universität innsbruck
Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Die elektrischen Fische im Lichte der Descendenzlehre

Fritsch, Gustav

Berlin, 1883

Die elektrischen Fische im Lichte der Descendenzlehre

urn:nbn:at:at-ubi:2-4164

Elektriſche Fiſche!? höre ich manchen meiner verehrten Leſer ausrufen, der vielleicht zum erſten Male den Ausdruck überhaupt vernimmt. „Müſſen denn in unſerem Zeitalter, wo der Elektricität als Spenderin von Kraft, Licht, Elektrolyſe, als Trägerin von Sprache, Ton und Schrift bereits ſo hohe Aufgaben geſtellt ſind, daß man das Zeitalter vorzugsweiſe das elektriſche nennen möchte, auch noch die Fiſche auf Elektricität dreſſirt werden?" Manch Anderer, der mit dem Reich der Thiere beſſer vertraut iſt, ſagt vielleicht: „O, was ein abgelegenes Gebiet! Was kann uns die Beſchäftigung mit dieſen Sonderbarkeiten der Natur nützen?"

Derjenige, welcher die vorliegenden Hefte regelmäßig lieſt, wird dagegen eine gewiſſe Einſicht in das ſcheinbar ſo abgelegene Gebiet bereis gewonnen haben, da vor nun mehr faſt zehn Jahren (1874) Franz Boll in ihnen über den damaligen Stand der Kenntniſſe elektriſcher Fiſche berichtete. Viele Anſchauungen haben ſich ſeitdem verändert, mancher Fortſchritt in der Erkenntniß iſt gemacht worden, und Thatſachen, welche von Boll noch mit Mißtrauen betrachtet oder als unfruchtbar bei Seite geſchoben wurden, haben ſich als begründet und fruchtbringend erwieſen. Manches Räthſel, welches ſich an dies Kapitel knüpft,

iſt der Löſung nahe gebracht worden oder wirklich gelöſt, neue, früher noch ungeahnte Räthſel haben ſich gleichzeitig geſchürzt.

Wie ein gewaltiger Strom dringen zahlreiche Fragen von höchſter Wichtigkeit auf denjenigen ein, der ſich dieſen Studien widmet; ſie führen ihn mitten hinein in die ſchwierigſten Probleme unſerer allgemeinen Nerven- und Muskel-Phyſik, werfen hre Streiflichter in das Gebiet der Elektrotherapie, und ſchneiden tief ein in die Theorien der Entwicklungslehre. So iſt es nicht zu verwundern, daß die elektriſchen Fiſche mit ſtetig anſteigender Theilnahme betrachtet werden, daß die Literatur, welche ſich mit ihnen beſchäftigt, zu einem ſtaunenswerthen Umfang anſchwillt; und doch müſſen wir mit ebenſo großem Bedauern wie Sicherheit eingeſtehen, daß eine auch nur annähernde Erſchöpfung des Thema's ſelbſt in Menſchenaltern nicht zu erhoffen iſt.

Unter den vielen hier aufgegebenen Räthſelfragen, ſind es beſonders zwei, welche ihrem Weſen nach in weiteren Kreiſen Beachtung und Theilnahme erwecken, und das abgelegene Gebiet uns näher rücken müſſen; ſie laſſen ſich etwa folgendermaßen formuliren: Wie findet in der Organiſation irgend eines Fiſches eine elektriſche Batterie Platz zur Entwickelung und Verwendung, während die verwandten Fiſcharten Nichts davon zeigen? Und ferner: Wie ſetzt ſich der elektriſche Apparat auf den Willensimpuls des Thieres plötzlich in Thätigkeit? oder mit anderen Worten: In welchem Verhältniß und Wechſelwirkung ſteht das Nervenprincip zur frei werdenden Elektricität des Thieres?

Es liegt auf der Hand, daß ſelbſt eine nur unvollkommene Einſicht in die geheimnißvolle Werkſtätte der Natur, welche ſo

hochſtehende, wohl organiſirte Thiere ſcheinbar nach Gutdünken mit einer äußerſt machtvollen, complicirten Maſchinerie verſieht, gerade an beſonders merkwürdigem Beiſpiel die Grundprincipien enthüllen wird, nach denen ſich die Organiſationen der Lebeweſen überhaupt geſtalten; ſie wird uns belehren über die enorme Breite der Abänderung in den Organanlagen ſelbſt der Wirbelthiere und ſo eine wichtige Unterlage ſchaffen für die allgemeinen Vergleichungen, welche die Reihen der Thiere bis zum Menſchen hinauf in das richtige Verhältniß zu einander ſetzen ſollen.

Dieſe Anſchauung geht von der Vorausſetzung aus, daß die engen, verwandtſchaftlichen Beziehungen der elektriſchen Fiſche mit nicht elektriſchen Arten es abſolut undenkbar erſcheinen laſſen, der elektriſche Apparat mit allem Zubehör ſei den Thieren von der Natur als ein Ganzes fertig eingeſetzt, wie etwa ein Feldherr ſeine Krieger mit Feuergewehren ausrüſtet, nachdem er erkannt hat, daß ſie mit der blanken Waffe allein nicht genug ausrichten, ſondern daß ein unbeſtimmtes Etwas in der gemeinſamen Organiſation der elektriſchen und nicht elektriſchen Verwandten bei erſteren in den elektriſchen Apparat durch Naturzüchtung verwandelt wurde. Nur durch dieſe Vorausſetzung allein, welcher ſich Boll unbegreiflicher Weiſe ablehnend gegenüber ſtellte, kann die Betrachtung der elektriſchen Fiſche fruchtbringend auf unſer Verſtändniß der Entwickelung der Lebeweſen wirken. Wir dürfen zur Zeit bereits dreiſt behaupten, daß dieſe Hoffnung ſich in hohem Maße erfüllt hat, und die Frage nach der ſtammesgeſchichtlichen Entwickelung der elektriſchen Organe ihrer endgültigen Löſung erheblich näher gebracht wurde.

Wenn die nachſtehenden Blätter auch vornehmlich über dies Kapitel handeln ſollen, ſo muß es doch als unvermeidlich erachtet werden auch der zweiten Cardinalfrage: Wie der Willens-

impuls den elektriſchen Schlag herbeiführt? näher zu treten. Auch für dieſes, leider noch ſehr dunkele Gebiet ſchaffte die Unterſuchung der Herkunft des lebendigen elektriſchen Apparates eine ſichrere und breitere Grundlage, ſo daß ſich beſonders vom Standpunkt der praktiſchen Phyſiologie und der Medicin große Verheißungen an die Löſung des Problems knüpfen; die Reſultate werden auf den menſchlichen Körper anwendbar ſein, eben weil der elektriſche Apparat des Fiſches kein Organ durchaus eigenſter Art darſtellt, ſondern ſeine Anlage mit ſolchen auch unſeres Körpers vergleichbar iſt.

Möchten ſich dieſe Verheißungen wenigſtens zum Theil recht bald erfüllen!

Aber abgeſehen von den bezeichneten Fragen von hervorragender Wichtigkeit tauchen bei der Betrachtung links und rechts noch andere von kaum geringerem Intereſſe vor uns auf, welche erörtert ſein wollen, z. B.: Wie es zugeht, daß die mächtigen elektriſchen Schläge der Fiſche ihre eigenen Muskeln, die Brut in ihrem Leibe oder andere gleichartige Genoſſen ihrer Umgebung ſcheinbar unberührt laſſen?

