

# Die Bewegungen der fliegenden Fische durch die Luft.

Von

**Karl Möbius,**

Professor in Kiel.

---

Mit Tafel XVII.

---

## I. Beobachtungen und Ansichten über den Flug der Exocoeten.

Als ich im August 1874 auf französischen Postdampfschiffen von Marseille aus durch das Mittelmeer, den Suezcanal, das Rothe Meer und den Indischen Ocean nach der Insel Mauritius reiste und als ich von dort im Januar und Februar 1875 über die Seyschellen wieder zurückkehrte, habe ich im Indischen Ocean sehr häufig fliegende Fische (Exocoeten) beobachtet. Oft schien ihnen das fahrende Dampfschiff den Anstoss zu ihrem Flug zu geben; denn häufig fuhren sie schaaarenweis neben dem Vorderende desselben aus dem Wasser und suchten mit grosser Geschwindigkeit nach beiden Seiten hin das Weite. Sie blieben immer in der Nähe der Wasserfläche. Während sie flogen, machte ihr Körper keine Biegungen, wie beim Schwimmen im Wasser, sondern er blieb gerade ausgestreckt. Der hintere Theil desselben hing gewöhnlich etwas tiefer, als der vordere.

Die Brustflossen verharrten, so lange die Fische über das Wasser hinschwebten, in ausgebreiteter Haltung.

Gegen den Wind flogen die Exocoeten in der Regel weiter, als mit dem Winde. Bildete der Anfang ihres Weges durch die Luft einen grösseren spitzen, einen rechten oder einen kleineren stumpfen Winkel mit der Richtung des Windes, so lenkte sie dieser allmähig in seine Richtung hinein und drückte sie endlich in einem Bogen, dessen Ende mit der Windrichtung zusammenfiel, in das Wasser hinab.

Exocoeten, welche einem kräftigen Winde und dem Laufe der Wellen entgegenflogen, fuhren fast jedesmal, wenn sie einen Wellenberg passirten, etwas in die Höhe; daher schienen sie in ähnlicher Weise von Wellenberg zu Wellenberg zu springen, wie ein schräg gegen eine Wasserfläche geworfener flacher Stein wiederholt aufhüpft.

Die Länge ihrer Luftbahnen suchte ich dadurch abzuschätzen, dass ich sie mit der Länge unseres Schiffes verglich, welche 85 Meter betrug. Die Bahnen der fliegenden Fische waren sehr oft länger und sie brauchten selten mehr als 40 bis 45 Secunden, um dieselben zurtückzulegen. Schnell wie wagrecht abgeschossene Pfeile fuhren sie, wenn sie aus dem Wasser kamen, über die wogende Meeresfläche hin; durchschnitten aber dann mit abnehmender Geschwindigkeit die Luft.

Am häufigsten erschienen fliegende Fische über dem Wasser bei Wind und bewegter See. Am 11. Februar 1875, als ich von den Seychellen nach Aden abfuhr, hatte ich jedoch Gelegenheit, sie auch bei ruhiger See zu beobachten. Das Wetter war heiter, die Luft ruhig und die Meeresfläche glatter, als ich sie jemals im Indischen Ocean gesehen hatte. Nur in langen Dünungswogen hob und senkte sich das Meer. Die fliegenden Fische, welche um uns her aus dem Wasser kamen, gingen meistens quer von dem Vordertheil des Schiffes ab. Einige blieben mit ihrem Schwanze noch kurze Zeit im Wasser, während ihr Vorderkörper mit weit ausgebreiteten Brustflossen schon über der Meeresfläche hinschwebte. Einen sah ich weit hin dicht über dem Wasserspiegel fliegen, ohne dass er ihn berührte. Er hielt sich dabei schräg wie ein Papierdrachen. Andere tauchten während ihres Fluges die untere Hälfte ihrer Schwanzflosse wiederholt in das Wasser, und mehrere änderten in demselben Augenblicke, wo sie die Wasserfläche furchten, die Richtung ihrer Luftbahn.

Auf das Deck unseres Schiffes fielen selten fliegende Fische, denn es lag sehr hoch über dem Wasser. Bei einem Sturm am 20. August 1874 östlich von der Insel Sokotora wurden mehrere Exemplare über Bord geworfen, während ich krank in meiner Cajüte lag. Am 15. Februar 1875 flog nach Sonnenuntergang, Abends 6 Uhr 45 Min. ein Exocoetus über Bord, streifte meinen Kopf und die Rückenlehne des Stuhles, auf welchem ich sass, und platschte dann drei Meter hinter mir auf das Deck. Wir dampften und segelten mit halbem Winde<sup>1)</sup>. Ich kehrte mein Gesicht dem Winde entgegen. Der Fisch kam also mit dem Winde. Als ich ihn aufhob, leuchtete er an einer Stelle seines

1) »Halber Wind« stösst auf die rechte Seite des fahrenden Schiffes.

Körpers lebhaft hellblau, und meine Finger, die diese Stelle berührt hatten, leuchteten ebenso. Unter Deck bei Kerzenlicht näher untersucht, ergab sich, dass die leuchtende Masse Koth war, der aus dem After hervorkam. Ich öffnete den Fisch und fand den ganzen Darm und Magen mit einem leuchtenden Brei angefüllt, der aus Resten kleiner Krustenthierc bestand. In dem Saale, wo ich den Fisch untersuchte, standen mehrere Stearinkerzen vor mir auf dem Tische; dennoch machte sich das blaue Licht noch recht deutlich geltend, wenn ich den Darmbrei unter den Tisch hielt. Der Fisch war ein *Exocoetus brachysoma* Bleeker von 20 Cm. Länge.

An diese eigenen Beobachtungen fliegender Fische will ich Auszüge aus Beschreibungen, welche andere Beobachter von ihnen gegeben haben, anreihen, ehe ich auf die Erklärung ihrer Bewegungen durch die Luft eingehe.

Unter den vielen neuen anziehenden Erscheinungen, welche den Naturforschern unter den Tropen entgegentreten, gehören die fliegenden Fische zu den ersten, die ihnen begegnen, wenn ihre Wege dorthin von einem mittel- oder nordeuropäischen Hafen ausgehen. Gewöhnlich erscheinen sie ihnen zuerst jenseit der Canarischen Inseln, weshalb die Reisebeschreibungen meistens in denjenigen Capiteln, welche diesen Meeresgegenden gewidmet sind, auch von fliegenden Fischen handeln.

»Auf dem Wege von Teneriffa nach Bonavista,« heisst es in der Reise um die Welt von COOK, BANKS und SOLANDER in den Jahren 1768 bis 1771<sup>1)</sup>, »sahen wir (im October 1768) eine grosse Menge fliegender Fische. Wenn man sie vom Cajütenfenster aus betrachtet, sind sie unbeschreiblich schön, denn da sieht man sie unterhalb und von der Seite, und diese glänzt wie geglättetes Silber; wenn man sie aber von dem Verdecke aus sieht, haben sie bei weitem kein so schönes Ansehen, denn da sieht man von oben herab, und nichts als den Rücken, der von dunkler Farbe ist.«

GEORG FORSTER schreibt<sup>2)</sup>: »Im August 1772 sahen wir unter dem 27° n. B. in der Gegend von Ferro verschiedene fliegende Fische, die, von Boniten und Doraden verfolgt, sich über die Oberfläche des Wassers erhoben. Sie flogen nach allen Richtungen, bald hier-, bald dorthin und nicht blos gegen den Wind allein. Auch flogen sie

1) J. HAWKESWORTH'S Geschichte der Seereisen, übersetzt von J. FR. SCHILLER, II, Berlin 1774, p. 12.

2) J. R. FORSTER'S Reise um die Welt i. d. J. 1772—75, beschrieben und herausgeg. von dessen Sohne u. Begleiter G. FORSTER, Berlin 1778, I, 24.

nicht bloß in geraden, sondern auch in krummen Linien. Wenn sie im Fluge über die Oberfläche der See die Spitze einer Welle antrafen, so gingen sie durch selbige gerade durch und flogen an der anderen Seite weiter fort. Von dieser Zeit an bis wir den heissen Himmelsstrich verliessen, hatten wir fast täglich das Schauspiel, unabsehbliche Züge und Heere dieser Fische um uns her zu sehen. Zuweilen wurden auch einige auf dem Deck gefangen«.

BORY DE ST. VINCENT beobachtete Exocoeten im November 1804 südlich von Teneriffa zu Hunderten. Er schreibt <sup>1)</sup>: »Je n'ai pas vu les Exocoets s'élever très-haut; mais j'ai souvent observé qu'ils ne replongeaient dans la mer qu'à une bonne portée de fusil du point d'où ils étaient partis. Selon l'occasion, ils changent la direction de leur vol, et s'abaissent ou s'élèvent parallèlement aux vagues agitées«. — »On rencontre souvent des bancs de plusieurs centaines d'Exocoets de toutes tailles, poursuivis par des Dorades«.

»Par leur vol et leurs immersions promptement successives, ils rappellent ces galets que les enfans dans leurs jeux lancent à la surface d'un lac, et qui, tour-à-tour attirés et repoussés par les eaux, en effleurent la superficie par des ricochets multipliés«.

A. RISSO schreibt über *Exocoetus volitans* Lac. Folgendes <sup>2)</sup>: »C'est dans le moi de mai, aussitôt que les vents cessent de bouleverser la surface de la Méditerranée, que les Exocoets arrivent en phalanges sur nos côtes. Les uns y demeurent pendant plus d'un mois; les autres suivent vers l'Orient leur bruyant voyage. Ces poissons, doués de la faculté de voler, traversent l'air de différentes manières. Assez semblables aux Hirondelles vagabondes, d'ont ils empruntent à Nice le nom vulgaire, ils s'élèvent, s'abaissent, rasent l'atmosphère marine, et en décrivant plusieurs courbes, ces Abdominaux semblent confier la sûreté de leur vie à la puissance de leurs ailes. Poursuivis bien souvent par des Thons et des Pélamides, la terreur et l'épouvante se mettent dans leurs rangs, et pour échapper au péril qui menace, il s'élancent dans l'air«.

Capitän DE FREMINVILLE theilt u. A. Folgendes über fliegende Fische mit, die er im Mai 1829 im Atlantischen Ocean beobachtete <sup>3)</sup>: »J'ai pu avoir vivans plusieurs Exocoets, douze à quinze de ses poissons étant tombés un soir sur le gaillard d'avant de mon navire. Jamais je ne les avais vus s'élever aussi haut dans leur vol; car, pour retomber ainsi

1) Voyage dans les quatre principales îles des Mers d'Afrique, T. I, Paris 1804, p. 85, 86.

2) Ichthyologie de Nice, Paris 1840, p. 351.

3) Annales des scienc. nat. T. XXI, Paris 1830, p. 402—403.

sur le tillac (Oberdeck) de ma frégate, il leur avait fallu s'élever de près de dix-huit pieds au-dessus de l'eau«. — »J'ai été à même de me convaincre qu'ils volent bien réellement, et impriment aux nageoires qui leur servent d'ailes, un mouvement rapide, une espèce de frémissement qui les fait se soutenir et avancer dans l'air«. — »J'ai vu des Exocoets voler et s'avancer, en parcourant une distance de plus de cinquante toises, dans une direction horizontale«.

U. DE TESSAN sah fliegende Fische im Grossen Ocean im Mai 1837 auf einer Fahrt von Callao nach Lima. Er schreibt darüber u. A. Folgendes <sup>1)</sup>: »J'ai très-bien vu un poisson-volant battre d'abord des ailes en l'air, et puis les faire vibrer en planant.«

H. BURMEISTER beobachtete auf seiner Reise nach Brasilien *Exocoetus exiliens* und *Exocoetus volitans*. Er sagt <sup>2)</sup>: »Sie kommen, durch das Schiff aufgeschreckt, gewöhnlich zu beiden Seiten neben dessen Vordertheil aus dem Wasser hervor, und fliegen von da seitwärts über der Fläche des Meeres in 2—4 Fuss Abstand hin. Ich verfolgte sie lange Zeit mit den Blicken und sah bestimmt, dass sie keine Art Bewegung mit den grossen Brustflossen machen, sondern dieselben ruhig gespannt wie einen Fallschirm halten. Auch die viel kleineren Bauchflossen waren gespannt. Das Thier bog während des Flugs den sich hebenden Wellen sichtbar aus und schwebte am liebsten im Wellenthal hin, den Krümmungen desselben sich anschliessend. Nach einem Wege von 100—150 Fuss pflegen sie ins Wasser zurückzufallen. Die Fische fliegen bald einzeln, bald in Trupps zu 10, 20 bis 100 auf, und scheinen durch Beute suchende Wasserbewohner aus ihrem Elemente herausgetrieben zu werden. Wir fingen nie einen bei Tage, weil sie die Richtung des Schiffes erkennen und ihm ausweichen; nur bei Nacht fallen sie auf das Verdeck«. — »Sie fliegen nur, wenn mässiger Wind wehet, weil es der Wind ist, welcher sie trägt; bei Windstille habe ich nie einen fliegenden Fisch gesehen. Während des Fluges hängt der Schwanz etwas abwärts, und die untere grössere Hälfte der Schwanzflosse taucht öfters ins Wasser ein.«

In der »Reise der Oesterreichischen Fregatte Novara um die Erde in den Jahren 1857—1859«, herausgegeben von v. WÜLLERSTORF-URBAIR, heisst es, Theil I, 1861, p. 409:

»Bei aufmerksamer Beobachtung sieht man, dass die flügelartigen Brustflossen der fliegenden Fische einer zitternden Bewegung, gleich

1) Voyage autour du Monde sur la Vénus par DU PETIT THOUARS X. (Physique V. par U. DE TESSAN) Paris 1844, p. 149.

2) Reise nach Brasilien, Berlin 1853, p. 36.

den Flügeln der Heuschrecken fähig sind, wodurch sie den durch Muskelkraft hervorgerufenen schiefen Sprung aus dem Wasser unterstützen und in einer Höhe von 2 bis 3 und selbst mehr Fuss über der Oberfläche des Meeres oft an 50 Klafter Weg zurücklegen«. — »So oft sich fliegende Fische zeigten, kamen auch Boniten (*Thynnus Pelamys*) zum Vorschein; oft sahen wir dieselben, nach einem fliegenden Fische schnappend, aus dem Wasser hervorschiessen, oder, wenn das Erhaschen nicht gelang, ihm unter dem Wasser in der Richtung des Fluges naheilen«. — »Bei kleineren, niedrigen Schiffen fallen Nachts oft viele auf Deck; bei der Novara, deren Bordrand sich gegen 20 Fuss über den Meeresspiegel erhebt, war dies nicht möglich, gleichwohl geriethen einige, welche auf die Rüsten der Wanten niederfielen, in unsere Hände«.

