kann die natürliche Zuchtwahl die Zwischenstufen der Brustflossenvergrößerung begünstigen, wo doch erst die volle Größe den Flug ermöglicht? Es müsse, so schloß man, eben doch ein richtungweisender „Faktor“ in der Stammesgeschichte am Werke sein. In Wirklichkeit hätten eben die Exocoetidae das Fliegen nie „erfunden“, wenn sie nicht den Weg über die zunehmende Verbesserung des Oberflächenlaufes beschritten hätten.

In dieser Entwicklungslinie läßt sich nun mit ziemlicher Genauigkeit der Punkt angeben, an dem ein wirkliches, freies Schweben in der Luft möglich wird. Man kann von den in Abb. 5 in a, b, c dargestellten Fischen ohne weiteres behaupten, daß sie „noch“ nicht frei fliegen können, und zwar deshalb nicht, weil der Flächenschwerpunkt der tragenden Brustflossen viel zu weit *vor* dem Körperschwerpunkt liegt, der Leib des Fisches würde also sofort hintenüber kippen, wenn ihm die Unterstützung der im Wasser paddelnden

9

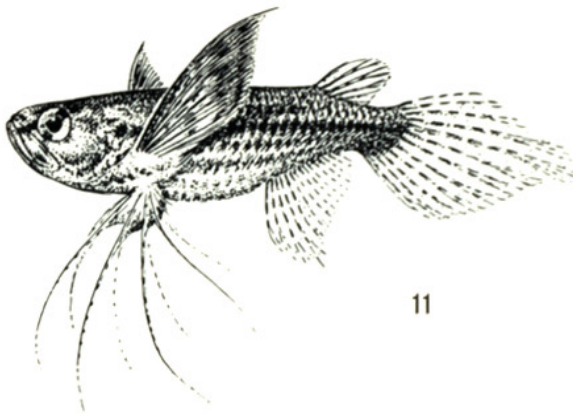


Schwanzflosse entzogen würde. Auch auf Darstellungen wirklich flugfähiger Formen wird oft die notwendige räumliche Beziehung von Flächenschwerpunkt und Körperschwerpunkt vernachlässigt, indem die Brustflossen viel zu weit ausgebreitet und somit zu weit vorne gezeichnet werden. Daß die Schwanzflosse ja leider lotrecht steht und keine Tragfläche abgibt, wird vom Künstler wie vom Beschauer allzuleicht vergessen, wozu noch die Ungleichlappigkeit der Flosse verführt, die bei oberflächlicher Betrachtung als perspektivische Verkürzung des oberen Flossenlappens mißdeutet wird, so daß die Flossenfläche als waagrecht liegend aufgefaßt werden kann (Abb. 7 u. 8). (FLANDERKY, Fischbrehm S. 327.)

Sich völlig von der Wasserfläche lösen und frei im Luftraume dahingleiten kann der Fisch nur, wenn Flächen- und Körperschwerpunkt an annähernd gleicher Stelle liegen, wobei noch zu berücksichtigen ist, daß an der tragenden Fläche der Druckmittelpunkt mit zunehmender Schnelligkeit des Gleitfluges nach vorne rückt. Eben deshalb empfindet unser „Augenmaß“ gerade die schnellsten Vögel und Flugzeuge so ausgesprochen als vorderlastig! Die nötige Rückwärtsverlagerung des Druckmittelpunktes ihrer tragenden Flächen erreichen die echten Flugfische der Gattung *Exocoetus* durch Verlängerung der Brustflossen, die nie rechtwinkelig vom Körper abgespreizt werden (Abb. 8), sondern wie die Flügel mancher Düsenflugzeuge stets spitzwinkelig nach hinten ragen. Bei anderen, so bei der Gattung *Cypselurus*, zu welcher der von BEEBE ebenso witzig wie treffend als „Butterflying Fish“ bezeichnete *C. furcatus* Mitchill gehört (Abb. 6), wird die richtige Flächenverteilung dadurch erreicht, daß auch die Bauchflossen, also die hinteren Extremitäten des Fisches, zu Flügeln umgebildet werden.