Das unbeſchreibliche, peinliche Gefühl, welches wir heutigen Tages einen elektriſchen Schlag nennen, mußte auf den Naturmenſchen einen um ſo gewaltigeren Eindruck hervorrufen, je geringer das Verſtändniß war, was die räthſelhafte Erſcheinung bedeute? Daher machten ſich auch die elektriſchen Fiſche ſchon dem Menſchengeſchlecht in ſeiner Kindheit bemerkenswerth ſowie gefürchtet, und zwar war es begreiflicher Weiſe gerade dieſe ihre unheimliche Kraft, welche als das charakteriſtiſchſte Merkmal bei der Benennung Berückſichtigung fand. Sehr wahrſcheinlich iſt es, daß die Kenntniß der elektriſchen Fiſche bis in die vorhiſtoriſche Zeit hinaufreicht, die erſte ſichere Kunde eines

ſolchen erhalten wir auf den bildlichen Darſtellungen der alten Aegypter.

Sieht man z. B. in dem berühmten Grabtempel des Ti zu Sakara, der ſo reich iſt an thieriſchen Darſtellungen, den fürſtlichen Mann auf ſeiner Nilbarke zum Fiſchfang ausfahren, ſo fehlt unter dem mancherlei Gethier, welches die Fluth unter der Barke belebt, nicht ein eigenthümlicher, welsartiger Fiſch mit einer Anzahl langer, wurmförmiger Anhänge um das Maul. Die Abbildung bezeichnet unzweifelhaft den noch heute im Nil lebenden, elektriſchen Wels (Malopterurus electricus), deſſen elektriſche Kraft ſo groß iſt, daß ſie gewiß nicht leicht Jemandem verborgen bleibt, der ihn lebend in die Hand bekommt.

Aber auch einem anderen Nilfiſch, wurde ſchon damals beſondere Beachtung geſchenkt; er findet ſich nicht nur auf den eben angeführten Wandgemälden, ſondern er wurde ſogar als heilig verehrt und eine Stadt Unterägyptens (Oxyrhynchos) nach ihm benannt, ohne daß dafür ein hinreichender Grund bekannt geworden iſt. Sollte vielleicht die elektriſche Natur dieſes Fiſches (Mormyrus der wiſſenſchaftlichen Nomenclatur), welche ſelbſt Boll noch nicht kannte, den alten Aegyptern bereits bekannt geweſen ſein und dem Fiſch die beſondere Beachtung eingetragen haben? Dies wäre um ſo bemerkenswerther, als der Mormyrus nur zu den ſchwächeren elektriſchen Fiſchen gezählt werden kann und ſeine Kraft auch neueren Forſchern ſo wenig deutlich enthüllte, daß die elektriſche Natur bis in die jüngſte Zeit hinein angezweifelt wurde.

Weit im zoologiſchen Syſtem von Malopterurus und Mormyrus getrennt ſteht der elektriſche Fiſch des Meeres, wie man ganz allgemein ſagen kann; denn die zu ihm zählenden Formen finden ſich in allen Meeren, deren Temperatur nicht unter die-

jenige der gemäßigten Zonen ſinkt, ſie bevorzugen aber die wärmeren Meeresbecken und entwickeln ſich hier in großer Zahl. Beſonders ausgezeichnet durch ihr Vorkommen iſt das mittelländiſche Meer, wo ſie unvermeidlich ſchon den Fiſchern des grauen Alterthums bekannt geworden ſein müſſen. Jetzt in mehrere Gattungen und Untergattungen getrennt, faßte man früher die Formen unter dem Gattungsnamen Torpedo oder noch früher als Raja torpedo zuſammen, da Raja „Rochen" bezeichnet und dieſe elektriſchen Fiſche des Meeres den Rochen in der That verwandt ſind.

Die bemerkenswertheſte Eigenſchaft des elektriſchen Rochen, das Austheilen dieſer räthſelhaften, erſchütternden und betäubenden Schläge iſt auch hier in den Namen übergegangen und wird auf dieſelbe ſowohl durch die lateiniſche Bezeichnung „Torpedo", wie die franzöſiſche „Torpille", die italieniſche „Tremola", die altgriechiſche „Narke", die neu-griechiſche „Mudiastra", die arabiſche „Raâd" oder „Raâsch" hingewieſen. Alle dieſe Worte enthalten Stämme, welche Betäuben oder Erſchüttern bedeuten und ſind nicht für den elektriſchen Fiſch erfunden, ſondern auf denſelben übertragen worden, als ſeine Leiſtungen bekannt wurden, ohne daß dadurch, wie mir ſcheint, über die Zeit, wann dieſe Uebertragung ſtattfand, irgend etwas ausgeſagt würde. So bedeutet der arabiſche Namen „Raâd" auch „Donner"; man betonte alſo durch den Namen nur, daß eine gewiſſe Aehnlichkeit zwiſchen der erſchütternden Wirkung des Donners auf unſer Nervenſyſtem und der Berührung des elektriſchen Fiſches beſtünde, an eine innere, nähere Verwandtſchaft zwiſchen beiden Erſcheinungen war keinesfalls gedacht.

Jedes Thier, welches dieſer Kraft theilhaftig war, verdiente den betreffenden Namen in gleicher Weiſe, und wir ſehen daher

bis auf den heutigen Tag verſchiedene elektriſche Fiſche unter demſelben Namen auftreten. „Narke“ iſt bei den Alten Torpedo, gelegentlich aber auch Malopterurus, „Raâsch“ heute im Delta und in Suez von der arabiſch ſprechenden Bevölkerung ebenfalls für beide Gattungen im Gebrauch. War doch die erſchütternde Wirkung des elektriſchen Fiſches allmählich eine ſo landläufige Vorſtellung geworden, daß der Name des bekannteſten, Torpedo, herhalten mußte, um die künſtlichen Zerſtörungsmaſchinen zu bezeichnen, welche tückiſch im Waſſer verborgen, oder als Fiſch-Torpedo lancirt, dem Torpedo-Fiſch nacheifern, um durch erſchütternden Schlag den berührten Gegenſtand zu verderben!

Auch der viel ſpäter (1672)[1]) bekannt gewordene elektriſche Fiſch der ſüßen Gewäſſer Central-Amerika's, dem ſeine langgeſtreckte Körpergeſtalt den Namen eines „Zitter-Aales“ eingetragen hat, ohne daß er indeſſen dem Aalgeſchlecht ſo nahe verwandt wäre wie den Welſen (Gymnotus electricus im Syſtem benannt) konnte dem Schickſal nicht entgehen, ſeine unheimliche Kraft im Namen verrathen zu ſehen. Die ſpaniſch ſprechende Bevölkerung fürchtet ihn als „Tembladór“, den Erſchütterer, und wählte ſomit daſſelbe Bild zur Vergleichung, wie die arabiſche Bevölkerung Aegyptens für die elektriſchen Fiſche ihrer Heimath in dem Worte „Raâsch.“

Die üblen Erfahrungen, welche man durch unvorſichtiges Hantiren der elektriſchen Fiſche machte, umfaßten für lange Jahrhunderte faſt die einzigen Beobachtungen, welche zu regiſtriren waren; ſie machten dieſelben gefürchtet und zum Gegenſtande des Aberglaubens, ohne daß die menſchliche Erkenntniß darin irgend einen namhaften Schritt vorwärts gethan hätte. Wie die alten Aegypter den Malopterurus und Mormyrus ihren Wandgemälden einreihten, ſo ſehen wir die Torpedo des tyr-

rheniſchen Meeres nicht ſelten unter den Moſaikbildern der pompejaniſchen und anderer römiſchen Bauten. Sie erweckte den Erbauern etwa das gleiche Intereſſe wie reißende Thiere, giftige Schlangen und andere Schreckniſſe der Natur, welchen andererſeits auch heilſame Wirkungen zugetraut wurden. Die Naturwiſſenſchaften mußten erſt namhafte Fortſchritte machen, es mußte erſt eine Lehre von der Elektricität geſchaffen ſein, bevor die Vergleichung der durch die Fiſche bewirkten Erſchütterungen mit Donner und Blitz einen realen Boden hatte.