Auf der Preussischen Expedition nach Ost-Asien sah E. v. MARTENS<sup>1)</sup> die ersten fliegenden Fische im Atlantischen Ocean »am 20. April 1860 unter 24° Nordbreite und dann häufig in den folgenden Tagen bei sanftem Ostnordost- und Ostsudostwind. Sie zeigen sich stets schaaarenweise und fliegen mit beträchtlicher Schnelligkeit wie Silberpfeile über die See dahin, nie höher als einige Fuss über denselben, und die Linie ihres Fluges schmiegte sich oft deutlich den Wellenbergen und Wellenthälern an«. — »Die Richtung ihres Fluges war meist rechtwinklig zum Winde, dem Lauf des Schiffes scheinbar entgegen und nach auswärts von ihm sich abwendend; bei kürzeren Strecken erschien sie geradlinig, bei längeren wurde gegen Ende des Fluges ein horizontaler Bogen beschrieben, als ob der ermüdete Fisch durch den Einfluss des Windes von seiner ursprünglichen Richtung abgebracht würde. Das Abbiegen trat zu bestimmt in einem gewissen Augenblick ein, als dass es auf Rechnung der stetigen Ortsveränderung des Beobachters allein kommen könne. Die Weite des Fluges wechselt innerhalb ziemlich enger Grenzen; sie scheint für einen Sprung zu gross, für wirklichen Flug zu klein und zu wenig veränderlich. LAURIE (*Sailing directory for the ethiopic or south atlantic ocean*, 4 th edit, London 1855, p. 36) schätzt sie auf 60—80 englische Yards. Man kann den Fisch vollkommen gemächlich mit dem Auge verfolgen; die Dauer des Fluges schien mir nie eine Minute zu erreichen. Während des Fluges war die weisse Bauchseite des Fisches etwas gegen den Wind gerichtet, so dass die Fische, von Leebord aus gesehen, weiss, von Luvbord<sup>2)</sup> aus dunkel er-

1) Die Preussische Expedition nach Ost-Asien. Zoologischer Theil, bearb. von Prof. Dr. E. v. MARTENS, I, Berlin 1876, p. 28.

2) Luvbord ist die dem Winde zugekehrte Brüstung des fahrenden Schiffes, Leebord die von dem Winde abgekehrte.

schiene«. — »Man sieht sie am schönsten bei Sonnenschein, aber sie fliegen auch bei Nacht. Eines Abends war einer durch eine Stückpforte in der Batterie der Fregatte Thetis, etwa 8 Fuss über Wasser, hereingeflogen. Auf dem Schooner Frauenlob, dessen Bord weit niedriger über Wasser war, als der unserer Fregatte, kamen sie Nachts in grosser Menge auf das Verdeck geflogen. Während Windstille wurden keine mehr gesehen«.

Dr. S. KNEELAND beschreibt die fliegenden Fische, welche er auf einer Reise von San Francisco nach Panama im Jahre 1870 beobachtete, mit folgenden Worten <sup>1)</sup>: »The ventrals were expanded like the pectorals in the act of flight. They rose out of a perfectly smooth sea, showing that they are not mere skippers from the top of one wave to another; they could be seen to change their course, as well as to rise and fall, not unfrequently touching the longer, lower lobe of the tail to the surface, and again raising, as if they used the tail as a powerful spring. While the ventrals may have acted chiefly as a parachute, it seemed that the pectorals performed, by their almost imperceptible but rapid vibrations, the function of true flight«.

W. CHIMMO <sup>2)</sup> sah fliegende Fische nie weiter fliegen, als die Länge des englischen Kriegsschiffes Nassau betrug (340 Fuss). Sie besitzen, nach dessen Beobachtungen, die Fähigkeit, mittelst ihres Schwanzes Wendungen zu machen, indem sie ihn wie ein Steuer gebrauchen.

WYVILLE THOMSON gedenkt der fliegenden Fische in »The Voyage of the Challenger, The Atlantic I, 1877, p. 199 an folgender Stelle:

»Lovely Dolphins (*Coryphaena hippurus*) passed in their varying iridescent colouring from the shadow of the ship into the sunshine, and glided about like living patches of rainbow. Flying-fish (*Exocoetus evolvans*) became more abundant, evidently falling a prey to the dolphins, which are readily deceived by a rude imitation of one of them, a white spinning bait, when the ship is going rapidly through the water«.

Wenn ich das rein Thatsächliche, was diese Mittheilungen verschiedener Beobachter enthalten, und was ich aus Unterredungen mit praktischen Seeleuten über fliegende Fische schöpfte, von allen theore-

1) Proceedings of the Boston Society of Natural History. Vol. XIV, 1870—1871. Boston 1872, p. 138.

2) Nach dem »Field«, Oct. 28, 1871, mitgetheilt im »Zoologischen Garten«, herausg. v. F. C. NOLL, 12. Jahrg. 1871, p. 378.

tischen Einmischungen ablöse, so lässt sich dasselbe in folgende Sätze zusammenfassen:

Die Exocoeten schiessen mit grosser Geschwindigkeit ohne Rücksicht auf die Richtung des Windes und den Lauf der Wellen aus dem Wasser.

Sie machen mit ihren Brust- und Bauchflossen während des Fluges keine regelmässigen Flatterbewegungen, sondern spannen sie ruhig aus.

An den ausgebreiteten Brustflossen können sehr schnelle Vibrationen auftreten.

Der Hinterkörper hängt, während die Fische schweben, etwas tiefer, als der Vorderkörper.

Gerade gegen den Wind fliegen sie gewöhnlich weiter, als mit dem Winde, oder wenn ihre Bahn und die Richtung des Windes einen Winkel miteinander bilden.

Die meisten Exocoeten, welche gegen den Wind oder mit dem Winde fliegen, verharren auf ihrer ganzen Flugbahn in derjenigen Richtung, in welcher sie aus dem Wasser kommen.

Winde, die von der Seite auf die ursprüngliche Bahn der Exocoeten stossen, lenken diese in ihre Richtung hinein.

Alle Exocoeten, welche sich von den Schiffen entfernen, schweben auf ihrem ganzen Wege durch die Luft in der Nähe der Wasserfläche hin.

Wenn sie bei stärkeren Winden dem Laufe der Wellen entgegenfliegen, so fahren sie über jedem Wellenberge gewöhnlich etwas in die Höhe; zuweilen schneiden sie mit dem Schwanze in den Gipfel desselben etwas ein.

Nur solche Exocoeten erheben sich zu bedeutenderen Höhen (höchstens bis ungefähr 5 Meter über den Meeresspiegel), deren Luftbahn durch ein Schiff gekreuzt wird.

Bei Tage fallen selten fliegende Fische auf die Schiffe, sondern meistens bei Nacht, und niemals bei Windstille, sondern nur wenn Wind wehet. Am meisten fallen sie auf Schiffe nieder, welche nicht höher als 2 bis 3 Meter über Wasser liegen, wenn diese an dem

Winde<sup>1)</sup> oder mit halbem Winde<sup>2)</sup> segeln und gute Fahrt machen.

Niemals kommen fliegende Fische von der Leeseite, sondern immer nur von der Windseite her an Bord.

Nicht selten beschreiben sie, sobald ihre Schwanzflosse in das Wasser taucht, in der horizontalen Ebene ihrer Bahn einen Bogen nach der rechten oder linken Seite hin.

Bei Wind und bewegter See erscheinen sie häufiger über dem Wasser, als bei ruhigem Wetter.

Vor Schiffen, welche zwischen ihre schwimmenden Herden fahren, entfliehen die Exocoeten ebenso in die Luft, wie vor Raubfischen und Cetaceen.

Viele der Schriftsteller, welche über fliegende Fische schreiben, halten deren Brustflossen für Organe, welche ebenso arbeiten, wie die Flügel der Vögel, Fledermäuse und Insecten. Selbst viele reisende Naturforscher, welche Hunderte von Exocoeten zu beobachten Gelegenheit hatten, stimmen dieser verbreiteten Ansicht bei, z. B. A. v. HUMBOLDT, wenn er sagt<sup>3)</sup>: »Von dem 22. Grad der Breite fanden wir die Oberfläche des Meeres mit fliegenden Fischen bedeckt; sie schwangen sich 42, 45, selbst 48 Fuss hoch in die Luft und fielen auf das Verdeck«. — »Der Fisch ist fähig, sich in horizontaler Richtung bis in eine Entfernung von 20 Fuss fortzuschwingen, ehe er von neuem die Oberfläche des Meeres mit dem Ende seiner Flossen berührt. Man hat sehr schicklich diese Bewegung mit der eines platten Steines verglichen, welcher einen oder zwei Fuss hoch über die Wellen aufhüpft. Ungeachtet der erstaunlichen Geschwindigkeit dieser Bewegung kann man sich überzeugen, dass das Thier während des Sprungs die Luft schlägt, das heisst, dass es abwechselnd die Brustflossen öffnet und schliesst«.

DE FREMINVILLE<sup>4)</sup> sagt in der oben p. 346 citirten Stelle, dass die Exocoeten »wirklich fliegen«. VALENCIENNES<sup>5)</sup> ist derselben Ansicht, und in der Reise der Novara (I, p. 409) wird dieselbe Meinung aus-

1) Segelt man »an oder bei dem Winde«, so kommt der Wind etwas schräg von vorn und stösst auf die Seite des fahrenden Schiffes.

2) Segelt man »mit halbem Winde«, so kommt derselbe von rechts und stösst rechtwinklig auf die rechte Seite des fahrenden Schiffes.

3) Reise in die Aequinoctial-Gegenden des neuen Continents. I. Stuttgart, 1845, p. 306 u. 307.

4) Ann. des scienc. nat. XXI, 1830, p. 402.

5) CUVIER et VALENCIENNES, Histoire nat. des poissons, XIX, 1846. p. 68.

gesprochen, welcher sich auch E. v. MARTENS (S. oben p. 348), S. KNEELAND (S. oben p. 349) und J. B. PETTIGREW<sup>1)</sup> anschliessen.

Sehr häufig wird auch die Meinung ausgesprochen, dass ihr Flug nur deshalb von kurzer Dauer sei, weil ihre Brustflossen durch Trockenwerden ihre Bewegbarkeit verlören. KNEELAND sagt in dieser Beziehung<sup>2)</sup>: The animal therefore suddenly drops when the membrane becomes stiff. I do not see how the drying of the pectorals would affect their action as parachutes.

Aber wer hat denn jemals das Trockensein der Brustflossen eines fliegenden Fisches am Ende seiner natürlich erlöschenden Flugbahn beobachten können? Denn dann fallen sie ja nicht auf Schiffe nieder, sondern ins Meer zurück. Dass die fliegenden Fische deshalb niedersinken, weil ihre Flossen durch Austrocknen steif geworden seien, ist also eine reine Erfindung, zu welcher man seine Zuflucht nahm, weil man die wahren Ursachen ihrer Bewegung durch die Luft nicht erkannte.

Wenn ich diesen Stimmen gegenüber, wie H. BURMEISTER, behaupte, dass sich die fliegenden Fische nicht durch flatternde Bewegungen ihrer Brustflossen über dem Wasser halten und weitertreiben, sondern dass sie diese während ihres Fluges ausgebreitet und andauernd in gleicher Höhe halten, so stütze ich mich nicht allein auf meine eigenen Beobachtungen zahlreicher Exocoeten und eines *Dactylopterus orientalis*, während sie flogen, sondern besonders auch auf weitergehende anatomische Untersuchungen von Exocoeten, als bisher angestellt worden sind, und auf physikalische Thatsachen, welche bei der Erklärung ihrer Bewegungen durch die Luft eine sehr wichtige Rolle spielen, aber trotzdem von keinem andern Beschreiber fliegender Fische bis jetzt beachtet wurden.

Die Zähigkeit, mit welcher selbst manche so gute Beobachter, wie ich oben anführte, daran festhalten, dass die fliegenden Fische ihre Brustflossen flügelartig bewegen, ist mir psychologisch und historisch sehr wohl begreiflich.

Die kurze, aber sehr bezeichnende Beschreibung der Meeresschwalben (*χελιδών*, wahrscheinlich *Dactylopterus volitans* Cuv.) in der Thierkunde des ARISTOTELES<sup>3)</sup>, wo sie angeführt werden als »Fische

1) On the mechanical appliances by which flight is attained in the animal kingdom. *Transact. of the Linnean Soc. of London*: Vol. 26, Part. I, 1868 p. 497 und: *Die Ortsbewegungen der Thiere*. Deutsche Ausgabe, Leipzig 1875, p. 78.

2) *Proceed. Boston Soc. of Nat. Hist.* XIV, 1870—1874, p. 433.

3) ARISTOTELES' Thierkunde, Text mit deutscher Uebersetzung von AUBERT und WIMMER, I, 1868, p. 432 u. 433 (Lib. IV, Cap. 9).

mit langen und breiten Flossen, welche schwebend über das Meer hinfliegen, ohne es zu berühren«, und die kurze Bemerkung des PLINIUS<sup>1)</sup>, dass ihr Flug dem Fluge der Schwalben sehr ähnlich sei, sind offenbar die Veranlassung gewesen, dass sich die meisten aus diesen alten Naturhistorikern schöpfenden Autoren, welche niemals lebendige fliegende Fische gesehen hatten, die Vorstellung machten, ihre Brustflossen würden ebenso bewegt, wie die Flügel der Vögel. Was sie sich bloß vorstellten, drückten sie aber wie etwas Gesehenes in Worten aus, und Andere nahmen es dann für etwas wirklich Beobachtetes von ihnen an. So vererbte sich die falsche Vorstellung von dem »wirklichen Fliegen« der Exocoeten und Dactylopteren durch C. GESNER<sup>2)</sup>, F. Willughby<sup>3)</sup> und andere ältere Ichthyologen nicht nur bis in die LINNE'sche und CUVIER'sche Periode der Zoologie, in der BLOCH<sup>4)</sup>, LACEPÈDE<sup>5)</sup>, OKEN<sup>6)</sup> und VALENCIENNES<sup>7)</sup> viel zu ihrer Verbreitung und Befestigung beitrugen, sondern von diesen sogar bis in die Reisebeschreibungen und die besten zoologischen Handbücher unserer Zeit.

Wenn die Brustflossen der fliegenden Fische während der ganzen Luftfahrt wirklich ähnliche Bewegungen machten, wie die Flügel der Fledermäuse, Vögel und Insecten, so würde man sie eben so gut wahrnehmen können, wie die Schläge gleich grosser Fledermaus- und Vogelflügel.