Alle diese Fische starten vom Wasser nicht im Sprung, sondern in dem beschriebenen Oberflächenlaufen, wie aus der nach Fotografien von EDGERTON nachgezeichneten Abb. 1 und den Abflugspuren hervorgeht, die in Abb. 9 wiedergegeben sind. Schon während dieses Anlaufs werden alle zum Fliegen verwendeten Flossen voll ausgebreitet und verbleiben während des ganzen Fluges starr in dieser Stellung, merkwürdigerweise auch während des Augenblicks, in dem der Fisch wieder ins Wasser zurückfällt. Er tut letzteres nämlich nicht, wie man unwillkürlich erwartet, mit einem eleganten Kopfsprung, bei dem er die Oberfläche ohne jeden Spritzer durchschneidet, sondern er platscht mit einem ganz ordinären „Bauchfleck“ hinein, ganz als ob ein erschöpfter Landvogel ins Wasser fiel. Für einen solchen eben dies tuenden habe ich selbst blamablerweise den ersten Flugfisch gehalten, den ich je sah und den ich in ziemlicher Entfernung gerade noch scharf ins Fernglas bekam, ehe er in sein ursprüngliches Element zurückkehrte. Während des ganzen Fluges steht der Schwanz merklich tiefer als der Kopf und wenn der allmählich abwärts gleitende Fisch sich der Oberfläche in stumpfem Winkel nähert, was nur in einem weiten Wellental oder tangential zu einem stumpf gerundeten Wellenberg vorkommen kann, so taucht der untere Lappen der Schwanzflosse als erstes ins Wasser. In solchem Fall wird der





11 Schmetterlingsfisch *Pantodon buchholzi* aus Westafrika (ca. 12 cm lang)

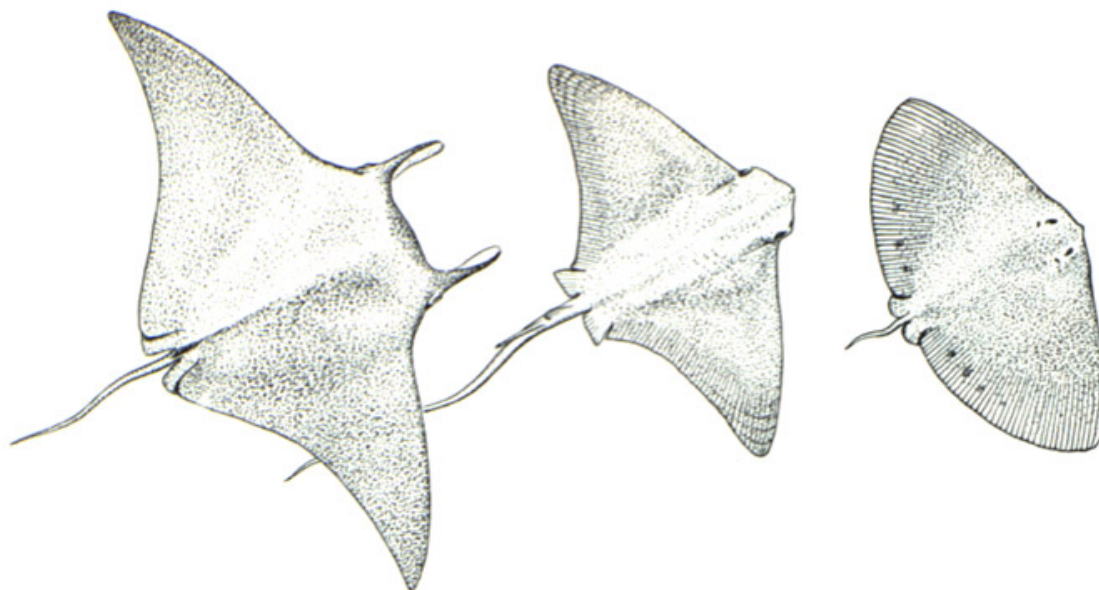
10 Zu aktivem „Flügel“-Schlag befähigte Süßwasserfische: links: *Carnegiella vesca*, ein südamerikanischer Beilbauchfisch (ca. 4 cm lang); dahinter Skelett; rechts: *Triportheus elongatus* (ca. 10 cm lang)