Boll hat in der bereits citirten Abhandlung in überſichtlicher Darſtellung den Weg ſkizzirt, welchen die allmählich anſteigende Erkenntniß der Natur der elektriſchen Fiſche und ihrer Kraftleiſtungen gemacht hat. Um Wiederholungen zu vermeiden wird es an dieſer Stelle genügen, was die hiſtoriſchen Daten anlangt, auf jene Abhandlung verwieſen zu haben und alsbald die Organiſation der Thiere näher in's Auge zu faſſen.

Seit Francesco Redi's[2]) Unterſuchungen (1666) wiſſen wir, daß die räthſelhafte Kraft der elektriſchen Fiſche nicht etwa eine diffus im Körper verbreitete iſt, ſondern daß in der That ein beſonderer elektriſcher Apparat, ein elektriſches Organ vorhanden iſt, in dem ſich dieſelbe entwickelt. Beim Zitterrochen, der zuerſt genauer unterſucht wurde, findet ſich jederſeits von dem Kopfe und nachfolgenden Kiemengerüſt ein etwa nierenförmiges Organ, welches der Körperſcheibe des Fiſches ſo eingefügt iſt, daß es dieſelbe von der Rücken- zur Bauchſeite völlig durchſetzt. Herausgenommen zeigt dieſe nierenförmig umgrenzte Scheibe etwa das Anſehen einer Honigwabe, da ſie aus lauter unregelmäßig ſechsſeitigen Säulchen zuſammengeſetzt iſt, die ſenkrecht aneinander gereiht ſind und ſich in jedem Organ auf mehrere Hundert belaufen. Die weiche, gallertige Subſtanz der Säul-

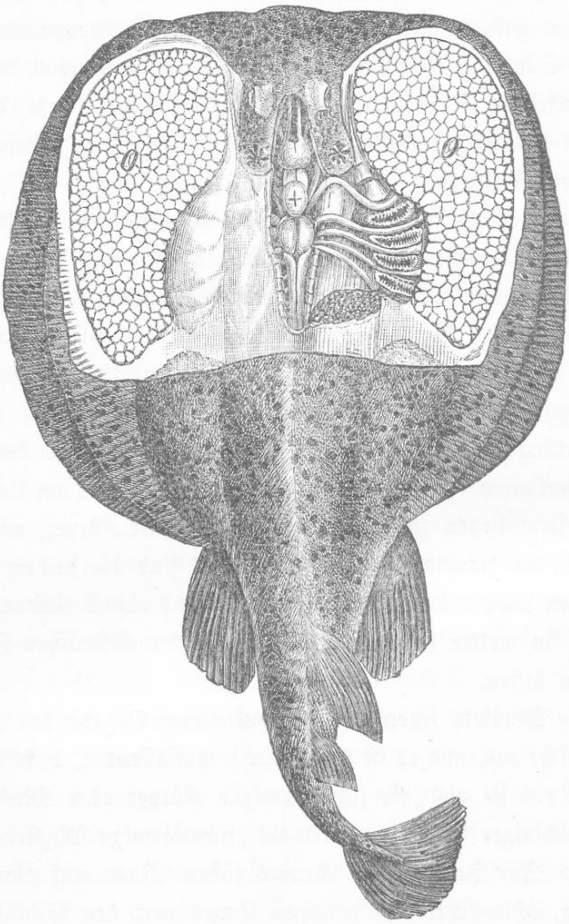
chen erkennt man mit bloßem Auge als aus feinen Plättchen zuſammengeſetzt, und wird dadurch in der That das Bild des bekannten galvaniſchen Apparates, die aus Plattenpaaren aufgebaute Säule, ſo vollſtändig wiedergegeben, daß ſchon der Erfinder derſelben, Alexander Volta, nicht umhin konnte, die natürlichen Säulchen des Zitterrochen mit ſeiner künſtlich hergeſtellten zu paralleliſiren.

Die Seitenanſicht der Säulchen des Organs erhält man alſo, indem man den Körper des Thieres quer vom Rücken zum Bauch durchſchneidet, wie es die umſtehende Skizze, Fig. 2, anſchaulich macht. Fig. 1 bietet dagegen die Rückenanſicht bei geöffneter Schädelkapſel und von der Haut entblößten Organen; hier zeigen ſich links und rechts je vier Nervenſtämme, welche vom verlängerten Mark fächerförmig ausſtrahlend zu den Organen verlaufen. An der Urſprungsſtelle derſelben am Centralnervenſyſtem liegen zwei längliche, gelblichgraue Körper, wie zwei Kaffeebohnen aneinander gedrängt: dies ſind die beiden ſogen. elektriſchen Lappen des Gehirns (A. v. Humboldt's citronengelbe Körper), in welche hinein ſich die Faſern der elektriſchen Nerven verfolgen laſſen.

Wie Muskeln ſehen alſo die elektriſchen Organe des Zitterrochen nicht aus, und es iſt daher um ſo auffallender, daß Francesco Redi ſie als „die ſichelförmigen Körper oder Muskeln", ſeine Nachfolger ſie meiſt direkt als „ſichelförmige Muskeln" anſprechen. Der Inſtinct des Genius führte Redi auf eine Vergleichung, in welcher wir heutigen Tages noch den Schlüſſel zu einem wichtigen Theil der räthſelhaften Thatſachen hinſichtlich der elektriſchen Fiſche in der Hand zu halten glauben!

Die eigenthümliche, man möchte ſagen „unregelmäßige Regelmäßigkeit" der Anordnung der Organſäulen, ihre Größe und

Fig. 1.



Torpedo marmorata (Zitterrochen).
Rückenſeite.

Die elektriſchen Organe, dazu gehörige Nerven (rechtſeits) und das Gehirn nebſt Rückenmark ſind bloß gelegt.

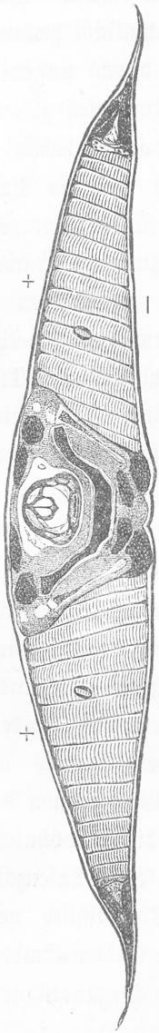


Fig. 2.

Senkrechter Durchschnitt durch das Kopfende von Torpedo marmorata.

Zahl fanden nur wenig Beachtung, wenn auch einzelne Anatomen ſich flüchtig damit beſchäftigten. Darunter verdient an erſter Stelle John Hunter rühmlichſt genannt zu werden, obwohl ein beſonderes Verhängniß durch ungenügende Beſtimmung des verwendeten Materials ihn dabei zu einem folgenſchweren Irrthum verleitete. Die Zoologie lernte erſt viel ſpäter die Nothwendigkeit erkennen, ſich bei der Artbeſtimmung vornehmlich auf die Anatomie zu ſtützen, und wir ſehen noch 1833 in Lucien Bonaparte's Prachtwerk über die Thierwelt Italiens bei der Beſchreibung der Zitterrochen ihrer elektriſchen Organe nur ganz ungenügend Erwähnung gethan; ſo geſchieht es ſelbſt bei einer als neu beſchriebenen Art T. nobiliana Bon., von der nach einer Notiz, die ich der Güte meines Freundes Prof. Giglioli verdanke, zur Vergleichung in Italien nur drei ausgeſtopfte Häute exiſtiren!