Flatternde Bewegungen der grossen, ziemlich glänzenden Brustflossen würden sich durch abwechselndes Erscheinen und Verschwinden des von ihnen reflectirten Lichtes bemerkbar machen. Sie würden keinem aufmerksamen Beobachter, der von der Höhe eines Schiffes herab die Brustflossen fast in ihrer vollen Ausdehnung übersieht, entgehen. Aber ich habe, so oft und so lange ich fliegende Fische, welche in der Nähe unseres Schiffes aus dem Wasser fuhren, mit meinen Augen verfolgen konnte, niemals in ähnlicher Weise unterbrochen reflectirtes Licht von den Brustflossen empfangen, wie von Flügeln fliegender Vögel und Fledermäuse.

Das schnelle Schwirren oder Vibriren der ausgebreiteten Brustflossen, welches manche Beobachter fliegender Fische verleitet hat, ihnen wirkliche Flugbewegungen zuzuschreiben, entsteht nicht etwa durch Muskelarbeit, sondern kommt dadurch zu Stande, dass die Ela-

1) PLINIUS, Natur. hist. Lib. IX, 26 (Recens. D. DETLEFSEN Vol. II, Berol. 1867, p. 105.

2) Fischbuch, übersetzt von FABER, Zürich 1575, p. 18.

3) Hist. piscium, Oxfordii 1686, p. 284. Append. p. 18.

4) Naturgesch. d. ausländ. Fische Theil 9. 1791, p. 4.

5) Poissons, III, p. 290.

6) Allgemeine Naturgesch. VI, 1836, p. 384.

7) CUVIER et VALENCIENNES, Hist. nat. des Poissons, XIX, 1846, p. 70.

sticität der ausgespannten Flossenplatte und der Luftdruck einander abwechselnd entgegenwirken. Unter welchen Umständen dies geschieht, werde ich später angeben.

Wer den Brustflossen flügelartige Schwungbewegungen von fast nicht mehr wahrnehmbarer Geschwindigkeit beimisst, wie mehrere der oben citirten Autoren, der hat erst zu beweisen, dass die fliegenden Fische auch wirklich die Kräfte besitzen, sie auszuführen, ehe er erwarten darf, dass seine Behauptung wie eine wissenschaftlich begründete Thatsache aufgenommen werde.

Ein Sperling macht in der Secunde 13 Flügelschläge, eine wilde Ente 9, und eine Taube 8 Schläge<sup>1)</sup>. Wenn die fliegenden Fische in der Secunde eine noch grössere Anzahl Flossenschläge machen sollten, so müssten sich die Muskeln derselben noch schneller verkürzen können, als die Brustmuskeln der Vögel und aller anderen Wirbelthiere.

Die Zuckungsdauer der Exocoetenmuskeln ist nicht bekannt; bei anderen Fischen hat sie MAREY<sup>2)</sup> zwar kürzer gefunden, als bei Säugethieren und beim Menschen (wo sie  $\frac{9}{100}$  Secunden beträgt), aber doch länger als bei Vögeln, welche eine Zuckung in  $\frac{4}{100}$  Secunden ausführen können<sup>3)</sup>.

Prof. V. HENSEN<sup>4)</sup> bestimmte auf meine Bitte im physiologischen Institut zu Kiel in meiner Gegenwart die Zuckungsdauer eines Muskelstückes von der Bauchseite eines *Cottus scorpius* L. aus dem Kieler Hafen. Die Verkürzung dauerte  $\frac{7.57}{100}$  Secunden, die Wiederausdehnung  $\frac{9.33}{100}$  Secunden, die ganze Zuckung also  $\frac{16.9}{100}$  Secunden. Unter HENSEN'S Anleitung fand 1868 Th. KLÜNDER, dass bei Froschmuskeln die Verkürzung  $\frac{5.8}{100}$  Secunden dauert, die Wiederausdehnung  $\frac{9}{100}$  Secunden, die ganze Zuckung also  $\frac{14.7}{100}$  Secunden.

Von grosser Bedeutung ist bei dieser Frage auch die Grösse der Muskeln, welche die Flügel und Flossen in Bewegung setzen. Nach P. HARTING'S Untersuchungen<sup>5)</sup> verhält sich im Mittel das Gewicht der Brustmuskeln zu dem Gewicht des ganzen Körpers bei Vögeln wie

1) M. MAREY, Mémoire sur le vol des Insectes et des oiseaux. Ann. des sc. nat. Ser. V. Zool. XII, 1869, p. 444. MAREY nennt hier und in der nächstcitirten Schrift die momentane Verkürzung eines Muskels sammt der darauf folgenden Wiederverlängerung »secousse musculaire«. Ich brauche dafür das Wort Zuckung.

2) MAREY, Du mouvement dans les fonctions de la vie, 1868, p. 218.

3) Ann. des sc. nat. Ser. V. Zool. XII, 1869, p. 86.

4) V. HENSEN, Arbeiten aus dem physiologischen Institut in Kiel, 1868. Kiel 1869, p. 107.

5) Observations sur l'étendue relative des ailes et des poids des muscles pectoraux chez les animaux vertébrés volants. Archives Néerlandaises des sc. exact. et nat. IV. 1869, p. 33.

4 : 6,22; bei Fledermäusen wie 4 : 43,6. Bei Exocoeten aber verhält sich nach meinen Untersuchungen im Mittel das Gewicht der Brustflossenmuskeln zum Gewichte des ganzen Körpers wie 4 : 32,4.

Ich stütze mich also, wenn ich bezweifle, dass flugartige Bewegungen der Brustflossen wirklich gesehen worden seien, nicht bloß auf das, was meine Augen während des Fluges an Exocoeten wahrgenommen haben, sondern auch noch auf physiologische und anatomische Thatsachen, welche ich erst weiter unten ausführlicher mittheilen werde.

Prof. E. v. MARTENS, welcher in der oben p. 348 angeführten Stelle nur einmal die Bewegung der Brustflossen im Flug gesehen zu haben glaubt, obgleich er ebenso wie ich oft Schaaren derselben über dem Meeresspiegel beobachtete, wird in seiner Ansicht, dass die Brustflossen als Flügel dienen, noch dadurch bestärkt, dass er an einer derselben anhaltend heftig zitternde Bewegungen wahrnahm, während er einen lebenden Exocoetus in der Hand hielt.

A. v. HUMBOLDT<sup>1)</sup> beobachtete, dass sich die Strahlen der Brustflosse eines Exocoetus »mit einer fünfmal grösseren Kraft bewegten, als die Strahlen anderer Flossen, wenn er ihre Nerven galvanisch reizte«.

Allein auch diese Thatsachen können mich nicht zu der verbreiteten Ansicht bekehren; denn ihre Brustflossen bewegen alle Fische, so lange sie ausser dem Wasser noch lebenskräftig sind; die Exocoeten ihre grossen mit kräftigeren Muskeln natürlich stärker, als andere Fische ihre kleineren, weil diesen schwächere Muskeln zur Verfügung stehen.

A. v. HUMBOLDT sucht seine Meinung, dass die Exocoeten mit den Brustflossen die Luft schlagen, auch noch dadurch zu stützen, dass er an ähnliche Bewegungen bei einer *Scorpaena* erinnert, obwohl er sie nicht selbst gesehen hat. Dieser Fisch ist *Scorpaena* (*Pterois*) *volitans* L., von welcher LACEPÈDE in seiner *Histoire naturelle des Poissons*, Vol. III, p. 290 schreibt: »La Scorpène emploie une sorte d'aile plus développée, lorsqu'elle frappe en arrière contre les couches atmosphériques«. Aber auch LACEPÈDE, auf dessen Beschreibung der Flugbewegungen sich HUMBOLDT (a. a. O. p. 307) beruft, hatte die *Scorpaena* nicht lebend gesehen. Ja, dieser Fisch macht gar keine Bewegungen durch die Luft, wie CUVIER und VALENCIENNES nach BENNET mittheilen (*Poissons* IV, p. 352 u. 364). Die Fischer von *Mauritius* wissen auch nichts von seinem Fluge, obgleich er auf den dortigen Korallenriffen nicht selten ist.

Auf dem Korallenriff im Südosten der Insel *Mauritius* hatte ich Gelegenheit, auch einen Flugfisch aus der Ordnung der *Acanthoptery-*

1) Reise in die Aequinoctial-Gegenden des neuen Continents. I. Stuttgart 1845, p. 307.

gier bei seiner Bewegung durch die Luft zu beobachten. Es war ein 24 Cm. langer *Dactylopterus orientalis* C.V. Ich fuhr mit meinen Fischern in einem Kahn im hellen Sonnenschein über den ruhigen Theil des Küstenriffes, als der *Dactylopterus* vor uns aus dem klaren Wasser kam und schnell, wie eine Schwalbe, dicht über der glatten Oberfläche hinschwebte. Wir verfolgten ihn durch kräftiges Vorwärtsstossen des Kahns. Seine prachtvoll blau gefleckten Brustflossen blieben als zwei grosse Platten zu beiden Seiten des Körpers unbewegt entfaltet. Davon habe ich mich mit solcher Sicherheit überzeugt, dass ich kein Bedürfniss fühle, mich über die Richtigkeit meiner Wahrnehmung noch durch Berufung auf ähnliche Beobachtungen Anderer erst vollkommen zu beruhigen. Der Fisch würde mit den Brustflossen auf das Wasser geschlagen haben, wenn er sie flatternd bewegt hätte, so nahe war er dem Meeresspiegel. Dieser aber behielt auch unter ihm seine Ruhe und Glätte. Als der Kahn dem Fische nicht mehr folgen konnte, weil das Wasser zu flach ward, sprang einer der Fischer ihm nach und fing ihn mit den Händen.

## II. Ueber den Bau der fliegenden Fische für ihre Bewegung durch die Luft.

### Die Strahlen der Brustflosse.

Die Strahlen der Exocoetenbrustflosse bestehen, wie die Strahlen der paarigen und medianen Flossen anderer Teleostier aus zwei Knochenstäben<sup>1)</sup> welche ich Halbstrahlen nennen will, um sie in der folgenden Beschreibung kurz und bestimmt bezeichnen zu können. Die distalen Hälften dieser Strahlen (den ersten ausgenommen) sind dichotom getheilt.

Vergleicht man die vordere Fläche der Exocoetenbrustflosse, nachdem man sie von dem Körper abgezogen und ausgebreitet hat, mit der Brustflosse anderer Knochenfische, so wird man eine merkwürdige Eigenthümlichkeit bemerken, nämlich Furchen zwischen den aufeinander folgenden Strahlen (Taf. XVII, Fig. 4)<sup>2)</sup>. Diese Furchen sind am tiefsten in dem proximalen Drittel der Flosse und verschwinden erst in dem distalen Drittel da, wo eine zweite dichotome Theilung der

1) Vgl. J. F. MECKEL, System der vergleich. Anat. II. 4. 1824, p. 297. — G. CUVIER et VALENCIENNES, Hist. nat. des Poissons, I, 1828, p. 367. — H. STANNIUS, Vergl. Anat. d. Wirbelthiere, Berlin 1846, p. 45.

2) LINNÉ beschreibt diese Eigenthümlichkeit mit den Worten: »Pinnæ pectorales radii antice carinatis«. (Syst. Nat. Ed. XIII, 1766, I, p. 520.)

Strahlen eintritt. Sie entstehen dadurch, dass der vordere und der hintere Halbstrahl eine andere Form besitzen und in anderer Weise nebeneinander liegen, als bei andern Teleostiern. Bei dem Dorsch (*Gadus morrhua* L.) z. B. kehren die zusammengehörenden Halbstrahlen der Brustflosse ihre concaven Seiten so gegeneinander, wie Fig. 4 b auf Taf. XVII darstellt.

Bei den Exocoeten sind die proximalen Theile der Halbstrahlen sehr breit, ihr Querschnitt ist nur schwach concav-convex und während die Halbstrahlen der Dorschbrustflosse und vieler anderen Knochenfische getrennt bleiben, sind sie bei den Exocoeten an ihren oberen schmalen Rändern durch eine Naht fest vereinigt.

Besonders breit sind die hinteren Halbstrahlen in der Nähe ihres proximalen Endes, unmittelbar neben den Ansatzpunkten der Sehnen, welche von den Muskeln zu den einzelnen Strahlen gehen. Hier haben sie eine sensenartige Form und greifen derart übereinander, dass der untere Rand jedes vorhergehenden Halbstrahls den obern Rand des nachfolgenden bedeckt (Taf. XVII, Fig. 3). (Ich erinnere an ein ähnliches Verhalten der mit Hakenfortsätzen versehenen Vogelrippen.) Auf diese Weise bilden sie eine Reihe schmaler Platten, die alle gemeinschaftlich, wie eine einfache breite Platte zurückweichen müssen, wenn von vorn her ein Stoss oder Druck gegen die tieferen Strahlen ausgeübt wird; und umgekehrt müssen die untern Strahlen mit den obern zugleich vorwärts gehen, wenn die obern nach vorn gezogen werden.

Die Naht, durch welche jeder vordere Halbstrahl mit seinem hintern verbunden ist, läuft an der obern Kante des hintern Halbstrahls entlang. Beide Halbstrahlen stossen in einem ziemlich grossen spitzen Winkel zusammen, bilden also miteinander eine dreieckige Furche. Indem sich die Furchen aller Halbstrahlenpaare schwach divergirend aneinanderreihen, entstehen die vierkantigen Furchen, welche an der Vorderseite der Exocoeten-Brustflosse verlaufen (Fig. 4 u. 2).

An der Brustflosse eines *Exocoetus nigricans* Benn., deren Länge 460 Mm. beträgt, sind die grössern Furchen, 45 Mm. von dem Gelenk entfernt, 4,5 Mm. tief. Bei einem *Exocoetus rufipinnis* C. V. von 310 Mm. ganzer Körperlänge, der 475 Mm. lange Brustflossen besitzt, sind die grösseren Furchen bis 2 Mm. tief. Bei einem 480 Mm. langen *Exocoetus bahiensis* Ranz. erreichen sie eine Tiefe von 4—5 Mm.

Jede dieser Furchen wird ein Windfang, wenn ein Luftdruck gegen die Vorderseite der Brustflosse ausgeübt wird.