„Propeller“ sofort wieder „eingeschaltet“ und der Fisch gewinnt in neuem Oberflächenlaufen wieder die zum Aufsteigen nötige kinetische Energie, ohne mit dem Kopf ins Wasser gekommen zu sein und ein Paar

Atemzüge getan zu haben. In der Luft sieht man keine Bewegungen der Schwanzflosse, doch ist es in Anbetracht ihrer Größe und der Kraft ihrer Muskulatur zumindest theoretisch durchaus möglich, daß sie auch in diesem Medium als Propeller wirkt. Die Brustflossen, bzw. bei vierflügeligen Formen Brust- und Bauchflossen tun das sicher nicht, schon das Größenverhältnis zwischen ihnen und ihrer Muskulatur macht es unmöglich. Wenn man gelegentlich ein schnelles Vibrieren der Flossen sieht, betrifft es immer nur ihren hinteren Rand und ist sicher nur eine passive, durch Luftwirbel hervorgerufene Bewegung, genau wie das Flattern, das am hinteren Rand eines nicht genügend gespannten Segels auftritt. Man sieht das Flossenflattern vor allem, wenn ein Fisch beim Überfliegen eines Wellenkammes plötzlich einen scharfen Windstoß von vorne bekommt, sowie, bezeichnenderweise, am Ende eines langen Fluges, wenn die Spannung der ausgebreiteten Flossen vielleicht aus Ermüdung etwas nachläßt. Der Flug der Exocoetidae ist somit sicher kein aktiver Muskelflug, sondern vergleichbar dem von Segelflugzeugen, die mit einem Gummiseil vom Boden gestartet werden.

Ganz anders liegen die Dinge bei einer kleinen Gruppe von Süßwasserfischen Südamerikas, den sogenannten Beilbauchfischen, die mit den gefürchteten Piranhas zur großen Gruppe der Salmier (Characinidae) gehören. Diese kleinen, wenige Zentimeter langen Fischchen haben auf der Brust einen gewaltigen, aus dem Procoracoid (Vor-Rabenschnabelbein) gebildeten Knochenkamm, dessen Funktion genau der des hohen Brustbeinkammes flugfähiger Vögel entspricht, diesen aber an Länge und Höhe weit übertrifft (Abb. 10). An ihm entspringt eine gewaltige Muskulatur, die oft mehr als ein Viertel des Gesamtkörpergewichtes ausmacht und die ohne allen Zweifel dazu da ist, die ebenfalls sehr große Brustflosse des Fisches auf- und abzubewegen. Nach den funktionell-anatomischen Befunden wären diese Fische also ohne allen Zweifel als Flugfische anzusprechen, und zwar in einem engeren Sinne dieses Wortes als die nur zu passivem Gleitflug befähigten Exocoetidae. Doch schien dem zunächst die Beobachtung an den lebenden Tieren, die man als reizende Aquarienfische regelmäßig kaufen kann, durchaus zu widersprechen. Der zu erwartende aktive Muskelflug wurde in Gefangenschaft zunächst nie beobachtet. Ich habe seit Jahren die Gattungen *Gastropelecus* und *Carnegiella* (Abb. 10) in vielen Exemplaren in einem tiefen Becken, dessen Oberfläche 190 mal 170 cm mißt, ich habe die Fischchen von unten her mit Netzen, mit Raubfisch-Attrappen, ja mit wirklichen, freßbegierigen Raubfischen gehetzt — und habe sie doch immer nur hüpfen sehen, keins von ihnen machte je einen Flugversuch. Allerdings erbrachte auch sehr genaue, jahrelange Beobachtung keinen Hinweis auf eine *andere* Funktion der außerordentlichen Brustflossen und ihrer Muskulatur und als guter Darwinist war ich der Ansicht, daß irgend ein Faktor am Werke sei, der die gefangenen Tiere am Fliegen *verhinderte*.