Schon der Vollſtändigung der Beſchreibung wegen hätten wohl ſo wichtige Organe Berückſichtigung finden ſollen, dieſe Unterſuchung hat ſich aber um ſo unerläßlicher herausgeſtellt, als die verſchiedenen Arten der Zitterrochen in Säulenzahl und Anordnung der Organe erheblich von einander abweichen. So iſt es gekommen, daß John Hunter[3]), indem er, ohne es zu wiſſen, ein Exemplar abweichender Species unter den übrigen hatte, welches bei auffallender Größe etwa doppelt ſo viel Säulen in jedem Organ zeigte wie die gewöhnlichen Zitterrochen, zu dem Irrthum verführt wurde, die Säulenzahl nehme mit dem Wachsthum des Thieres zu. Thatſächlich vermehrt ſich die Säulenzahl nicht mehr, nachdem in dem Embryo des lebendig gebärenden Fiſches die elektriſche Organanlage ihre charakteriſtiſche Geſtalt erlangt hat.

Dies Wachsthumsgeſetz, welches nach den Autoren, die es

zuerſt erkannten, von Hrn. du Bois-Reymond als das delle Chiaje-Babuchin'ſche Geſetz von der Präformation der elektriſchen Elemente bezeichnet wird, iſt von beſonderer Wichtigkeit für die Theorie über die Wirkung der elektriſchen Organe.

Aber auch für die allgemeinen Anſchauungen über die Bedeutung der elektriſchen Fiſche erſcheint die Kenntniß der rieſenhaften Torpedo-Art, welche Hunter's Zählung zu Grunde lag, als ungemein werthvoll. Während die verbreitetſte Art der europäiſchen Meere meiſt nur 20—30 cm, außergewöhnlich große nur gegen 70 cm lang ſind und ihr elektriſcher Schlag für den erwachſenen Mann wohl unangenehm aber nicht unerträglich wird, erreicht der den oſtamerikaniſchen Küſten eigene Zitterrochen, welcher als T. occidentalis Storer bezeichnet worden iſt, die doppelte Größe und charakteriſirt ſich ſo als der umfangreichſte und ſchwerſte, wenn auch nicht längſte aller elektriſchen Fiſche.

Ich laſſe die wichtigſten Daten über die eben genannte Art, wie ſie Hr. du Bois-Reymond die Güte hatte für den Bericht über meine diesbezüglichen Arbeiten zuſammenzuſtellen, in ſeiner Faſſung hier folgen, da dieſelben am beſten im Stande ſind die Mächtigkeit des Thieres anſchaulich zu machen. „Die Kenntniß der T. occidentalis verdankt man weſentlich einem Seefiſcher von Gewerbe, Captain Nathaniel E. Atwood von Provincetown, an der Spitze des Cape Cod, welches ſüdlich von Boſton die nach Nord offene Cape Cod Bay vom Ocean trennt. Nach Atwood's Bericht ſtranden die Rieſen-Zitterrochen im September, Oktober und November, je nach den Jahren in wechſelnder Häufigkeit, auf der ſandigen Oſtküſte des Cape Cod. Die kleinſten ſind zwei Fuß lang und wiegen nicht über zwanzig Pfund; die größten nach Storer fünf Fuß engl. (152 cm) langen, ſchätzt Atwood, ohne ſie wirklich gewogen zu haben, auf 170

bis 200 Pfund. Der größte Umfang der Scheibe betrug nach ihm zwölf Fuß, oder ihr Durchmeſſer etwa vier Fuß. Der Schlag war ſo ſtark, daß Atwood mehrmals davon zu Boden ſtürzte, „wie mit der Axt gefällt.“ Doch kam es auch vor, daß die Thiere nicht ſchlugen. Die Schläge wurden durch eine Harpune, ein Seil auf acht bis zehn Fuß Abſtand vom Fiſche geſpürt und waren beim Ausweiden ſehr hinderlich, welches wegen des Oeles aus der Leber geſchah.“

Einer dieſer Rieſen, welche die hohe See lieben und ſo gelegentlich, wenn auch ſehr ſelten, mittelſt des Golfſtromes an die Küſten von England geführt zu werden ſcheinen, iſt es jedenfalls geweſen, der unter Hunter's Secirmeſſer gelangte und noch jetzt zu London im Muſeum des Royal College of Surgeons ſein mächtiges Centralnervenſyſtem nebſt einem Stück des linken Organs an ſauberem Präparat bewundern läßt.

Wenn wir in dieſen ungeheueren Geſtalten die ſchaffende Naturkraft ſich noch in heutiger Zeit vor unſeren erſtaunten Augen allgewaltig enthüllen ſehen, ſo verlieren freilich die verſteinerten Reſte einer Torpedo-Art aus den Tertiärſchichten des Monte bolca, welche, bevor wir Torpedo occidentalis kennen lernten, durch ihre Größe gerechtes Aufſehen machte, für uns an Anſehen und Bedeutung; denn der dafür gewählte Name, T. gigantea, gebührt ihr im Vergleich mit der amerikaniſchen Art gar nicht mehr, weil letztere die bisher gefundenen verſteinerten Reſte in ihren Dimenſionen erheblich überragt (152 cm : 133 cm). Vielleicht werden in ſpäterer Zeit noch Reſte größerer Exemplare der verſteinerten Art gefunden, welche der Torpedo occidentalis jedenfalls ſehr nahe ſteht, wenn ſie nicht überhaupt mit ihr identiſch iſt. Hat aber auch die ſeit jener Epoche unſerer Erde eingetretene Umgeſtaltung der or-

ganiſchen Schöpfung beide Formen in einem oder dem anderen Punkte getrennt, ſo kann doch keinesfalls auf das Auffinden einer einzigen, foſſilen Art, zumal dieſelbe noch lebenden Formen durchaus verwandt iſt, die Anſchauung gegründet werden, es habe in früheren Perioden eine ausgebreitete Fauna elektriſcher Fiſche gegeben, deren jetzt lebende Repräſentanten wir als einen ſehr zuſammen geſchmolzenen Reſt jener Fauna zu betrachten hätten. Es kommt ja auf über 50 jetzt lebende Arten von elektriſchen Fiſchen bis heute nur eine verſteinerte Art! Auf dieſe mißverſtändlich auf Darwin[4]) zurückgeführte Theorie, welche Boll die annehmbarſte geweſen zu ſein ſcheint, iſt weiter unten nochmals zurück zu kommen.

An Torpedo occidentalis, welche über 1000 Säulen in jedem Organ zählt, ſchließt ſich ein anderer Zitterrochen des atlantiſchen Ocean's, welcher bei Madeira vorkommt, aber wegen großer Seltenheit bisher noch nicht genauer bekannt wurde, nämlich T. hebetans Lowe. Das in Europa einzig vorhandene Exemplar der Art im Britiſh Muſeum hat nur die Größe einer mittleren gemeinen Torpedo marmorata, es zählt aber etwa ebenſoviel Säulen (1025) als die amerikaniſche Art, der ſie auch im Aeußern merkwürdig ähnlich ſieht.