Vergleicht man die Dicke zweier zusammengehörenden Halbstrahlen, so findet man, dass die vordern dicker sind als die hintern und dass sie in derjenigen Richtung den grössten Dickendurchmesser haben,

in welcher die Luft auf die Flosse drückt, wenn der Fisch fliegt. Sie setzen also in der Lage, die sie einnehmen, dem Luftdruck den grössten Widerstand entgegen, dessen sie fähig sind, nach dem Cohäsionsgesetze nämlich, dass die relative Festigkeit eines Stabes sich wie das Quadrat seiner Höhe verhält. Ihre proximalen Theile werden daher durch den Druck der Luft weder gebrochen, noch gebogen, sondern treten demselben als steife, also erhaltungsmässig gebildete Hebel, der Körperlast entgegen.

Da die distalen Hälften der Strahlen dünner sind als die proximalen und da sie aus Gliedern bestehen, so setzen sie dem Drucke der Luft einen geringeren Widerstand entgegen und können daher durch denselben gebogen werden.

Nach Untersuchungen skeletirter Brustflossen der Arten *Exocoetus evolans* L., *E. nigricans* Benn. und *oxycephalus* Bleek., sind an den meisten vordern Halbstrahlen (einige Millimeter von ihren Gelenkflächen) dreieckige Fortsätze entwickelt, welche Sehnen zur Anheftung dienen. Sie fehlen nur den beiden obersten und den letzten Strahlen und sind am besten vom zweiten bis fünften Strahl ausgebildet (Fig. 4).

Die Gelenkflächen der vordern und hintern Halbstrahlen sind convex, ihre Umrisse sind vier- oder dreiseitig (Fig. 4 a). An die Gelenkflächen der hintern Halbstrahlen schliessen sich schmal flügelartige Fortsätze an. Dies sind die proximalen Enden der sensenförmigen Basalstrecken der hintern Halbstrahlen. An ihnen befestigen sich Sehnen.

Die Haut, welche die Räume zwischen den Flossenstrahlen ausfüllt (Fig. 4, eH), enthält feine gekreuzte Bindegewebsfasern, deren Elasticität die von einander entfernten Strahlen wieder zusammenzieht. Ebenso wirkt auch eine Reihe von Bändern, welche in den Furchen der Flosse, dicht ausserhalb der dreieckigen Fortsätze der vordern Halbstrahlen liegen (Taf. XVII, Fig. 4 B).

Die Flossenstrahlen bilden ein Gelenk mit dem obern freien Rande der Scapula und mit vier Basalknochen, welche fest vereinigt sind theils mit dem untern Theile des hintern Scapularandes, theils mit dem hintern Rande des Coracoids. (Die äusserst feinen Verwachsungsnähte dieser Knochen machte ich mir dadurch deutlicher sichtbar, dass ich den Schultergürtel einige Stunden in einer alkoholischen Lösung von Fuchsin liegen liess und darauf eine kurze Zeit in Wasser brachte.)

Löst man die Basalknochen durch Maceration ab, so sieht man, dass von dem vordern Rande eines jeden zwei flügelartige Schenkel abgehen, mit welchen sie den Rand der Scapula und des Coracoids rei-

tend umfassen (Taf. XVII, Fig. 4c). Diese Flügel sind bei dem obersten Basalknochen kleiner, als bei den weiter abwärts sitzenden.

Die Clavicula besteht aus einem lateralen und einem medialen Flügel, welche beide vorn in einem spitzen Winkel zusammenstossen. Oben tragen sie einen kräftigen Fortsatz, in dessen concaver hinterer Fläche einer der Brustflossenmuskeln entspringt (Fig. 1, 4 u. 5 C, F).

Scapula und Coracoid haben in derselben Fläche, in welcher der mediale Flügel der Clavicula entwickelt ist, eine so grosse Ausdehnung, dass sie mit diesem Flügel zusammen eine einzige Platte bilden, in welcher ausser einem ovalen Loche, oben in der Scapula für die Nerven der Brustflosse, nur noch kleine Durchbrechungen zwischen Clavicula und Coracoid auftreten. Aber auch diese können verschwinden, so dass der ganze mediale Flügel der verwachsenen Schulterknochen den Muskeln sehr grosse Ursprungsflächen darbietet (Fig. 1, 4 u. 5).

Zwei Ossa supraclavicularia verbinden den Schultergürtel mit dem Hinterhaupte. Beide sind grätenförmig schmal und gebogen. Der untere liegt gänzlich auf dem obern Fortsatz der Clavicula; der obere geht von hier nach dem Schädel<sup>1)</sup>.

Von allen Fisch-Schultergürteln, welche ich mit dem Bau des Exocoeten-Schultergürtels vergleichen konnte, ist diesem am ähnlichsten der Schultergürtel von *Belone vulgaris* Flem., also der eines Knochenfisches, welcher wie die Gattung *Exocoetus* zu den *Pharyngognathi malacopterygii* des J. MÜLLER'schen Systems gehört. Bei *Belone* sind Scapula und Coracoid gleichfalls sehr ausgedehnt und die Basalia sind auch mit beiden fest vereinigt, was bereits C. GEGENBAUR angegeben hat<sup>2)</sup>.

Die Muskeln, welche die Bewegungen der Brustflosse ausführen, liegen, wie bei andern Teleostiern, auf der lateralen und medialen Seite des Schultergürtels. Sowohl die lateralen als auch die medialen Muskeln zerfallen in eine oberflächliche und in eine tiefere Schicht. In den Figuren 4, 5 und 6 sind die oberflächlichen Schichten beider Seiten roth, die tieferen grün dargestellt.

#### 4. Die lateralen Muskeln (Fig. 5 u. 6).

a) Die oberflächliche Schicht (Fig. 5 u. 6, o A) ist ein dünner Muskel, dessen äussere Seite flach, und dessen innere nur in der Nähe seines Ursprungs etwas convex verdickt ist. Er entspringt innen an der obern Abtheilung des lateralen Claviculaflügels. Seine

1) VALENCIENNES beschreibt den Schultergürtel von *Exocoetus volitans* nach der CUVIER'schen Auffassung desselben. Hist. des Poissons XIX, 89.

2) Untersuchungen zur vergleich. Anat. der Wirbelthiere II, 1865, p. 126.

Fasern verlaufen von hier mit geringer Neigung schräg aufwärts und verbinden sich mit den einzelnen Radien der Flosse durch schmale, bandförmige Sehnen, die sich an die oben p. 358 beschriebenen dreieckigen Fortsätze der vordern Halbstrahlen anheften. Dieser Muskel zieht die Brustflosse vorwärts und etwas abwärts.

b) Die tiefere Schicht (Fig. 5 u. 6, *tA*). Sie ist die grösste Muskelmasse der Flosse und zerfällt in zwei Partien: in eine vordere kleinere für die beiden obersten Strahlen, und in eine hintere grössere für alle übrigen Strahlen.

α) Die vordere kleinere Abtheilung entspringt in dem tiefsten Theile des Winkels, welchen die beiden Claviculaflügel bilden. Dieser Muskel ist strangförmig. Seine Fasern steigen ungefähr ebenso steil aufwärts wie der laterale Claviculaflügel. Seine Sehne (Fig. 4, *S*) verläuft unter einem Bande, welches oberhalb des Nervenloches zwischen der Clavicula und einem Scapulahöcker eine Rolle bildet, (Taf. XVII, Fig. 4, *Br*), nach den verwachsenen beiden ersten Flossenstrahlen, welche durch diesen Muskel kräftig von dem Körper abgezogen werden. Er ist derjenige Muskel, der während des Flugs die Brustflosse hauptsächlich stellt und hält.

β) Die hintere grössere Abtheilung ist vierseitig (Fig. *tA*). Ihre Fasern entspringen an dem grössten Theile der Platte, welche die verwachsenen Schulterknochen bilden und steigen nach oben und hinten. Die Sehnen heften sich etwas tiefer, als die Sehnen der oberflächlichen Schicht (4 *a*), an dieselben Höcker der einzelnen vordern Halbstrahlen. Dieser Muskel ist der kräftigste Vorwärts- und Abwärtszieher der Brustflosse<sup>1)</sup>.

Wenn sich alle lateralen Muskeln gleichzeitig verkürzen, so breiten sie die Brustflosse aus und ziehen sie von den Seitenflächen des Körpers ab nach vorn. Sie arbeiten der zusammenziehenden Kraft der Flossenhaut und der Bänder zwischen den proximalen Enden der Flossenstrahlen entgegen, hauptsächlich aber dem Drucke des Wassers oder der Luft, welcher die Flossen an die Körperseiten zurückzudrängen strebt. Das höchste Maass ihrer Wirkung ist erreicht, wenn die Brustflossen in einem rechten oder nur wenige Grade grösseren Winkel von dem Körper abstehen. Ein so tief gehendes Niederschlagen,

1) J. F. MECKEL schreibt in seinem System d. vergl. Anat. Bd. III, § 50, p. 88, diese drei Muskeln auf der lateralen Fläche des Schultergürtels den Knochenfischen überhaupt zu. Exocoetus hat er auch untersucht. — G. CUVIER und VALENCIENNES (Hist. nat. des Poissons I, 1828, p. 400), STANNIUS (Vgl. Anat. d. Wirbelth. 1846, p. 52) und R. OWEN (Anat. of Verteb. I, 1866, p. 209) sprechen nur von zwei Schichten auf der äussern Seite des Schultergürtels.

wie die Flügel der Vögel und Fledermäuse ausführen, gestatten ihnen weder die Verhältnisse der ganzen Muskulatur und des Gelenkes der Brustflosse, noch die Art ihrer Verbindung mit der Hautdecke des Körpers, worauf bereits J. B. PETTIGREW<sup>1)</sup> aufmerksam gemacht hat.

## 2. Die medialen Muskeln (Fig. 4 u. 6).

a) Die oberflächliche Schicht entspringt an der concaven Fläche des obern Claviculafortsatzes. Sie zerfällt in eine kleinere obere kegelförmige Abtheilung für die verwachsenen zwei ersten Strahlen, und in eine zusammengedrückt walzenförmige grössere Abtheilung für alle übrigen Strahlen<sup>2)</sup> (Taf. XVII, Fig. 4 u. 6, oB). Die Sehnen heften sich an die hintern Halbstrahlen, 2 bis 3 Mm. weiter entfernt von dem Gelenk, als die Sehnen der Muskeln auf der lateralen Seite. Nur die Sehne für die beiden ersten Strahlen setzt sich dem Gelenk etwas näher an.

b) Die tiefere Schicht ist ein flacher vierseitiger Muskel, welcher fast auf der ganzen medialen Fläche der vereinigten Schulterknochen entspringt. Seine Sehnen heften sich an die proximalen Enden der hintern Halbstrahlen (Taf. XVII, Fig. 4 u. 6, tB).

Contrahiren sich die medialen Muskeln gemeinschaftlich, so legen sie die ausgebreiteten Strahlen wieder aneinander und ziehen die ganze Flosse an den Körper zurück.

Viel weniger als die Brustflossen weichen die Bauchflossen der Exocoeten von der Bildung der Bauchflossen anderer Knochenfische ab. Mehrere Arten, die durch lange Brustflossen ausgezeichnet und als gute Flieger bekannt sind, besitzen nur kleine Bauchflossen, z. B. *Exocoetus evolvans* L.<sup>3)</sup> Sie sind hier verhältnissmässig nicht einmal so gross, wie bei der Schleie (*Tinca vulgaris* Cuv.). Haben die Bauchflossen eine bedeutendere Grösse, wie z. B. bei *Exocoetus nigricans* Benn. und *E. rufipinnis* C. V., so zeichnen sich die proximalen Hälften ihrer Strahlen durch Dicke und Steifigkeit aus, und besonders die beiden äussersten Strahlen durch ansehnliche Breite. Entfaltet, bilden die Bauchflossen Platten, welche mit der Bauchfläche des Fisches in einer Ebene liegen.

1) On the mechanical appliances by which flight is attained in the animal kingdom. Transact. of the Linnean Soc. of London. Vol. 26, 1, 1868. p. 244.

2) Diese zwei Abtheilungen schreiben CUVIER u. VALENCIENNES u. R. OWEN an den p. 360 a. Ö. den Knochenfischen überhaupt zu.

3) Vergl. A. GÜNTHER, Catalogue of the Fishes in the Brit. Mus. Vol. VI, 1866, p. 282, und CHR. LÜTKEN, Bidrag til Flyvefiskenes (Exocoeternes) Diagnostik. Vidensk. Meddel. fra den naturhist. Foren. Kopenhagen 1876.

Unter den medianen Flossen ist die Schwanzflosse der Exocoeten, andern Teleostiern gegenüber, eigenthümlich umgebildet, indem ihr ventraler Lappen viel grösser ist, als der dorsale (Fig. 42). Auch wird er durch dickere Randstrahlen besser gesteuert, als dieser. Durch diese Verschiedenheit ihrer beiden Lappen wirkt die Schwanzflosse wie ein Steuer und Ruder, welches den Körper schräg aufwärts und vorwärts treibt. Werfen die kräftigen Seitenmuskeln den Körper mit grosser Geschwindigkeit in der Richtung der oralen Achse vorwärts, so trägt die Schwanzflosse sicherlich viel dazu bei, diese Achse schräg aufwärts zu richten. Sie ist also günstig für die Ausfahrt aus dem Wasser umgestaltet.

Die Bauchfläche der Exocoeten ist verhältnissmässig breit und nur wenig convex. Sie bietet also beim Flug, zur Unterstützung der Brust- und Bauchflossen, eine grosse Tragfläche dar, welche noch dadurch in eigenthümlicher Weise etwas an Breite gewinnt, dass an jeder Bauchseite eine Reihe gekielter Schuppen entlang läuft (Taf. XVII, Fig. 7 S1). Bei den Dactylopteren, deren Schuppen alle gekielt sind, bilden sich die grössten Schuppenkiele auch in der Nähe der Bauchkanten aus.

Der Rücken der Exocoeten ist noch breiter als der Bauch. Diese auffallende Breite des Körpers der Exocoeten entspricht der bedeutenden Entwicklung ihrer grossen Seitenmuskeln, deren Querschnittsfläche Taf. XVII, Fig. 7 abgebildet ist.

Die freien Ränder der Knochenstücke des Kiemendeckels der Exocoeten sind sehr dünn und biegsam und mit einem Hautsaum umgeben, der sich von den Kiemenhautstrahlen bis an den obern Rand des Operculums erstreckt. Im Verein mit den Kiemenhäuten können daher die Kiemendeckel die Kiemenhöhle nach unten und hinten vollkommen wasserdicht abschliessen.