Dr. BREDER und Dr. EIGEMANN vom American Museum of Natural History sahen die Tiere im Freiland fliegen und die Brustflossen dabei bewegen, BREDER machte auch die bedeutsame Feststellung, daß sie sich, von einem Zugnetz bedrängt, nur dann in die Luft erheben, wenn sie vom Ufer fort auf die freie Wasseroberfläche zufliegen können. Es leuchtet ein, daß für einen



12 Rochen, die sich nur durch den Schlag der Brustflossen fortbewegen; von links: Manta oder Teufelsrochen, Adlerrochen, Schmetterlingsrochen

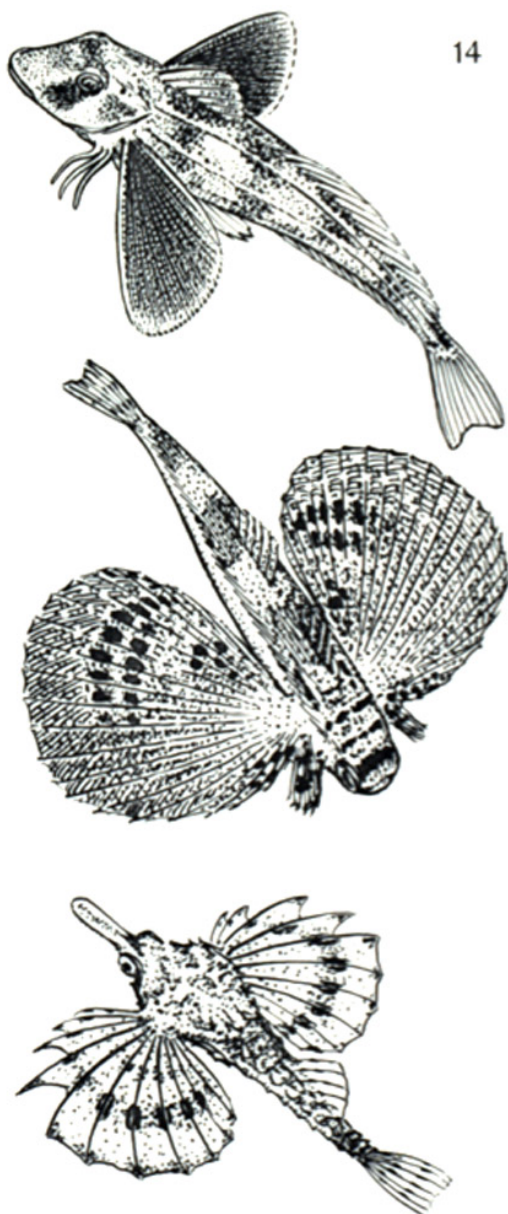


13 Flossenbewegung eines schwimmenden Rochens



Süßwasserfisch, der häufig in kleine und kleinste Gewässer geht, das Flugvermögen eine ungeheure Gefahr bedeuten würde, wenn ihn nicht ein besonderer und wirkungsvoller Hemmungsmechanismus daran hinderte, vom Wasser auf trockene Land zu fliegen. Auch in meinem großen Becken war „auf allen Seiten Land“ und diese Hemmung daher voll wirksam. Daß die Beilbäuche tatsächlich zu aktivem Schwirrflug befähigt sind, konnte S. WEITZMANN nachweisen. Aus einem halbvollen Glas sprang eine 3,5 cm lange *Carnegiella vesca* und flog lotrecht aufwärts und in 80 cm Höhe gegen das Handgelenk des Gewährsmannes, und zwar mit solcher Wucht, daß man schließen darf, sie wäre ohne dieses Hindernis noch sehr viel höher geflogen. Was aber das Wichtigste ist, WEITZMANN hörte, als der Fisch wenige Zentimeter an seinem Ohr vorüberflog, deutlich ein feines *Summen*. Damit ist meines Erachtens die Fähigkeit dieser Fische zum aktiven Muskelflug eindeutig erwiesen, zumal wir gut verstehen können, weshalb dieser in Gefangenschaft so schwer auszulösen ist. Über die stammesgeschichtliche Entstehung des Schwirrfluges der Beilbauchfische möchte ich keine Vermutungen äußern. Ein Oberflächenlaufen habe ich an ihnen nie beobachtet, sie scheinen durch ihre Körperform zu dieser Art der Fortbewegung auch wenig geeignet. Eine zwischen den nicht zum Fliegen spezialisierten Verwandten und den Beilbauchfischen vermittelnde Übergangsform, *Triporthus* (Abb. 10) habe ich nie lebend gesehen.