Gleichfalls durch eine ſehr hohe Säulenzahl (895) zeichnet ſich eine leider auch nur vereinzelt in Europa (Berliner zoolog. Muſeum und Phyſiolog. Inſtitut[5]) vorhandene Art aus, T. californica von der Weſtküſte Amerika's, welche auch der atlantiſchen ähnlich ſieht, ohne jedoch ihre Größe zu haben, da dieſe Stücke nur 19,8 cm und 31,5 cm lang ſind. Nach brieflichen Mittheilungen kommt T. californica, die hauptſächlich in der Bay von Monterey und San Diego gefangen wird, daſelbſt gelegentlich in erheblich größeren Exemplaren vor, als die Ver-

liner es ſind, wenn auch Nichts von den Rieſendimenſionen der T. occidentalis verlautet. Die Möglichkeit, daß beide Arten zuſammen gehören, obwohl ſich der ganze amerikaniſche Continent zwiſchen ſie ſchiebt, iſt nicht ausgeſchloſſen. Ueber T. hebetans fehlen nähere Daten hinſichtlich des Vorkommens gänzlich, obwohl Madeira gleichſam vor den Thoren Europa's liegt, und es manchem Forſcher erwünſcht ſein müßte, über das Verhältniß der T. hebetans zu T. occidentalis [6]) aufgeklärt zu ſein.

So bieten ſich ſchon durch Betrachtung dieſes einen Formenkreiſes der Zitterrochen höchſt intereſſante Geſichtspunkte, ſowohl über geographiſche Verbreitung und lokale Umwandlung der Arten als auch den früheren Zuſammenhang ganzer Meeres-Faunen mit einander, welche jetzt durch lang ſich hinziehende Ländermaſſen getrennt ſind. Dazu kommt noch im betreffenden Falle die Möglichkeit einer engeren Beziehung zu der bereits ſeit Jahrtauſenden ausgeſtorbenen Art des Monte bolca.

Die Ueberzeugung, daß gerade an dieſer Stelle tiefere Einblicke in das Werden der Arten, in die Ausbildung localer Varietäten zu ſogenannten guten Arten zu gewinnen ſeien, wird weiter verſtärkt, wenn wir den Formenkreis der Torpedo marmorata mit in die Betrachtung ziehen. Dieſe am genaueſten unterſuchte Art hat eine erſtaunliche geographiſche Verbreitung, indem ſie ſowohl im atlantiſchen Ocean an den Küſten von Portugal und Frankreich, als auch im Mittelmeer allerwärts häufig gefangen wird und ſogar im indiſchen Ocean bis herunter nach Madagascar gelegentlich vorkommt.

Bei dieſer großen Verbreitung iſt die Ausbildung von Lokalvarietäten leicht begreiflich, ſo daß ſelbſt in dem engen Mittelmeerbecken mehrere derſelben unterſchieden werden können. Es iſt hier nicht der Ort auf die bereits von Olfers gegebene Auf-

zählung verſchiedener Varietäten der Torpedo marmorata einzugehen, da auch von ihm die elektriſchen Organe bei der Abgrenzung unberückſichtigt gelaſſen wurden.

Gerade bei der genannten Art iſt aber die Breite der individuellen Abänderung auch an den Organen ſehr bemerkenswerth, inſofern bei der gewöhnlichen Form ſchon die Säulenzahl zwiſchen 440 und 570 und darüber ſchwankt, d. h. um mehr als ein Viertel der Geſammtzahl. Beſtimmte, ſchon äußerlich durch Färbung und Zeichnung kenntliche Varietäten, die daher unter beſonderem Namen geführt werden können, gehen noch über die angeführte Zahlengrenze hinaus, d. h. überſteigen die Zahl von 600 in jedem Organ, und nähern ſich alſo ſchon ſehr bedeutend den zuerſt genannten Arten. Wahrſcheinlich gehörte auch die T. nobiliana Bonaparte's dem Formenkreiſe der T. marmorata als Varietät an; unter Berückſichtigung der ihr am nächſten ſtehenden Abart, würde ich bei T. nobiliana ebenfalls eine Säulenzahl von etwa 600 erwarten.

Denkt man ſich ſolche Lokalvarietäten des Zitterrochen in ihrem Vorkommen genügend lange iſolirt, um die Zahl der Rückſchläge in die Stammart allmählich geringer werden und die Merkmale durch Behinderung erneuter Kreuzung mit friſchem Blut von außerhalb ſich mehr befeſtigen zu laſſen, wird der Syſtematiker es kaum vermeiden können, die ſo wohl unterſchiedenen Formen als Species gelten zu laſſen.

Um dem Leſer einen Ueberblick der großen Menge elektriſcher Fiſche allein aus der Familie der Torpedineen zu geben, laſſe ich hier die Namen der zur Zeit bekannten mit den zugehörigen Zahlen der elektriſchen Säulen eines Organes folgen, ſoweit ſolche bisher feſtgeſtellt wurden.

An T. marmorata mit ihren Varietäten reiht ſich Torpedo

fuscomaculata Pet.. der Küſte von Mozambique mit 593 Säulen, die den Geſammtdurchſchnitt der T. marmorata-Varietäten alſo noch übertrifft; dann T. panthera Ehr. und T. sinus persici Rüp. mit 449 Säulen; dann Hypnos subnigrum der auſtraliſchen Meere (436 Säulen), dann erſt der andere Zitterrochen des Mittelmeeres, Torpedo ocellata mit 432 Säulen. Es folgt nun Narcine brasiliensis Südamerika's (428 S.), N. tasmaniensis Neu-Seeland's (278 S.), N. lingula von China (274 S.), N. timlei (224 S.) und N. indica (145 S.)[7]) des indiſchen Oceans, Astrape capensis des Cap der guten Hoffnung (147 S.), Temera Hardwicki des ſtillen Oceans (139 S.), A. dipterygia von Japan (132 S.): gewiß eine ſtattliche Reihe von Gattungen und Arten, die hier in abſteigender Reihe hinſichtlich der Entwickelung ihrer elektriſchen Organe geordnet wurden. Lage und allgemeine Anordnung dieſer Theile iſt überall etwa dieſelbe, die Figuration und Gruppirung der Säulen unterliegt dagegen mannigfachen Verſchiedenheiten.

Ein durchaus anderes Bild bietet dem Beſchauer hingegen der elektriſche Fiſch des ſüßen Waſſers aus Amerika, (Gymnotus electricus), dem ſeine langgeſtreckte Körpergeſtalt (Vergl. Fig. 3) den unverdienten Namen eines Aales eingetragen hat, obwohl es doch auch andere lange Fiſche giebt, die keine Aale ſind; er wird aber nun wohl der „Zitteraal" bis ans Ende aller Dinge bleiben. In ihm hat die Entwickelung der elektriſchen Organe eine erſtaunliche Mächtigkeit erlangt und ſie iſt es in der That, welche, in den Schwanzabſchnitt des Thieres verwieſen, dem eigentlich ganz kurzen Fiſch zu ſeiner bemerkenswerthen Länge verhilft, während der Aal auch abgeſehen vom Schwanz wirklich ein langer Fiſch iſt. Der Kopf mit der geſammten Leibeshöhle nimmt nur etwas mehr als den fünften Theil des Körpers ein und der nach vorn umbiegende Darm

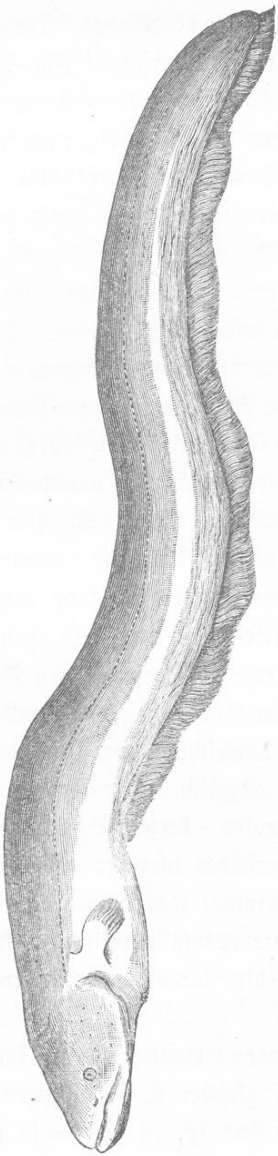


Fig. 3.