Die Mundöffnung der Exocoeten ist klein und dicht verschliessbar. Nach dem Schluss der Zwischen- und Unterkiefer füllen die sehr entwickelten Hautfalten der Mundwinkel die beiden Seitenspalten zwischen diesen Kieferpaaren wasserdicht aus. Den Austritt des Wassers nach vorn verhindern zwei halbmondförmige Klappenventile: ein oberes, welches vom Innenrande des Zwischenkiefers herabtritt, und ein unteres, das am innern Rande des Unterkiefers befestigt ist (Taf. XVII, Fig 8—11). Legt man einen Exocoetus unter Wasser und drückt man dann nur leise auf den hintern Rand des Kiemendeckels, so bewegen sich die Ränder dieser Klappen augenblicklich nach vorn. Geschieht dies bei geschlossenem Munde, so greifen sie übereinander und lassen das Wasser nicht aus

dem Munde gehen (Fig. 44). Ein fliegender Exocoetus kann also das Wasser, welches die Kiemen- und Mundhöhle in dem Augenblicke anfüllt, wo er das Meer verlässt, während des ganzen Fluges darin zurückhalten, wenn er den Mund schliesst. Der an den Seiten entlang streichende Luftdruck presst die Kiemendeckel an den Körper und übt dadurch einen Druck auf das Wasser in der Mundhöhle aus, durch welchen die Mundklappen geschlossen werden.

Schon BLOCH kannte die leichte Beweglichkeit der Mundklappen der Exocoeten. Er schreibt im 9. Theil seiner Naturgeschichte der ausländischen Fische, 1795, p. 4: »Die fliegenden Fische haben innerhalb des Mundes sowohl an der Ober- als Unterkinnlade eine lose Haut, welche, wenn man die Luft durch eine Kiemenöffnung einbläst, sich vereinigen und den geöffneten Mund schliessen«. Er befindet sich aber im Irrthum, wenn er meint: »Diese Einrichtung dient dem Fische, da sie einen Luftbehälter umgiebt, so, wie den Vögeln, zur Erleichterung des Fluges«. Denn offenbar verhindern die Klappen den Austritt des Wassers aus dem Munde und dienen daher dazu, die Kiemen unter Wasser zu halten, so dass auch während des Fluges das Athmen und der Blutlauf nicht unterbrochen werden.

Mundklappen kommen bei vielen Fischen vor<sup>1)</sup>, aber ich habe sie bei keinem der vielen andern Teleostier, die ich hierauf untersuchte, für den wasserdichten Verschluss des Mundes so auffallend geeignet gefunden, wie bei den Exocoeten. Bei *Dactylopterus* sind sie, wie bei den meisten Knochenfischen, nur schmale Hautfalten; aber bei diesem Flugfische hat das Maul andere Eigenschaften, welche einen wasserdichten Verschluss während des Fluges begünstigen. Es ist hinter dem festen Bogen der Oberkiefer tief eingesenkt, die Zwischenkiefer sind locker und zurückziehbar eingefügt und sammt den Unterkiefern mit einer dicken weichen Haut überzogen. Die Kiemendeckel der *Dactylopteren* sind ebenfalls mit einem dicht anschliessenden Hautsaum umgeben.

In dem Darm der Exocoeten habe ich viele Reste kleiner pelagischer Crustaceen gefunden. Für den Fang derselben hat der vordere Kiemenbogen eine geeignete Einrichtung. Er trägt an dem lateralen Rande seiner concaven vordern Seite eine dichte Reihe langer Zinken, die mit kleinen Zähnen besetzt sind. Diese Zinken legen sich vor die Kiemenspalten und bilden so zusammen mit den Doppelreihen kurzer Zähne an den übrigen Kiemenbogen eine Reuse zum Abfiltriren aller kleinen Thiere, welche mit dem Athemwasser in die Mundhöhle ge-

1) Vergl. CUVIER et VALENCIENNES, Hist. Poissons I, p. 497.

rathen. Einen ähnlichen Apparat habe ich bei dem Hering beschrieben und abgebildet <sup>1)</sup>.

A. v. HUMBOLDT macht auf die enorme Grösse der Schwimmblase bei den Exocoeten aufmerksam <sup>2)</sup> (S. Fig. 7, *Sch*). In einem Individuum von 6,4 Zoll Länge fand er sie 3,6 Zoll lang und 0,9 Zoll breit und mit 3,5 Kubikzoll Luft angefüllt. Diesen Angaben fügt er die Worte bei: »Da diese Blase mehr als die Hälfte des ganzen Thieres einnimmt, so ist es wahrscheinlich, dass sie dazu beiträgt, ihm Leichtigkeit zu geben«. Indem er hieran noch den Satz schliesst: »Man könnte sagen, dieser Luftbehälter diene ihm mehr zum Fliegen als zum Schwimmen«, schätzt er die Bedeutung der grossen Schwimmblase für den Flug offenbar viel zu hoch.

Einen 460 mm (also beinahe 6 Zoll) langen Exocoetus evolans L. fand ich 38,2 gr schwer. Hatte dieser in seiner Schwimmblase 3,5 Kubikzoll oder 69,4 ccm Luft, so verminderte diese seinen Druck auf die atmosphärische Luft während des Flugs nur um 0,0895 gr, denn nur so viel wiegen 3,5 Kubikzoll Luft. Da das Gewicht des Darminhaltes eines Exocoetus bei seinen verschiedenen Luftfahrten leicht um Gramme differiren kann, so erleichtert ihm die grosse Schwimmblase den Flug nicht etwa durch eine bemerkenswerthe Verminderung des Körpergewichts, sondern eher durch die Vergrösserung des Körpervolumens.

Der Hauptwerth der grossen Schwimmblase der Exocoeten besteht aber vielleicht darin, als ein Vorrathsraum für Sauerstoff zu dienen, den das Blut während des Fluges wieder in sich zurücknimmt, nachdem es ihn vor demselben darin aufgespeichert hatte; denn A. MOREAU <sup>3)</sup> wies nach, dass die Schwimmblase der Fische Sauerstoff aus dem Blute in sich hinein ausscheidet und ansammelt, um ihn diesem wieder zurückzugeben, wenn sie in Wasser kommen, welches nicht genug Sauerstoff zur Unterhaltung der Kiemenathmung besitzt. Da nun während des Flugs kein Wechsel des Athemwassers stattfindet, und daher auch die Zufuhr von Sauerstoff durch die Capillaren der Kiemen geringer sein wird, als bei steter Erneuerung des Athemwassers, so kann der Sauerstoff in der Schwimmblase die abgeschwächte Kiemenathmung erhaltungsmässig ergänzen.

Ich gläube, eine von A. v. HUMBOLDT selbst angestellte Unter-

1) Die Expedition zur physikalisch-chemischen u. biolog. Untersuchung der Ostsee 1874, Berlin 1873, p. 144.

2) Reise in die Acq.-Geg. d. neu. Cont. I, 4845, p. 309.

3) Comptes rendus. Paris 1863, T. 57, p. 37 u. 846.

suchung der Gase in der Exocoetenschwimmlase zur Unterstützung dieser Ansicht verwenden zu dürfen. HUMBOLDT schreibt<sup>1)</sup>:

»Zu der Zeit, als ich Paris verliess, hatten Versuche, welche auf Jamaica durch den Doctor BRODBELT<sup>2)</sup> über die in der Schwimmlase des Schwertfisches (*Xiphias gladius* L.) enthaltene Luft angestellt wurden, einige Naturforscher glauben gemacht, unter den Tropen sei bei den Seefischen dieses Organ mit reinem Sauerstoff angefüllt. Von dieser Idee im Voraus eingenommen, war ich erstaunt, in der Schwimmlase der Exocoeten nur 0,04 Sauerstoff bei 0,94 Stickstoff und 0,02 Kohlensäure zu finden. Die Proportion dieses letzteren Gases schien beständiger zu sein, als die des Sauerstoffs, von dem einige Individuen beinahe die doppelte Menge darboten«.

Da die Exocoeten, welche frisch in HUMBOLDT's Hände kamen, wahrscheinlich soeben eine Bewegung durch die Luft gemacht hatten, war während derselben der Sauerstoff in das Blut zurückgetreten, und HUMBOLDT konnte daher in der Schwimmlase nur wenig davon finden. Ob ich Recht habe oder nicht, können nur Untersuchungen solcher Exocoeten unterscheiden, welche eben einen Luftweg zurückgelegt haben, und anderer, welche unmittelbar aus dem Wasser genommen werden.

### III. Erklärung der Bewegungen der fliegenden Fische durch die Luft.

Zu dem Thatsächlichen, was die beiden vorhergehenden Abschnitte enthalten, will ich nun noch einiges hinzufügen, um die Bewegungen der fliegenden Fische durch die Luft, wie ich glaube, befriedigend zu erklären.

Die Muskeln, welche den Brustflossen der Exocoeten zur Verfügung stehen, unterscheiden sich von den Brustflossenmuskeln anderer Knochenfische durch weiter nichts, als durch ein grösseres Volumen. Gegenüber der verbreiteten Ansicht, dass die Brustflossen Flugbewegungen ausführen, ist es wichtig, zu untersuchen, ob ihre Muskeln denn wirklich eine so bedeutende Grösse haben, dass sie die Last des Körpers in die Höhe heben können.

In seiner Abhandlung über den Flug der Insecten und Vögel sagt MAREY<sup>3)</sup> p. 409: »Chaque animal qui se soutient en l'air doit

1) Reise in d. Aeq.-Geg. I, p. 309.

2) DUNCAN'S Ann. of Medic. 1796, p. 393. — NICHOLSON'S Journ. of Nat. Phil. Vol. I, p. 284. (Von HUMBOLDT so citirt.)

3) Ann. des scienc. nat. Zoologie, XII, 4869.

développer un travail proportionnel à son poids; il devra à cet effet posséder des masses musculaires proportionnées à ce poids; car, si les actions chimiques qui se passent dans les muscles des Oiseaux sont toujours de même nature, ces actions chimiques et le travail qu'elles engendrent seront proportionnées aux masses musculaires.

P. HARTING theilt in seinen Observations sur l'étendue relative des ailes et le poids des muscles pectoraux chez les animaux vertébrés volants<sup>1)</sup> p. 38 das Verhältniss des Gewichtes der Brustmuskeln zu dem Gewichte des ganzen Körpers bei 43 frischen und gesunden Vögeln mit, welche sehr verschiedenen Ordnungen angehören. Zieht man das Mittel aus den 43 Verhältnisszahlen, so ergibt sich, dass bei den Vögeln der Körper nur 6,22 mal so schwer ist als die Brustmuskeln. Von dieser Mittelzahl weichen am weitesten ab *Fulica atra*, wo das Verhältniss 9,56 : 4 beträgt, und *Machetes pugnax*, wo es 3,93 : 4 ausmacht.

Bei Chiropteren fand HARTING die folgenden Verhältnisse zwischen den Gewichten des Körpers und der Brustflossenmuskeln :

<i>Pteropus edulis</i>	44,7 : 4
<i>Plecotus auritus</i>	43,8 : 4
<i>Vespertilio pipistrellus</i>	45,5 : 4
<hr/>	
Mittelzahl hieraus	= 43,6 : 4

Ich habe die Gewichte der Brustflossenmuskeln und des ganzen Körpers von 5 in Weingeist erhaltenen *Exocoeten* ermittelt; sie sind, ausser anderem, was später besprochen werden soll, in der folgenden Tabelle enthalten.

Exocoetus	Körperlänge (ohne Schwanzflosse).	Körpergewicht.	Gewicht der Muskeln beider Brustflossen.	Gewichtsverhältniss		Länge der Brustflossen.	$\frac{2}{3} \sqrt{P}$
				Körper :	Brustflossenmuskeln.		
	mm	gr	gr			mm	
1. <i>evolans</i> L.	160	38,2	1,2	32,0	: 1		
2. <i>oxycephalus</i> Bleek	190	61,0	2,0	30,5	: 1	100	2,54
3. <i>nigricans</i> Benn.	200	107,5	3,7	29,0	: 1	140	2,94
4. <i>nigricans</i> -	250	156,0	4,5	34,6	: 1	150	2,78
5. <i>nigricans</i> -	255	144	4	36,0	: 1	160	3,05
6. <i>rufipinnis</i> C.V.	255	143				175	3,36
7. <i>bahiensis</i> Ranz.	370	487				280	3,56
Mittelzahl aus Exocoetus No. 1—5:				32,40	: 1	Mittel:	3,38
Entsprechende Mittelzahl b. Chiropteren:				13,60	: 1		
- - - Vögeln:				6,22	: 1		

1) Archives Néerlandaises des scienc. exactes et naturelles rédigées par E. H. VON BAUMHAUER, IV, 4869, p. 33.

Eine Vergleichung dieser Verhältnisszahlen lehrt, dass die Brustflossenmuskeln der Exocoeten 5,2 mal so viel Kraft entwickeln müssten, als die Brustmuskeln der Vögel, oder wenigstens 2,45 mal so viel als die Brustmuskeln der Chiropteren, wenn sie den Körper durch Flossenschläge erheben und in der Luft fortbewegen sollten. Da jedoch nichts bekannt ist, was für eine solche ausnahmsweise Steigerung der Muskelkräfte bei fliegenden Fischen, gegenüber allen andern Wirbelthieren, sprechen könnte, so müssen wir den Muskeln ihrer Brustflossen das Vermögen, Flugbewegungen auszuführen, absprechen.

Aber selbst dann, wenn die Brustflossenmuskeln verhältnissmässig ebenso gross wären wie die Brustmuskeln der Fledermäuse und Vögel, und wenn sie sich eben so schnell wie diese contrahiren könnten, so würden die fliegenden Fische ihren Körper in der Luft doch nicht in gleichem Grade wie jene echten Flugthiere heben und fortbewegen können, weil die Form und der Bau ihrer Brustflossen wirklichen Flugbewegungen viel weniger günstig ist, als die Einrichtung wahrer Flügel. Verglichen mit diesen, stehen sie zurück, was die Grösse ihrer Fläche, besonders aber was ihre Länge betrifft. Hierüber enthält die oben p. 366 citirte Arbeit von HARTING wichtige Mittheilungen.