Ähnliche Erwägungen, wie wir sie eben betreffs des Fliegens der Beilbauchfische angestellt haben, mögen auch für den merkwürdigen Süßwasser-Schmetterlingsfisch, *Pantodon buchholzi* L., zutreffen. Auch bei diesem Fisch (Abb. 11) sind Brustflossen, Brustbein und Brustmuskulatur in ähnlicher Richtung, wenn auch viel weniger weit, spezialisiert wie bei jenen Salmeln. Doch erscheint mir angesichts der einander widersprechenden Berichte über diesen Fisch wirkliche



14 Knochenfische, die schwerer als das Medium sind und deren Brustflossen unter Wasser als Tragflächen fungieren, während die Schwanzflosse vortreibt; von oben: Knurrhahn (*Trigla hirundo*) ca. 60 cm lang; Flughahn (*Dactylopterus volitans*) ca. 40 cm; Seemotte (*Pegasus papilio*), ein Flügelroßfisch, ca. 10 cm lang

Flugfähigkeit nicht erwiesen und ich neige auch aus einem anderen Grunde dazu, sie zu bezweifeln. Während man nämlich bei den Beilbäuchen, solange sie sich unter Wasser fortbewegen, mit bestem Willen keine Funktion entdecken kann, welcher der gewaltige Brustflossenapparat dienen könnte, sieht man bei *Pantodon* alsbald, daß die Tragflächen der großen Flossen den Fisch beim Schwimmen unterstützen, dessen spezifisches Gewicht dem des Wassers oft nicht so genau angeglichen zu sein scheint, wie dies bei den meisten freischwimmenden Knochenfischen der Fall zu sein pflegt. Wir kennen eine ganze Menge anderer Fische, deren spezifisches Gewicht dauernd erheblich größer als das des Wassers ist, und die doch einen großen Teil ihres Lebens freischwimmend verbringen. Für sie trifft eine Regel zu, die der belgische Paläontologe DOLLO das „Gesetz von der Irreversibilität der Anpassung“ genannt hat. Es gibt viele Ausnahmen von dieser Regel, doch gilt sie wunderschön für die hier in Rede stehenden Fische. Sie alle stammen von Gruppen ab, die sich an das Leben auf dem Grunde des Wassers angepaßt haben und die im Zuge dieser Anpassung ihre Schwimmblase so weit zurückgebildet haben, daß sie nicht mehr schwebefrei im Medium zu schweben vermögen. Viele von ihnen haben „Beine“ entwickelt, mit denen sie auf dem Grunde ganz

regelrecht laufen. Wo sich nun bei solchen Bodenfischen eine teilweise Rückanpassung ans Freischwimmen vollzogen hat, beschritt diese, der DOLLOSchen Regel gehorchend, nicht rückläufig den Weg, auf dem sich die Bodenanpassung vollzogen hatte, das heißt, es wurden nicht die Reste des Auftrieb liefernden Gasballons aus der Rumpelkammer geholt, sondern es wurde zu einem neuen Mittel gegriffen, nämlich zur Ausbildung großer Tragflächen. Zu diesen mußten meist die Brustflossen das Material liefern und so entstanden, aus verschiedenen Verwandtschaftsgruppen von Grundfischen, Formen, die äußerlich fliegenden Fischen sehr ähnlich sind, und die man gut als „Unterwasserflieger“ bezeichnen kann. Eine mit den Haifischen nächstverwandte, uralte Fischgruppe, die sich an das Leben auf dem Meeresboden in besonderer Weise angepaßt hat, umfaßt die Rochen. „Hier führte Gründlichkeit zur Verflachung“,