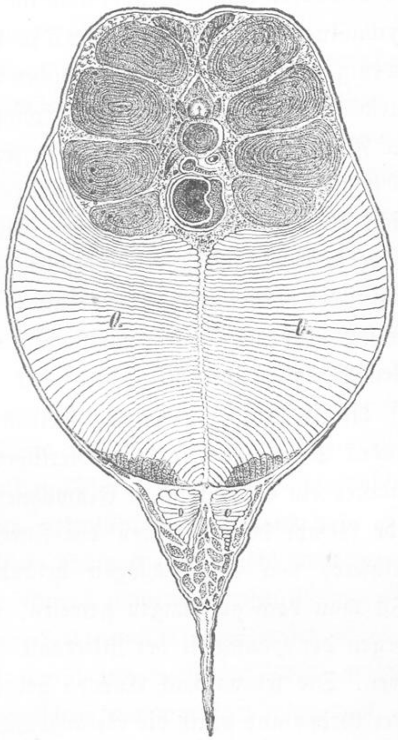
Gymnotus electricus (Zitteraal). Seitenansicht.

endigt im After an der Kehle des Fiſches. Die übrigen vier Fünftel des Körpers ſind wie der Querſchnitt Fig. 4 es unter „O“ andeutet, zum größten Theil von einer gallertigen, durchſcheinenden Subſtanz eingenommen, welche zwei große Maſſen oder Organe bildet, die von den Seiten der Leibeshöhle aus, ſich allmählich verjüngend, bis in die äußerſte Schwanzſpitze reichen, während zwei kleinere ſolche Maſſen („o“ der Figur), unter den erſteren gelagert, etwas weiter nach hinten beginnen und im Schwanzende zuweilen ſchon wieder ſchwinden. Die ganze Rumpfmuskulatur wird durch die großen Organe nach dem Rücken zu verdrängt und auch die Floſſenmuskulatur kann wegen der unteren kleinen Organe ihren Platz nicht vollſtändig behaupten; in der Körpermitte ſtoßen die Organpaare aneinander.

Genauere Betrachtung zeigt auch hier die ſulzige Maſſe von feſteren Scheidewänden durchſetzt, welche von der mittleren Hauptſcheidewand zum äußeren Umfang des Körpers verlaufen und von der Seite geſehen erkennt man, daß die Zwiſchenräume dieſer Wände in ſenkrechter Richtung (den Fiſch ſtets horizontal gedacht) wiederum eine Anordnung von Platten erkennen laſſen. Die ſcheinbar ſo große Abweichung vom Bau des Torpedo-Organes verliert ſich alſo faſt gänzlich, wenn man berückſichtigt, daß die bei letzterem polygonalen, kurzen Säulen ſenkrecht ſtehen, bei erſterem an Stelle derſelben niedrige aber breite Prismen vorhanden ſind, die horizontal lagern und eine beträchtliche Länge erreichen; dort ſind die ebenfalls vieleckigen Platten der Säulen horizontal gelagert, hier die etwa bandförmigen Platten ſenkrecht geſtellt.

Die zu den Organen tretenden Nerven kommen vom Rückenmark und treten in gleicher Weiſe zwiſchen den Wirbeln aus, wie es auch ſonſt der Fall iſt, es giebt alſo deren eine ſehr be-

Fig. 4.



Senkrechter Durchſchnitt des Gymnotus electricus etwa durch die Mitte des ganzen Fiſches.

trächtliche Zahl, ebenſo wie Rückenwirbel, und das Rückenmark ſelbſt unterſcheidet ſich äußerlich nicht auffallend von dem eines andern verwandten Fiſches, z. B. des gemeinen Welſes.

Die Länge dieſes in den kleineren Flüſſen und Lagunen des Orinokogebietes beſonders häufigen, aber auch im Amazonas vorkommenden Gymnotus electricus erreicht 2,5 m bei entſprechender Dicke, die wenig hinter der eines menſchlichen Schenkels mittlerer Stärke zurückbleibt. Ein ſolch rieſiges Exemplar war 1878 in der Berliner Fiſcherei-Ausſtellung in ausgeſtopftem Zuſtande vorgeführt, und ſtellte alſo in der That den längſten elektriſchen Fiſch dar, ſein Gewicht würde aber nach Schätzung nur etwa 40 Pfd. betragen haben oder noch nicht die Hälfte von demjenigen der größeren Rieſen-Zitterrochen der nordamerikaniſchen Küſten. An elektriſcher Kraft dürfte er ſich aber wohl mit dem Rochen meſſen können; denn nach allen Berichten der Reiſenden, ſeit v. Humboldt bis herab auf die reichen Erfahrungen meines zu früh verſtorbenen Freundes Sachs ſind die fürchterlichen Schläge der großen Tembladores ein Schrecken der Einwohner und eine beſtändig drohende Gefahr beim Paſſiren der Furthen, in denen häufig die Laſtthiere, von den Schlägen betäubt, rettungslos untergehen. Iſt man doch gezwungen geweſen, ſelbſt Straßen zu verlegen, wegen der Häufigkeit der Zitteraale in den zu paſſirenden Gewäſſern! Die lebend nach Europa gebrachten, obwohl nur von mittlerer Größe und durch die Gefangenſchaft geſchwächt, erfüllten ihren Waſſerbehälter noch von ſo gewaltigen elektriſchen Stromcurven, daß die eingetauchte Hand ſelbſt an der dem Fiſch entgegengeſetzten Seite der Wand zu ſchleunigem Rückzug gezwungen wurde.

Gegenüber dieſem Heros der elektriſchen Fiſche iſt der nun zu erwähnende Mormyrus ein ſanftes Gemüth; ſein deutſcher

Name „Nilhecht" iſt ein ebenſo bemerkenswerther Lucus a non lucendo wie der „Zitteraal", da jener ſo wenig Hecht iſt, wie dieſer Aal. Den gewaltigen, mit langen, nadelſpitzen Zähnen bewaffneten Rachen des Hechtes ſucht man bei dem Geſchlecht der Mormyri vergeblich; ja es iſt ſogar charakteriſtiſch für ſie, daß ſie nie „das Maul auf dem rechten Fleck haben." Einmal iſt das kleine, mit dürftigen Zähnchen verſehene Maul an das Ende eines nach abwärts gekrümmten Rüſſels verlegt (M. oxyrhynchus, caschiwe, Hasselquistii, longipinnis, Geoffroyi) oder es iſt nach oben verlegt, während die Unterlippe ſtark vorſpringt (M. cyprinoides) oder es liegt im Gegentheil ganz unten an dem ſtark abgerundeten Vorderkopf (M. bovei, bane); nur Mormyrus dorsalis und elongatus haben die Mundöffnung ziemlich an normaler Stelle, doch bleibt noch die geringe Größe auffallend.