Da die Länge der Flügel bei Flugthieren von ähnlicher Gestalt mit deren Körpergrösse einfach zunimmt; die Fläche der Flügel aber quadratisch wächst, und das Körpergewicht kubisch, so lassen sich, wie HARTING richtig bemerkt, nur die Länge der Flügel ( $l$ ), die Quadratwurzel aus ihrer Flächengrösse ( $\sqrt{a}$ ) und die Kubikwurzel aus dem Körpergewicht ( $\sqrt[3]{p}$ ) mit einander vergleichen. HARTING hat dies gethan und folgende Zahlen gefunden:

Thiere.	$\frac{a}{\sqrt[3]{p}} = n$	$\frac{l}{\sqrt[3]{p}} = r$
Chiroptera, Mittelzahl:	2,74	5,03
Vögel, Mittelzahl:	2,27	4,34
Exocoetus evolans	4,65	2,21
Dactylopterus volitans	4,79	2,59
Fliegende Fische, Mittelzahl nach HARTING:	4,72	2,40
Exocoeten; Mittelzahl nach meinen Messungen (p. 366):		3,38

Hiernach ist die relative Flächengrösse ( $n$ ) der Brustflossen zwar nur wenig geringer, als bei den Flügeln der Vögel; allein ihre rela-

tive Länge ( $r$ ) ist viel kleiner, als die der Fledermaus- und Vogel-  
flügel; bei manchen fliegenden Fischen ist sie nur halb so gross. Aber  
gerade von der relativen Länge hängt hauptsächlich das Maass der Flügel-  
arbeit ab. Denn der Widerstand der Luft wächst wie das Quadrat der  
Geschwindigkeit, mit welcher der Flügel gegen sie schlägt. Da nun die  
Geschwindigkeit so zunimmt, wie die Entfernung des in Bewegung ge-  
setzten Flügelpunctes von dem Schultergelenk, so hebt ein Flügelstück,  
welches doppelt so weit von diesem entfernt ist, den Körper mit  
vierfach grösserer Kraft, als ein anderes Flügelstück von gleicher  
Grösse in einfacher Entfernung vom Schultergelenk.

Mögen daher die Brustflossen der fliegenden Fische als Träger  
der Körperlast fast ebensoviel leisten, wie die Flügel der Vögel, weil  
sie diesen in Rücksicht der Flächengrösse ziemlich nahe kommen, so  
sind sie dagegen ihrer Kürze wegen zum wirklichen Fliegen nicht  
geeignet, und ausserdem auch deshalb nicht, weil ihnen die Fähigkeit  
abgeht, sich bei der Hebung derartig zusammenzulegen, dass sie einen  
ebenso geringen Luftwiderstand erfahren, wie die sich hebenden Flügel  
der Fledermäuse und Vögel.

So glaube ich denn, die Meinung, dass die fliegenden Fische ihre  
Brustflossen als Flügel gebrauchen, aus anatomischen und physiologi-  
schen Gründen hinreichend widerlegt zu haben, und es bleibt mir  
nun noch übrig, die wahren Ursachen ihrer Bewegungen durch die Luft  
darzustellen.

Die Wege der fliegenden Fische durch die Luft sind also keine Flug-  
bahnen; es sind Wurfbahnen, deren Form und Länge abhängt von der  
Grösse der Anfangsgeschwindigkeit, von der Körperlast und von der Aus-  
dehnung und Neigung der tragenden Flächen der Brust- und Bauchflossen  
und des Bauches<sup>1)</sup>. Die Werfer ihres Körpers sind die stark ausgebilde-  
ten Seitenrumpfmuskeln (Fig. 7). Alle Fische mit dicken Seitenrumpf-  
muskeln, wie z. B. der Hecht, können sich schon im Wasser mit grosser  
Geschwindigkeit vorwärts treiben; es ist daher sehr begreiflich, dass  
die fliegenden Fische am Anfange ihrer Bahn durch die Luft eine enorme  
Geschwindigkeit entwickeln; denn die Luft leistet ihrem Körper viel  
weniger Widerstand als das Wasser. Sie wissen es selbst — wenn auch  
wohl nur in einem geringen Grade von Klarheit — dass sie in diesem  
Medium schneller fortkommen als im Wasser, denn sie werfen sich er-

1) Vergl. PETTIGREW, Trans. Linn. Soc. Vol. 26, I, 1868, p. 264.

haltungsmässig in die Luft, um ihren wirklichen oder vermeintlichen Verfolgern zu entgehen.

Bei den *Exocoeten* muss die überwiegende Grösse des ventralen Flügels der Schwanzflosse den Vorderkörper schräg aufwärts treiben. Daher wohl fahren sie gewöhnlich auch höher über der Meeresfläche hin als die *Dactylopteren*, deren Schwanzflosse nicht ungleich getheilt, sondern gerade abgestumpft ist. Auf die Richtung der oralen Körperachse wirkt auch die Lage des Schwerpunktes der Körpermasse ein. Ich habe diese bei fünf *Exocoeten* und einem *Dactylopterus* dadurch bestimmt, dass ich sie, an einem Faden hängend, so lange verschob, bis sie eine horizontale Lage angenommen hatten. Die folgende Tabelle enthält die gefundenen Zahlen.

Name.	Totallänge des Körpers in Mm.	Abstand des Schwerpunktes von dem Mittelpunkte der Brustflossenbasis.	Quotient.
<i>Exocoetus evolans</i> L.	480	25	7,2
<i>E. obtusirostris</i> Gth.	235	35	6,7
<i>E. rufipinnis</i> CV.	340	50	6,2
<i>E. nigricans</i> Benn.	340	50	6,2
<i>E. bahiensis</i> Ranz.	480	70	6,8
Mittelzahl:			6,6
<i>Dactylopterus orientalis</i>	240	30	8,0

Bei den *Exocoeten* beträgt hiernach die Entfernung des Schwerpunktes von den Ansatzpunkten der Brustflossen  $\frac{1}{6.6}$  der Körperlänge, bei *Dactylopterus orientalis* nur  $\frac{1}{8}$ . Jene werden also unter sonst gleichen Verhältnissen in einem grössern Elevationswinkel aus dem Wasser fahren, als dieser, und den etwas mehr geneigten *Exocoetenkörper* muss dann derselbe Gegendruck der Luft länger schwebend erhalten, als einen gleichwiegenden *Dactylopteruskörper* mit gleichgrosser Unterfläche.

Warum erreicht die Wurfbahn der fliegenden Fische bei Tage niemals eine bedeutende Höhe, da sie doch Muskelkraft genug für eine wirksame Auffahrt entwickeln können?

1) Sie beginnen ihre Luftbahn bei Tage niemals mit einer hohen Ansteigung, sondern stets mit einem kleineren oder mittleren Elevationswinkel. Niemand hat sie vertical oder in stark ansteigender Richtung aus dem Wasser fahren sehen, obwohl sie unzweifelhaft wenigstens eben so viel Muskelkraft zu einem verticalen Aufschwung ent-

wickeln könnten wie die Lachse, wenn sie bei ihren Bergwanderungen Wasserfälle und Wehre überspringen wollen.

Schiessen die Exocoeten in einem mittleren oder kleineren Elevationswinkel aus dem Wasser, so entfernen sie sich in gleichen Zeiten weiter von ihrem Feinde, als wenn sie sich steil in die Luft werfen. In der Wahl der günstigsten Fluchrichtung werden sie ihre Augen leiten, welche sehr gross sind, wie bei vielen pelagischen Thieren. Für die Richtigkeit dieser Ansicht spricht die oft gemachte Beobachtung, dass die Exocoeten nach beiden Seiten hin, also erhaltungsmässig aus dem Wasser schiessen, wenn ein Schiff bei Tage zwischen ihre Scharen fährt.

2) Die entfalteteten Brustflossen verhindern ein hohes Aufsteigen, selbst dann, wenn der Fisch in dem günstigsten Elevationswinkel für die Wurfbewegung, in einem Winkel von  $45^{\circ}$ , das Meer verlässt. Dann bilden seine Brustflossen mit dem Meereshorizont einen Winkel von  $75^{\circ}$ , weil sie selbst  $30^{\circ}$  gegen die orale Körperachse geneigt sind. Da nun die Anfangsgeschwindigkeit der Luftbahn der Exocoeten sehr gross ist, und da der Widerstand der Luft wie das Quadrat der Geschwindigkeit wächst, so wirkt sie den Vorderflächen der Brustflossen mit einem Drucke entgegen, der stark genug ist, den Körper in eine fast horizontale Lage zu bringen. Ist diese Lage erreicht, so gleiten die Brustflossen in einem sehr kleinen Winkel über die comprimirte Luft hin, wie die Flügel der Vögel beim schnellen Flug<sup>1)</sup>. Unter diesen Umständen müssen sich die Brustflossen ebenso verhalten, wie das straffgespannte Segel eines Schiffes, welches bei steifer Brise hart am Winde segelt. Wie ein solches Segel augenblicklich anfängt zu »schlackern« oder zu vibriren, sobald es der Wind nur einen Moment parallel zu seiner Fläche bestreicht, so gerathen auch die biegsameren elastischen distalen und ventralen Theile der Brustflossen in schnelle Vibrationen, sobald der Luftstrom parallel unter ihnen hinget, indem dann sofort die Elasticität der Flosse und der Luftdruck abwechselnd gegeneinander wirken.

Die Richtigkeit dieses Gedankens hat mir ein einfaches Experiment bewiesen. Ich hielt die ausgespannten Brustflossen eines *Exocoetus bahiensis* und eines *E. rufipinnis*, deren Grössen oben p. 366 angegeben sind, in geringer Neigung vor die Mündung eines grossen Blasebalgs. Wenn ich nun einen kräftigen Luftstrom unter ihnen wegstreichen liess, so geriethen die elastischen Theile derselben in schnelle Vibrationen, machten also dicht vor meinen Augen dieselben rapiden

1) Vergl. J. B. PETTIGREW, Trans. Linn. Soc. Vol. 26. I, p. 227.

schwirrenden Bewegungen, welche verschiedene gute Beobachter fliegender Fische für Flugbewegungen von solcher Geschwindigkeit hielten, dass sie kaum noch wahrgenommen werden könnten.

So ist denn durch ein Experiment, zu welchem jeder in Spiritus gut erhaltene Exocoetus geeignet ist, auch der Widerspruch gelöst, dass die Brustflossen während des Flugs, rechtwinklig vom Körper abstehend, in ausgebreiteter Haltung verharren, und dennoch sich schwirrend bewegen; denn beides vollbringen sie zu gleicher Zeit.

Da also selbst das Schwirren der Brustflossen keine wirkliche Flugbewegung ist, wie sind denn dann die Exocoeten, ohne das Wasser zu berühren, im Stande, über den Wellenbergen in die Höhe zu steigen? (S. p. 350.) Auch dafür machen sie keine Flossenschläge. Sie steigen nicht activ in die Höhe, sondern werden durch aufsteigende Luftströmungen gehoben, welche von unten her in die Furchen ihrer Brustflossen eingreifen. Als ich mich mit meinem Collegen G. KARSTEN über die Erklärung dieser Erscheinung unterhielt, erinnerte er mich an ein bekanntes physikalisches Experiment, welches den hier in Wirksamkeit tretenden dynamischen Luftdruck sehr gut veranschaulicht. Man hält eine Lichtflamme nahe an eine senkrechte Wand, legt die Oeffnung einer Röhre neben die Flamme und bläst durch diese die Luft horizontal an der Wand hin. So lange der Strom andauert, wehen die Flammengase gegen die Wand, weil in dem Raume der abfließenden Luft der Druck schwächer ist als rundumher. Weht der Wind horizontal oder in geringer Neigung über die wogende See, so entstehen aufsteigende dynamische Luftströmungen in den Wellenthälern, und diese heben den wagrecht hinschwebenden Exocoetus in die Höhe, wenn er den höheren Theil der Wellenböschungen passirt, weil er hier jedesmal diesen aufsteigenden Luftströmungen so nahe kommt, dass sie merklich auf ihn wirken können. Für diese Hebungen der Exocoeten in ihrer Flugbahn sind die Furchen der Brustflossen auffallend erhaltungsmässige Windfänge. Ihre Form und Lage ist derart, dass der aufsteigende Luftstrom, wenn er sie füllt, den Fisch höher und zugleich vorwärtsschieben muss.

Diese Erklärungen des Schwebens der fliegenden Fische schliessen nicht aus, dass ein Exocoetus<sup>1</sup> oder Dactylopterus bei der Auffahrt mit dem Schwanze und den Brustflossen noch kräftige und deutlich erkennbare Bewegungen machen kann, ja sogar auch gelegentlich mitten in seiner Luftbahn, wenn eine starke Benetzung des Körpers durch die Wellen ihn dazu reizt. Derartige Bewegungen haben

offenbar manche Beobachter auch wahrgenommen, aber nicht richtig gedeutet<sup>1)</sup>.

Jetzt habe ich nur noch zu erklären, wie die Exocoeten auf die Schiffe gelangen. Bei dieser Frage ist es wichtig, daran zu erinnern, dass sie fast nur bei Nacht und von der Windseite her an Bord kommen. (S. p. 350—51.)

Da die Exocoeten bei Tage den Schiffen in der Regel erhaltungsmässig aus dem Wege gehen, bei Nacht hingegen auf ihnen viele ihren Tod finden, so müssen wir annehmen, dass die Finsterniss die Ursache ist, warum sie die ihnen günstigen Flugrichtungen nicht einschlagen. Ein zwischen ihren Schwarm fahrendes Schiff kann sie bei Nacht auf keine andere Weise in Furcht versetzen als bei Tage; aber im hellen Tageslichte sehen sie den Kiel des Schiffes und lenken sich von ihm ab. Im Finstern dagegen fahren sie ohne Anleitung ihres Gesichts ziellos aus dem Wasser. Diejenigen, welche leewärts herauskommen, können nicht auf das Schiff fallen, weil sie der Wind von diesem abtreibt. Andere, welche an der Windseite des Schiffes auffahren, sind gerettet, wenn sie, wie gewöhnlich bei Tage, gegen den Wind abschweben. Alle diejenigen aber, welche an der Windseite bei der Auffahrt ihren Kopf gegen das Schiff wenden, können in die Gefahr kommen, sich entweder an der Schiffswand den Kopf zu zerschellen, oder durch den Windstrom auf das Verdeck gerissen zu werden. In der That findet man bei Anbruch des Tages aussen an der Windseite hochbordiger Schiffe nicht selten blutige Flecke, an welchen Exocoetenschuppen kleben; und auf niedrigen Segelschiffen sammeln die Matrosen nach einer guten Nachtfahrt beim Reinigen des Deckes oft eine Menge fliegender Fische für die Küche ein.

Im August des Jahres 1863 ging ich bei einem heftigen Sturm aus Südwesten nach der Südwestkante der Insel Helgoland. Als ich den Rand der steil abfallenden Felsenwand erreicht hatte, wo senkrecht unter mir die Brandung toste, fühlte ich nichts mehr von dem gewaltigen Luftdruck, den ich auf dem Wege dahin überwinden musste. Die Luft war hier so ruhig, dass die Grasshalme neben meinen Füßen unbewegt in die Höhe ragten. Ich stand hier hinter dem Luftstrom, der nach dem Anprall an die steile Felsenwand vertical in die Höhe fuhr. Als ich flache Steine aufnahm und sie gegen das Meer hinauswarf, fielen sie nicht hinunter, sondern fuhren vor meinen Augen in die Höhe, gingen in einem Bogen über meinen Kopf hinweg und fielen weit hinter mir

1) z. B. U. DE TESSAN, Voyage autour du Monde sur la Vénus. 1836—39 par du Petit Thouars. Tome X (Physique T. V) p. 449 u. p. 296.

nieder. Der an der Felsenwand aufsteigende Luftstrom riss sie in seine Bahn hinein.