15

15 Rotfeuerfisch (*Pterois volitans*) Exemplar von ca. 10 cm Länge

pfliegte OSKAR HEINROTH zu sagen, wenn er bei Führungen durchs Berliner Aquarium die Becken mit Rochen und Flachfischen demonstrierte, die beide, wenn auch in senkrecht aufeinanderstellenden Ebenen, ihren Körper so weit abgeflacht haben, daß er sich über den Sandboden kaum erhebt. Von Rochen haben sich nun eine ganze Reihe von Formen zu ausgezeichneten Schwimmern „rück“-entwickelt, indem

sie wie der Adler- und der Schmetterlingsrochen (Abb. 12) die breiten Brustflossen zu Flügeln ausbildeten. Manche von ihnen, so die planktonfressende Riesenform Manta, der Teufelsrochen, sind zu dauernd frei schwimmenden Hochseefischen geworden. Die Mechanik des Flügelschlages gleicht dem der Vögel in erstaunlicher Weise, vor allem beim ruhigen Durchschwimmen langer Strecken. Wie beim Vogel liegt der Druck dabei dauernd auf der *Unterseite* des „Flügels“ und zwar auch, wenn sich dieser beim Aufschlag nach oben bewegt: der Anstellwinkel wird dabei so vergrößert, daß der von vorne auftreffende „Fahrtwind“, der Strom des Mediums, trotz der Aufwärtsbewegung der tragenden Fläche den Druck auf ihrer Unterseite aufrecht erhält. Deshalb sieht man auch, während der Flügel aufwärts schlägt, kein Absinken des von ihm getragenen Körpers. Da sich alle diese Vorgänge beim Rochen wegen der größeren Dichte und Viskosität des Wassers um ein Vielfaches langsamer vollziehen als bei einem Vogel, kann man den ersteren dazu benutzen, die Flugmechanik des letzteren zu demonstrieren (Abb. 13).

Nur bei den Rochen sind die Flügel in dieser Weise, wie bei den Vögeln, Tragfläche und Vortriebsmittel zugleich. Alle anderen unter Wasser fliegenden Fische benutzen die Brustflosse nur als Tragfläche und behalten die Schwanzflosse als Propeller bei. Solche mit dem Schwanz vorwärtsschwimmende und dabei von großen Brustflossen getragene Fische gibt es aus den verschiedensten Gruppen von Grundfischen. Sehr wahrscheinlich aus der Verwandtschaft der Büschelkiemer, der Seepferdchen und Seenadeln, nahm das reizende Flügelrößchen, *Pegasus* (Abb. 14), seinen Ursprung; mit den Panzergroppen verwandt sind der Knurrhahn, *Trigla hirundo* L., sowie der Flughahn, *Dactylopterus volitans* L. (Abb. 14). Trotz ihrer Benennung nach Vögeln und fliegenden Fabeltieren vermag keiner dieser langsam schwimmenden Grundfische durch die Luft zu fliegen, auch der Flughahn nicht, eine Erkenntnis, die meiner Liebe zur alten Brehmausgabe keinen Abbruch tut, in der dieser Fisch kühn durch die Lüfte segelnd und dort von Möwen verfolgt, dargestellt wird. Auch der giftige Rotfeuerfisch, *Pterois*, dem LINNE den Speciesnamen „volitans“ verlieh (Abb. 15), kann durchaus nicht fliegen und braucht seine großen Brustflossen auch nicht als Tragflächen unter Wasser, sondern verwendet sie in höchst eigenartiger Weise zur Jagd. Es fliegt also durchaus nicht „Alles was Flügel hat“!