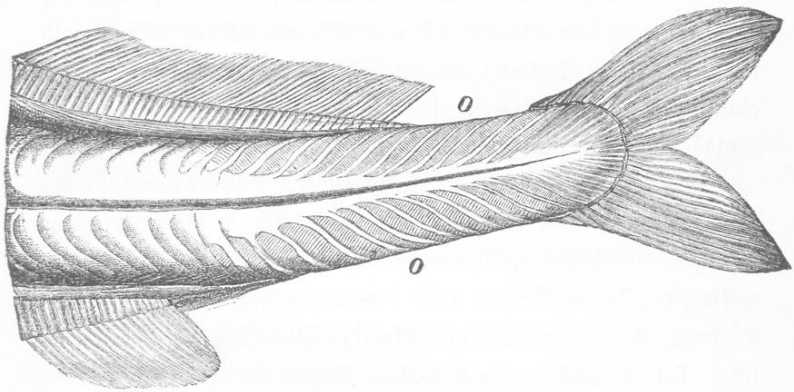
Durch ſo enge Pforte kann natürlich keine umfangreiche Beute eingehen, und es wäre daher eine gewiſſe Verſchwendung der Natur, den Fiſch mit rieſiger Kraft auszuſtatten, während er nur kleine Thierchen zu bewältigen hat. Die geringe Stärke der elektriſchen Schläge iſt neben ungeeigneter Ableitung des Organs der Grund geweſen, weßhalb man die elektriſche Natur des Fiſches ſo lange verkannt hat, während ſchon im Jahre 1832 Rüppell[8]) ein Organ an ihm nachwies, welches den bereits bekannten elektriſchen merkwürdig ähnlich war. Die endliche Entlarvung des heimlichen Sünders, an welcher der Verfaſſer weſentlich betheiligt war, iſt in mehrfacher Hinſicht von großem, allgemeinem Intereſſe.

Vordem war man mit Rückſicht auf die Aehnlichkeit der eigenthümlichen Organe mit elektriſchen gezwungen, für dieſelben, da keine Entladungen von ihnen bekannt waren, eine beſondere

Kategorie zu bilden, die man nach Hrn. du Bois-Reymond's Vorgang „pſeudo-elektriſche" Organe nannte. Jetzt iſt der weſentlichſte Repräſentat der „pſeudo-elektriſchen" Fiſche der Mormyrus zu den wirklich elektriſchen verwieſen; und wenn ſeiner Zeit Hr. Babuchin[9]), den Thatſachen vorgreifend, erklärte: „es giebt keine pſeudo-elektriſchen Fiſche, ſondern nur große und ſtarke ſowie kleine und ſchwache elektriſche Fiſche," ſo könnte er heutigen Tages dieſe Behauptung ſchon mit größerer Sicherheit aufſtellen. Ferner aber öffnet ſich gerade hier die Perſpective, welche uns Aufſchluß geben ſoll über das Räthſel der Entſtehung ſolcher elektriſcher Batterien in dem Thierkörper. Auch jetzt noch iſt die eben citirte Behauptung, obwohl ſie ſehr wahrſcheinlich vollkommen richtig iſt, vom ſtreng wiſſenſchaftlichen Standpunkte aus als zu kategoriſch gefaßt zu bezeichnen, da es Fiſche giebt, die den elektriſchen verwandte Organe beſitzen, von welchen aber bisher Entladungen in ganz vorwurfsfreier Weiſe nicht zu erzielen waren, oder es iſt überhaupt keine Beobachtung über ihre elektriſche Wirkung bekannt. Offenbar ſind wir aber auf dem beſten Wege, die Richtigkeit von Hrn. Babuchin's Behauptung zu erweiſen, und dazu liefert die vergleichend-anatomiſche Betrachtung ausgezeichnetes Beweismaterial, indem ſie den vollkommenen elektriſchen Fiſchen die unvollkommen elektriſchen ohne Schwierigkeit anzureihen vermag. Dabei iſt vornehmlich an die Arten des Genus Raja, alſo die eigentlichen Rochen gedacht, welche wie der Mormyrus an beiden Seiten des Schwanzes Organe beſitzen, deren Anordnung und Bau ſich mehr oder weniger eng an den der elektriſchen Organe anſchließt. Höchſt verdächtig wird der Rochen allerdings und zwar um ſo mehr, als ein anderer ſehr merkwürdiger Nilfiſch, der Gymnarchus niloticus in der Organiſation des Schwanzes die Brücke bildet von der

Anordnung des Rochen zu derjenigen des Mormyrus, wo die elektriſche Wirkung jetzt außer Zweifel ſteht. Der Gymnarchus, welcher im mittleren und oberen Nil häufiger iſt, kommt höchſtens im Sommer auch in den unteren Nil, und es findet ſich daher die Gelegenheit, ſeine elektriſche Natur feſtzuſtellen nur ausnahmsweiſe. Wie es ſcheint, liegen gar keine Beobachtungen am Lebenden vor.

Fig. 5.



Der Schwanz von Mormyrus cyprinoides. Die elektriſchen Organe ſind durch Ablöſung der Haut bloßgelegt.

Hier bildet ſich gleichſam vor unſern Augen eine Entwickelungsreihe, welche auf niedrigſter Stufe die Gattung Raja zeigt, dann aufſteigend Gymnarchus, ferner Mormyrus und endlich Gymnotus ſowie Torpedo anſchließen läßt, der Ausgangspunkt aber, von dem dieſe ſtammesgeſchichtliche Entwickelungsreihe der elektriſchen Organe beginnt, ſind Muskeln!!

Fig. 5 zeigt das Schwanzende des Mormyrus, wo die höchſt zierlich angeordneten, platten Sehnen der Schwanzmuskeln,

welche im friſchen Zuſtande durch ihren Perlmutterglanz an einen halbgeöffneten Damenfächer aus ſolchem Stoff im Kleinen erinnern, an einer gewiſſen Stelle, d. h. ungefähr dem Ende der Afterfloſſe benachbart, plötzlich ihre ſolide Fleiſchunterlage verlieren; ſie ſpannen ſich nun oberflächlich über eine durchſcheinende, gallertige Maſſe hinweg, welche wiederum eine verhältnißmäßig grobe Plattenanordnung erkennen läßt, deren Stellung ſich etwa ſenkrecht zur Hauptrichtung der Sehnenbündel verhält.

Die wenigen, locker aus Platten aufgebauten Säulen des Organs liegen hier alſo etwas ſchräg zur Längsaxe des Körpers und halten ſo die Richtung der benachbarten Muskelbündel noch einigermaßen ein, während ſie beim Gymnotus faſt ganz horizontal geworden ſind.

Bei Raja, wo die „pſeudo-elektriſchen" Organe ebenfalls der Schwanzmuskulatur angehören, iſt nun endlich ſelbſt die Plattenbildung unvollendet geblieben. Es finden ſich hier in dem langgeſtreckten Organ Reihen von etwas abgeplatteten, rundlichen Körpern, eingebettet in eine gallertige Subſtanz, welche Körper ſchon bei Betrachtung mit bloßen Augen an etwas gequollene, fein zerzupfte Muskelbündel erinnern. Dies iſt in der That keine Volta'ſche Säule mehr, und man findet es unter Vergleichung mit den vorher beſprochenen Organen gleichſam natürlich, daß ſo roh zuſammengeſetzte Apparate die hohe Leiſtungsfähigkeit der anderen nicht zeigen können, wie auch immer dieſelbe zu Stande kommen mag.

Um ſo richtiger erſcheint es gleichwohl, darauf hinzuweiſen, daß Angaben von Beobachtern (Robin) vorliegen, welche auch hier gelegentlich durch Zuckungen des Froſchſchenkels und Ablenkung der Magnetnadel an beſonders ſtarken Exemplaren eine elektriſche Wirkung der Organe beobachtet haben wollen[10]). Wenn dies in

anderen Fällen trotz redlicher Bemühungen nicht glückte, so liegt dies vielleicht in der Ungunst lokaler und zeitlicher Verhältnisse, deren Berücksichtigung bei allen elektrischen Versuchen bekanntlich von besonders hervorragender Bedeutung ist. Man sollte dabei nicht vergessen, daß zuweilen ungünstige äußere Verhältnisse selbst den geschicktesten Experimentator mit erprobten, physikalischen Apparaten völlig in Verzweiflung setzen; sowie daß auch ein Streichholz nicht immer brennt, wie Hr. Brücke zu sagen pflegte.