Gerade ebenso kann der an der Schiffswand aufsteigende Luftstrom fliegende Fische über die Schanzbekleidung der Windseite hinwegführen und auf Deck niederfallen lassen, während er selber weiterweht (Taf. XVII, Fig. 43). Die ausgespannten Flossen befördern offenbar die steile Auffahrt eines jeden Exocoetus, der in einem mittleren Elevationswinkel, gegen das Schiff gewendet, aus dem Wasser fährt. Denn in dem Augenblicke, wo die Flossen in den aufsteigenden Luftstrom eintreten, fährt dieser in ihre Windfänge, richtet die orale Achse des Fisches vertical und führt ihn in einem Bogen über die Schanzbekleidung der Windseite hinüber. Während dessen hat die eigne Schwere des Fisches seine Schwebgeschwindigkeit bedeutend vermindert. Oben über dem Schiffe fährt kein hebender Gegenwind unter seine Flossen; er fängt an zu sinken, und stürzt — denn fliegen kann er ja nicht — unbehülflich und schwerfällig, gleich einem Todten, auf das Verdeck nieder.

So wäre schliesslich auch die Erhebung der Exocoeten auf die Schiffe, welche Matrosenglaube als ein Fliegen nach dem Licht der Schiffslaternen deutet, und welche selbst viele Naturforscher ohne wahre Flugbewegungen nicht für möglich hielten, auf die wirklichen Ursachen ihres Anfanges, Verlaufes und Endes zurückgeführt.

Doch auch jetzt lässt die seltsame Abweichung der sogenannten fliegenden Fische von dem Wesen der übrigen Fische dem Naturforscher noch keine Ruhe. Er möchte auch wissen, durch welche Ursachen ihre Flossen und Muskeln und andere Organe aus dem allein für das Schwimmen geeigneten Zustande für längere Bewegungen durch die Luft umgebildet worden sind.

Man kann sich nach den Principien der LAMARCK-DARWIN'schen Umbildungslehre vorstellen, die Fische mit grossen Fallschirmflossen seien durch langsam fortschreitende Umbildungen aus Fischen mit Flossen von gewöhnlicher Grösse entstanden, und zwar aus solchen Artformen, welche sich in oberflächlichen Wasserschichten aufhielten, wo das Wasser am reichlichsten durchlüftet ist. Bei solchen bildete sich daher das Bedürfniss nach Luft so stark aus, dass sie sich besonders behaglich fühlten, wenn sie bei kräftigen Schwimmbewegungen auf Augenblicke über das Wasser fuhren, wie dies bei uns die Uklei (*Alburnus lucidus* Heck.) thun, oder die kleinen silberglänzenden Sprotteln (*Spratelloides delicatulus* Benn.) an der Küste von Mauritius, welche dort zuweilen in dichten Scharen von Hunderten, in mehreren rasch

aufeinanderfolgenden Bogen, über den ruhigen Meeresspiegel der Binnenriffe springen. Erinnerung an dieses Behagen konnte sie zu öfteren absichtlichen Luftsprüngen veranlassen, wodurch die Seitenrumpfmuskeln häufig in sehr kräftige Contractionen versetzt und daher aussergewöhnlich gestärkt wurden. Wurden bei jedem Sprung auch die Flossen kräftig ausgespannt, so mussten auch deren Muskeln zunehmen, und durch die Steigerung der Blutcirculation, welche mit kräftigen Bewegungen verbunden ist, konnten auch den Brustflossen mehr Bildungsstoffe als sonst gewöhnlich zugeführt werden, und daher auch sie zugleich an Grösse bedeutend gewinnen.

An solche wohlige Luftsprünge aus Behagen an der Sättigung des Athemwassers mit Luft und an den Muskelgefühlen, welche bei gesunden, kräftigen Bewegungen entstehen, schlossen sich Luftsprünge von noch grösserer Geschwindigkeit und Dauer an, wenn Furcht vor Feinden Nerven und Muskeln zu den höchsten Leistungen reizte. Von ihren Verfolgern wurden natürlich die schlechteren Springer leichter gefangen und aufgefressen, als andere Individuen, deren Muskeln und Flossen in dieser erhaltungsmässigen Umbildung weiter fortgeschritten waren, und so blieben auch vorzugsweise solche Männchen und Weibchen zur Fortpflanzung übrig, welche für Bewegungen durch die Luft am besten ausgebildet waren, und es wurden daher auch vorwiegend Nachkommen mit diesen erhaltungsmässigen Eigenschaften erzeugt, da sich in der Regel die elterlichen Eigenthümlichkeiten auf die Jungen vererben. Durch eine auf diese Weise stetig fortschreitende Ausbildung ihrer Organe gelangten die fliegenden Fische endlich in denjenigen Zustand, in welchem wir sie kennen; und ginge »die Naturzuchtung in dieser Richtung weiter fort, so könnten,« wie einer der besten Darsteller der DARWIN'schen Theorie, G. SEIDLITZ, schreibt <sup>1)</sup>, »die grossen Brustflossen möglicherweise wohl einst einen wirklichen Flug auszuführen im Stande sein.« CH. DARWIN selbst sagt in dem berühmten Buche: »Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl« <sup>2)</sup> über diesen Gegenstand Folgendes: »Wenn man sieht, dass es fliegende Vögel, fliegende Säugethiere, fliegende Insecten von den verschiedenartigsten Typen giebt und vordem auch fliegende Reptilien gegeben hat, so wird es auch begreiflich, dass fliegende Fische, welche jetzt weit durch die Luft gleiten und mit Hülfe ihrer flatternden Brustflossen sich leicht über den Seespiegel erheben und senken, allmählig zu vollkommen beflügelten Thieren hätten umgewandelt werden können. Und wäre dies einmal bewirkt, wer würde sich dann einbilden, dass sie in

1) Die DARWIN'sche Theorie, 2. Aufl. Leipzig 1875, p. 156.

2) Vierte Auflage der deutschen Uebersetzung von V. CARUS. 1870, p. 201.

einer früheren Zeit Bewohner des offenen Meeres gewesen seien und ihre beginnenden Flugorgane, wie uns jetzt bekannt, bloß dazu gebraucht haben, dem Rachen anderer Fische zu entgehen?«

Wie naturgemäss und ansprechend ein derartiger Abriss der Entstehungsgeschichte der sogenannten fliegenden Fische auch erscheinen mag, so ist er doch nicht mehr, als ein Versuch, uns die vorgefundenen Abweichungen derselben von andern ihnen sonst verwandten Fischformen durch theoretische Vorstellungen begreiflich zu machen. Dergleichen Umbildungsvorstellungen werden in unserer gedanken- und beobachtungsreichen Periode der Biologie viele erzeugt und vorgetragen. Da ihnen aber die Unsicherheit des Möglichen anhaftet, so können sie eine wahrhaft wissenschaftliche Befriedigung erst dann gewähren, wenn es gelingt, die wirklichen Thatfachen, denen sie entsprechen sollen, nachzuweisen; denn erst dann hat man die Entstehung der Umbildungen ursächlich erklärt, und für die Annahme unsicherer Möglichkeiten die Sicherheit des Wissens wirklicher Vorgänge gewonnen.

Würde die von LEVERRIER berechnete Existenz eines Planeten jenseit des Uranus den allgemeinen freudigen Beifall gefunden haben, wenn den wirklichen Neptun kein Astronom gefunden hätte? —

Nur in warmen Meeren kommen fliegende Fische vor. Das Reich der gewandtesten Flugfische, der Exocoeten, sind vorzugsweise die tropischen Meere; denn von den 44 Arten, welche GÜNTHER in dem Catalog der Fische des Britischen Museums, Bd. VI, p. 278 bis 298 aufführt, leben nur drei Arten ausserhalb der Tropen im Mittelmeere, von welchen nur eine Art (*E. evolans*) im Atlantischen Meere bis an die Küsten von Frankreich und England nordwärts streift. Hieraus lässt sich schliessen, dass gerade die tropischen Meere gewisse Eigenschaften besitzen, welche für die Ausbildung fliegender Fische besonders günstig waren. Die tropischen Meere unterscheiden sich aber von den Meeren der höheren Breiten hauptsächlich dadurch, dass die oberste Wasserschicht und die unterste Luftschicht nur geringe Temperaturveränderungen erleiden. Hier steigt in beiden im Laufe des ganzen Jahres die Temperatur nur wenig über 25 Centigrad Wärme hinauf und sinkt nur wenig darunter. Diese Ebenmässigkeit und geringe Veränderlichkeit der Luft- und Wasserwärme ist dem Auffahren der Fische zu allen Tages- und Jahreszeiten günstig. Wie es den Fischern von Mauritius gleichgültig ist, ob sie bei dem Aussetzen und Einholen ihrer Netze auf den Korallenriffen bald bis an die Lenden, die Brust oder den Hals in das Wasser hineinspringen, bald wieder in

ihren Kähnen weiter arbeiten, ohne ihre dünne Bekleidung zu wechseln, weil das Eintauchen in das Meerwasser und die Verdunstung desselben von ihrem Leibe in der feuchtwarmen Luft keine sehr verschiedenen und unangenehmen Wärmeempfindungen hervorrufen: so werden auch die Fische in den tropischen Meeren niemals durch eine Lufttemperatur, welche von der Wärme des Wassers erheblich abweicht, zurückgeschreckt, ihre Luftsprünge oft zu wiederholen, wie dies in unserer Zone offenbar der Fall ist, wo man gewöhnlich nur an schönen Sommertagen Fische über das Wasser springen sieht.

Indem ich dieses von den Fischen behaupte, kann ich mich freilich nur auf jenes Benehmen der Fischer von Mauritius und auf eigene dort und in Deutschland erlebte Empfindungen stützen. Weil uns jedoch die psychischen Vorgänge in den Thieren, die mit den Ortsbewegungen derselben verknüpft sind, nur durch die Vergleichung mit dem menschlichen Seelenleben verständlich werden, so stehe ich bei dieser Betrachtung auf einem berechtigten und anerkannten Boden.

Wenn die ebenmässige Temperatur der aneinandergrenzenden Luft- und Meeressichten der Tropen besonders günstig für die Ausbildung fliegender Fische gewesen sein soll, warum haben sich dann, wird man fragen, nicht auch Fische aus andern dort vertretenen Familien in Flugfische umgewandelt? Warum sind z. B. die kleinen Silbersprotteln (*Spratelloides delicatulus*) und andere grössere Fische, die ich bei Mauritius manchmal heerdenweis aus den schäumenden Brandungswogen des Aussenriffes emporschiessen sah, nicht auch mit grossen Brustflossen versehen worden?

Könnten wir diese Frage beantworten, so würden wir noch vieles andere, was DARWIN durch seine Umbildungslehre begreiflich machen wollte, schon jetzt sicher erklären können. Aber wir sind noch entsetzlich unwissend im Betreff der Verhältnisse, in welchen die physikalischen Eigenschaften eines Wohngebietes zu den daselbst zusammenlebenden Pflanzen und Thieren stehen, wie auch in Rücksicht der Einwirkungen, welche alle zu gleicher Zeit dort existirenden Pflanzen und Thiere aufeinander ausüben. Von dem äussern und innern Gesamtgetriebe der Lebensgemeinden oder Biocönosen<sup>1)</sup> der verschiedenen Wasser- und Landgebiete ist uns noch sehr wenig bekannt.

Mag daher die ebenmässige Temperatur der Tropen einen noch so grossen Einfluss auf die Entstehung fliegender Fische ausgeübt haben,

<sup>1)</sup> Diese Worte und Begriffe habe ich in der Schrift: Die Auster und die Austernwirthschaft, Berlin 1877, Cap. 10, p. 72, zum ersten Male angewendet, defnirt und durch Beispiele erläutert.

so war sie doch sicherlich nur eine von sehr vielen Ursachen, welche durch ihr Zusammenwirken diese Fischform bildeten. Und wenn die Frage, warum der kleine Luftspringer *Spratelloides delicatulus* seine kurzen Flossen behalten habe, unbeantwortet bleibt, so ist dadurch noch nicht bewiesen, dass die ebenmässige Temperatur der Tropenmeere ohne jeden günstigen Einfluss auf die Ausbildung fliegender Fische gewesen sei. Meine Annahme ist wenigstens der Anfang zu einem Versuch, die Entstehung der Eigenthümlichkeiten, wegen welcher die fliegenden Fische seit Jahrhunderten bewundert worden sind, auf wissenschaftlich bestimmbare Verhältnisse ihrer Biocönosen zurückzuführen.

---

## AN H A N G.

### Ueber die Bedeutung des Wortes erhaltungsmässig.

Ich habe in der vorstehenden Abhandlung an verschiedenen Stellen das Wort »erhaltungsmässig« gebraucht, wo nach der üblichen Ausdrucksweise das Wort »zweckmässig« hätte angewendet werden können. Allein ich bin der Ansicht, dass sich der Naturforscher dieses Ausdruckes in seinen wissenschaftlichen Beschreibungen und Erklärungen niemals bedienen sollte, um damit gewisse Bedeutungen und Werthe von Naturgegenständen und -Erscheinungen zu bezeichnen; weil er durch keine einzige seiner Untersuchungen in Erfahrung bringen kann, dass die Natur wirklich nach Zweckgedanken eingerichtet ist, selbst dann nicht, wenn dies sein Gemüth mit der festesten Zuversicht glauben sollte.

»Zweckmässig« pflegen solche Einrichtungen lebender Wesen genannt zu werden, — selbst von manchen entschiedenen Anhängern der Umbildungslehre —, welche augenscheinlich und nachweisbar zur Erhaltung und Steigerung ihrer individuellen Lebensthätigkeiten dienen, oder welche ihre Fortpflanzung sichern und daher für die Erhaltung ihrer Artform von Nutzen sind.

Dass die als »zweckmässig« geschilderten Erscheinungen so wie sie auftreten, die Verwirklichung eines vorausgehenden Gedankens seien, will man damit häufig gar nicht ausdrücken. Da jedoch der Begriff

»Zweck« dies immer einschliesst, so stellt man mit dem Worte »zweckmässig« nicht rein dar, was naturwissenschaftlich darstellbar ist, und oft auch nicht genau das, was dargestellt werden soll. Aus diesem Grunde habe ich statt des Wortes »zweckmässig« den Ausdruck »erhaltungsmässig« angewendet. Er ist frei von Nebenbedeutungen, welche auf ideelle Ursprünge zurückweisen; er hat eine rein ätiologische Bedeutung und ist darum für Wissenschaften geeignet, welche es mit den realen Ursachen der Naturerscheinungen zu thun haben, und nicht mit Gedanken über den ideellen Ursprung der Welt und ihres Inhaltes. Er erinnert an das umfassendste Gesetz der Naturwissenschaften, an das Gesetz von der Erhaltung der Gesamtsumme aller Naturkräfte. Alle Einrichtungen der Pflanzen und Thiere, welche nothwendig sind für die Erhaltung der Individuen und der Artformen, müssen auch diesem allgemein herrschenden Gesetz entsprechen.

Ich habe nach einem anderen kürzeren Worte gesucht, aber keins gefunden, welches dem Worte »erhaltungsmässig« vorzuziehen wäre. Das Wort »zielstrebig«, welches v. BAER einführen wollte, setzt ebenfalls einen Gedanken vor die That und zwar pleonastisch, durch »Ziel« und dann noch einmal durch »strebig«<sup>1)</sup>.

Ogleich ich das Wort »erhaltungsmässig« schon vor zehn Jahren zum ersten Male in Anwendung brachte, habe ich mich doch längere Zeit gescheut, es regelmässig in Vorträgen und Schriften zu gebrauchen. Wir sind viel leichter geneigt, ein der griechischen oder lateinischen Sprache entnommenes Wort zur Bezeichnung eines neuen Dinges oder Begriffes in Anwendung zu bringen, als ein Wort, dessen Elemente der Muttersprache entstammen, wie zweckmässig dasselbe dafür auch gebildet sein mag. Den fremden Ausdruck nehmen wir weniger widerstrebend in Gebrauch, weil er für uns nicht mit so vielen Nebenbedeutungen behaftet ist, wie Worte der Muttersprache.

Aber man überwinde nur diese erste Scheu bei dem Worte »erhaltungsmässig«; man versuche nur, es in Rede und Schrift zu gebrauchen, und man wird bald ebenso wie ich, seine Zweckmässigkeit für naturwissenschaftliche Auseinandersetzungen erkennen.

Man wird hier bemerken, dass ich durchaus nicht überall das Wort »zweckmässig« durch den Ausdruck »erhaltungsmässig« ersetzen will. Denn der Mensch hat wirklich Zwecke und kann zweckmässig handeln, wie wir erfahrungsmässig wissen.

1) Vergl. K. E. v. BAER, Studien aus dem Gebiete der Naturwiss., Petersburg 1876, p. 49 u. 470 und G. SEIDLITZ, Beiträge zur Descendenztheorie, Leipzig 1876, p. 40.

Die Natur befindet sich in jedem Momente ihrer Existenz in einem erhaltungsmässigen Zustande. Es ist das höchste Ziel der biologischen Wissenschaften, die organischen Individuen als erhaltungsmässige Glieder des erhaltungsmässigen Naturganzen zu erkennen. Sie haben nachzuweisen, dass die Organe einer Pflanze oder eines Thieres für einander erhaltungsmässig eingerichtet und thätig sind, und dass sie gegenüber allen biocönotischen Angriffen auf das Leben und die Fortpflanzung der Individuen erhaltungsmässig arbeiten.

Vielleicht wird man mir einwenden: Wenn es feststeht, dass die Welt als Ganzes erhaltungsmässig sein muss, warum soll dann noch Einzelnes in ihr als erhaltungsmässig hervorgehoben werden?

Allein die Welt als Ganzes ist kein Gegenstand der einzelnen Naturwissenschaften, welche es immer nur mit Theilen derselben und deren Beziehungen zu einander zu thun haben. Haben wir daher gefunden, dass gewisse auffallende Einrichtungen in Pflanzen und Thieren deren Erhaltung begünstigen, so müssen wir sie auch im Einzelnen als erhaltungsmässig bezeichnen dürfen, wenn wir unsere Beobachtungen Andern mittheilen wollen.

Ich bin jedoch der Ansicht, dass die biologischen Wissenschaften nach und nach dahin kommen werden, die Erhaltungsmässigkeit aller Einrichtungen der Pflanzen und Thiere im Einzelnen nachzuweisen, selbst das Auftreten rudimentärer Organe, welche keine nachweisbaren physiologischen Arbeiten verrichten.

Der Lebenslauf aller organischen Individuen besteht aus einer Folge erhaltungsmässiger Zustände, welche ursächlich auseinander hervorgehen. Jeder momentane Entwicklungszustand eines lebenden Wesens ist ein Durchschnittsact erhaltungsmässig für sein Leben zusammenwirkender Naturkräfte.

Alles was bei der Ausbildung der gesammten Specieseigenschaften regelmässig immer wieder erscheint, muss für die Erhaltung der Individuen und Arten nothwendig sein, also auch alle rudimentären Organe, welche in Embryonen und ausgewachsenen Thieren regelmässig wiederkehren. So lange sie immer wieder in der Ontogenese auftreten, müssen sie doch wenigstens histologisch nothwendige Bildungen sein, ohne welche die Continuität der Entwicklung gestört sein würde. Und daher müssen sie auch erhaltungsmässig sein. Wo wir ihre Erhaltungsmässigkeit im Besondern noch nicht verstehen, ist es unsere Aufgabe, sie verstehen zu lernen.

Wie weit die rudimentären Bildungen auf phylogenetischen oder auf biocönotischen Einwirkungen beruhen, kommt hierbei nicht in Be-

tracht, sondern lediglich ihre Erhaltungsmässigkeit für die Entwicklung lebenskräftiger und fortpflanzungsfähiger Individuen.

Bei dieser Auffassung der rudimentären Organe kann ich sie nicht als Bildungen ansehen, »welche für den Organismus selbst unnütz, für seine Lebenszwecke gleichgültig, für seine Functionen werthlos sind«, wie Prof. HAECKEL glaubt <sup>1)</sup>.

Da in den Naturwissenschaften kein Platz für teleologische Betrachtungen ist, so dürfen wir darin auch keine dysteleologischen anstellen.

Nicht Alles, was in der Natur geschieht, ist erhaltungsmässig. Fällt ein fliegender Fisch auf das Verdeck eines Schiffes, oder wird er auf seiner Flugbahn von einem Fregattvogel gefangen und verschlungen, so tritt für ihn das schlimmste erhaltungswidrige Ereigniss ein, aber nach naturerhaltungsmässigen Gesetzen.

Die furchtbarsten lebenserhaltungswidrigen Ereignisse, die grossen Völkerschlachten, auch diese geschehen nach welterhaltungsmässigen Gesetzen.

Wer sich bei der wissenschaftlichen Erforschung der Erhaltungsmässigkeit der Natur nicht beruhigen mag, der kann sich dem Glauben hingeben, dass die erhaltungsmässigen Einrichtungen ihrer Theile Ausführungen eines vollkommen zweckmässigen Schöpfungsplanes seien, und er mag in diesem Glauben die gesuchte Befriedigung finden; eine wissenschaftlich sichere Lösung des Problems hat er durch diesen Glauben jedoch nicht gewonnen.

Wie die Erhaltungsmässigkeit der Welt ein Gegenstand der Wissenschaft ist, so wird die Zweckmässigkeit derselben immer nur eine Annahme des Glaubens bleiben. —

---

1) E. HAECKEL, Anthropogenie, 2. Aufl. 1874, p. 86 u. 694. Eine »Dysteleologie oder Unzweckmässigkeitslehre« hat Prof. HAECKEL zuerst aufgestellt in seiner Generellen Morphologie, Berlin 1866, I, p. 400; II, p. 266.

## Erklärung der Abbildungen.

## Tafel XVII.

Fig. 1. Proximaler Theil der linken Brustflosse eines *Exocoetus nigricans* in natürlicher Grösse (s. p. 356).

*B* Bänder zwischen den Flossenstrahlen.

*Br* Bandrolle, unter welcher die Sehne (*S*) des Vor- und Abwärtsziehers der zwei ersten Flossenstrahlen herabläuft.

*Bs* Die vier Basalknochen des Schultergürtels.

*C* Clavicula.

*Co* Coracoid.

*eH* elastische Haut zwischen den Flossenstrahlen.

*F* Oberer Fortsatz der Clavicula.

*S* Sehne des Vor- und Abwärtsziehers der zwei ersten Flossenstrahlen.

*Sc* Scapula.

Fig. 4a. Gelenkflächen des 7. und 8. Paares der Halbstrahlen der linken Brustflosse eines *Exocoetus nigricans*, 2 mal vergrössert.

*h* hintere Halbstrahlen, *v* vordere Halbstrahlen.

Fig. 4b. Querschnitt zweier zusammengehörenden Halbstrahlen aus der Brustflosse eines Dorsches (*Gadus morrhua*).

*h* hinterer Halbstrahl, *b* vorderer Halbstrahl.

Fig. 4c. Dritter Basalknochen eines *Exocoetus nigricans*; obere Profilansicht, 2 mal vergrössert.

Fig. 2. Querschnitt der rechten Brustflosse eines *Exocoetus Rondeletii* CV., 1 cm von dem Gelenk entfernt, 2 mal vergrössert,

*h* hintere Seite, *o* oberer Rand, *u* unterer Rand, *v* vordere Seite.

Der Pfeil *SL* zeigt in der Richtung der oralen Achse des Fischkörpers nach vorn und hat die Lage der Kielschuppenlinie am Rande des Bauches (s. p. 357).

Fig. 3. Querschnitt von drei mittleren Brustflossenstrahlen eines *Exocoetus nigricans* in der Nähe des Gelenkes, um die Lage der Bänder *B* zu zeigen.

*h* hinten, *o* oben, *u* unten, *v* vorn.

Fig. 4. Die medialen Muskeln (Binnenmuskeln) der rechten Brustflosse eines *Exocoetus nigricans*, der 250 Mm. lang war und 156 Gr. wog (mit Spiritus getränkt), in natürlicher Grösse (s. p. 364).

*F* oberer Fortsatz der Clavicula,

*oB* oberflächliche Schicht (vergl. p. 364),

*tB* tiefere Schicht (vergl. p. 364).

Fig. 5. Die lateralen Muskeln (Aussenmuskeln) derselben Brustflosse.

*B* Bänder zwischen den Flossenstrahlen,

*oA* Oberflächliche Lage (s. p. 359),

*tA* Tiefere Lage (s. p. 360),

*C* Clavicula, *F* oberer Fortsatz derselben,

*DSch* Diese senkrechte Linie giebt die Richtung an, in welcher die Muskelmasse der rechten Brustflosse von *Exocoetus nigricans* durchschnitten wurde, um die Schnittfläche zu erhalten, welche in Fig. 6 dargestellt ist (s. p. 359).

Fig. 6. Schnittfläche der Brustflossenmuskeln von *Exocoetus nigricans* (s. p. 359—64).

*C* Schulterknochen,  
*A* Aussenmuskeln,  
*B* Binnenmuskeln,  
*o* oberflächliche Schicht,  
*t* tiefere Schicht.

Fig. 7. Querschnittfläche des Rumpfes eines *Exocoetus oxycephalus* Bleek. 4 cm vor dem Ursprunge der Bauchflossen (s. p. 362).

Die Seitenrumpfmuskeln sind roth dargestellt.  
*D* Darm,  
*G* Geschlechtsdrüse,  
*N* Niere,  
*Sch* Schwimmblase,  
*St* Kielschuppenlinie,  
*W* Wirbelsäule,

Fig. 8. Mund eines *Exocoetus evolans* L. von vorn, in natürlicher Grösse.

*oMk* Obere Mundklappe,  
*uMk* untere Mundklappe,  
*Uk* Unterkiefer,  
*Zwk* Zwischenkiefer.

Fig. 9. Seitenansicht des Kopfes eines *Exocoetus evolans* in natürlicher Grösse.

Die Pfeile zeigen die Richtung des Wasserdruckes an, durch welchen die freien Ränder der obern Mundklappe (*oMk*) und der untern (*uMk*) gegeneinander bewegt werden, um den geschlossenen Mund wasserdicht zu machen (s. p. 362—63).

*InO* Interoperculum,  
*Kh* Kiemenhaut,  
*O* Operculum,  
*PrO* Praeoperculum,  
*SuO* Suboperculum.

Fig. 10. Die obere Mundklappe (*oMk*) an dem Zwischenkiefer (*Zwk*) eines *Exocoetus nigricans*.

Fig. 11. Kopf eines *Exocoetus nigricans* mit geschlossenem Munde und aneinanderstossenden Mundklappen (*oMk* und *uMk*).

Fig. 12. Ein *Exocoetus*, welcher dem Winde und dem Laufe der Wellen entgegenfliegt. Die grösseren wagrechten Pfeile geben die Richtung des Windes an; die kleineren die Richtung der aufsteigenden Luftströmungen, welche den Fisch emporheben, wenn er einen Wellenberg passirt. (Man vergleiche p. 371.) Die Wellen sind verhältnissmässig viel zu klein dargestellt.

Fig. 13. Querschnitt eines Schiffes und der Bahn eines *Exocoetus*, welcher auf das Deck desselben geführt wird.

Die grösseren Pfeile bezeichnen den Gang des Windes an der Windseite des Schiffes; die kleineren die Luftströmungen, welche in den Wellenthälern emporsteigen.

*St* der Stand meines Stuhles, als ein fliegender Fisch meinen Kopf streifte. (Man vergl. p. 344). Schiff und Wellen sind verhältnissmässig viel zu klein dargestellt.

Kiel, im Januar 1878.

## Berichtigungen.

---

- p. 78 Ueberschrift ist zu lesen: Beiträge zur Kenntniss der postembryonalen Entwicklung etc.
- » 344 Note 1 fällt »rechte« weg.
- » 351 » 2 muss heissen: Segelt man »mit halbem Winde«, so kommt derselbe von rechts oder links und stösst rechtwinklig auf die Seite des fahrenden Schiffes.
- » 354 Z. 20 v. o. Note 4) gehört auf Zeile 25 bei KLÜNDER.
- » 358 » 44 » » fällt E. weg.
- » 367 Tabelle muss es heissen  $\frac{\sqrt{a}}{\sqrt{p}} = n$  statt  $\frac{\sqrt[3]{a}}{\sqrt[3]{p}} = n$ .
- » 384 Z. 19 v. u. » » » (s. p. 15 u. 20).
-