Haben wir nun den Anfang des Ariadne-Fadens, der uns aus dem Labyrinth der mannichfaltigen, elektrischen Fischorgane herausführen soll, glücklich gefunden, so wird es schon leichter sein, demselben weiter zu folgen. Der ebenso interessante, wie schwierig zu untersuchende mikroskopische Bau der Organe wird weiter unten wenigstens in den Hauptpunkten Berücksichtigung finden, an dieser Stelle sei nur erwähnt, daß bei den Organen der letzterwähnten Gattungen bei Raja und Mormyrus selbst noch im entwickelten Zustand mit dem Mikroskop Spuren der Herkunft der Elemente von der Muskulatur nachweisbar sind, nämlich eine Schicht aus mäandrisch aufgerollten Fasern, welche die eigenthümliche Querstreifung zeigen, wie sie sich bei den Muskeln findet und ihnen die Bezeichnung der quergestreiften Muskulatur verschafft hat.

Steigen wir aber auf zu den voll entwickelten Organen der starken elektrischen Fische, zu Gymnotus und Torpedo, so fehlt hier auch im mikroskopischen Bilde der unmittelbare Hinweis auf die Entstehung der Batterien aus quergestreiften Muskeln. Auch bei diesen Gattungen kann indessen der Nachweis, daß ein gleiches Entwickelungsprincip vorliegt, mit einer an Gewißheit grenzenden Wahrscheinlichkeit geführt werden. Der Weg dazu

iſt nach der Natur der Sache ein doppelter: er folgt entweder der Entwickelung des Keimes, bewegt ſich alſo auf embryologiſcher Baſis, oder er folgt der Entwickelung des ganzen Stammes der Fiſche, ſtützt ſich alſo auf Vergleichung der verwandten, nicht elektriſchen Fiſcharten.

Zur Unterſuchung der keimesgeſchichtlichen Organentwickelung bot Torpedo das geeignetſte Material, da dieſer lebendgebärende Fiſch ſeine Jungen bis zu einem bemerkenswerth weit vorgeſchrittenen Stadium des Wachsthums bei ſich trägt, ſo daß die jungen Fiſchchen, eben geboren, bereits etwa 6—8 cm lang ſind und deutliche elektriſche Schläge ertheilen können. Durch Eröffnung der mütterlichen Thiere gewinnt man alſo Embryonen des verſchiedenſten Alters, deren friſche Unterſuchung den Entwickelungsgang der Organe enthüllen mußte. Nach dem Italiener de Sanctis war es beſonders Hr. Babuchin, welcher auf dieſem Felde ſich Lorbeeren errungen hat, indem er nachwies, daß in der That die Anfangsſtadien der elektriſchen Organe Elemente enthalten, die embryonalen Muskeln durchaus ähnlich und verwandt ſind. Damit war der Beweis geliefert, daß die räthſelhaften Batterien nicht in den Thierkörper, wie man ſagt, hineingeſchneit ſind, ſondern daß ſie wirklich das Produkt einer eigenthümlichen Umwandlung ihm normal zukommender Organe darſtellen.

Es lag auf der Hand, wie wichtig es ſein mußte, die Richtigkeit der bei Torpedo feſtgeſtellten Thatſache auch an den Embryonen von Gymnotus zu erproben. Leider iſt die Möglichkeit dazu vom Geſchick bisher hartnäckig verweigert worden; nicht nur iſt die Entwickelung der Brut bis heutigen Tages ein vollſtändiges Geheimniß der Natur, ſondern ſelbſt einigermaßen junge Individuen des Thieres ſind noch nicht zur Beob-

achtung gelangt. Denjenigen meiner verehrten Leſer, welche in dieſer traurigen Sachlage vielleicht geneigt ſind, einen beſonderen Mangel an Energie oder Geſchick der dabei intereſſirten, wiſſenſchaftlichen Kreiſe zu ſehen, möchte ich nur entgegen halten, daß ſelbſt die Naturgeſchichte unſeres gemeinen Aales bekanntlich noch nicht vollkommen feſtgeſtellt iſt, wenn wir auch hier in letzter Zeit wenigſtens die junge Brut kennen gelernt haben; und das, was bei den günſtigen Verhältniſſen Europa's nicht glückte, bei den Schwierigkeiten eines uncivilisirten Landes unter tropiſcher Sonne noch weniger ausſichtsvoll iſt. Wahrſcheinlich fällt die Entwickelung der jungen Zitteraale in die Regenzeit, und wenn dann die Lagunen und kleinen Waſſerläufe (Caño's) der Llanos weite, wogende Waſſerflächen darſtellen, treibt auch der eifrigſte Forſcher, ein betrübter Lohgerber, dem die Zitteraale weggeſchwommen ſind, auf hoffnungloſem Nachen über die ſchweigenden Fluthen, die ihre Kinder liebevoll verhüllen.

Während unter den gegebenen Verhältniſſen die Ausſichten auf baldige Löſung der Frage nach der Entwickelung dieſes elektriſchen Fiſches äußerſt geringe ſind, ſo bleibt uns immer noch die Möglichkeit, den ſtammesgeſchichtlichen Weg zu betreten.

Der leitende Grundgedanke bei derartiger Unterſuchung iſt, daß die gänzliche oder theilweiſe Umwandlung einer beſtimmten Organanlage, die als ein allgemeines Attribut aller verwandten Organismen zu betrachten iſt, in eine andere, davon abweichende für die urſprüngliche Anlage einen Verluſt oder Ausfall bedingt. Dieſer Ausfall kann freilich, beſonders wenn er in ſehr frühe Entwickelungsperioden des Organismus fällt, wieder ſo ausgeglichen und verdeckt werden, daß es ſchwierig oder ſelbſt unmöglich wird, ſeine thatſächliche Exiſtenz nachzuweiſen: aber

andererſeits iſt ein poſitives Ergebniß ſolcher Unterſuchung, alſo ein Nachweis des fortbeſtehenden Defektes an einer beſtimmten Stelle der normalen Anlage beim entwickelten Thier ein nahezu ebenſo bündiger Beweis der geſchehenen Umwandlung, als die Verfolgung derſelben auf keimesgeſchichtlicher Grundlage.

In der That läßt ſich nun bei allen den bisher genannten elektriſchen Fiſchen der Ausfall eines Theiles der Muskulatur nachweiſen; da ferner die elektriſchen Organe ſich an der Stelle des fehlenden Theiles und mit dem fortbeſtehenden in unmittelbarer Verbindung finden, ſo iſt die Annahme gerechtfertigt, ſie ſeien eben durch Verwandlung aus jenem hervorgegangen.

Natürlich braucht es nicht immer der nämliche Abſchnitt der Muskulatur zu ſein, welcher der Umwandlung verfällt, und iſt es auch thatſächlich nicht; eine allgemein geltende Beſchränkung würde nur ſein, daß der in Wegfall kommende Theil der Muskeln für die Erhaltung des Lebens entbehrt werden kann, wenn der Verluſt auch nicht ohne Einwirkung auf die Lebensweiſe bleibt. So fehlt dem gemeinen Rochen ein Stück der langen Seitenmuskeln des Schwanzabſchnittes, desgleichen bei dem Gymnarchus, wo es in höchſt merkwürdiger Weiſe aus dem centralen Theil der Seitenmuskeln ausgeſchnitten erſcheint; beim Mormyrus ſind die der Seitenlinie benachbarten Theile der nämlichen Muskeln am Schwanz bis auf die Sehnen verloren gegangen; dem Gymnotus fehlt die tiefſte Partie der ventralen Rumpfmuskulatur bis auf einen kleinen Reſt, die ſogenannte Zwiſchenmuskelſchicht, und iſt an ihrer Stelle das große elektriſche Organ getreten; es fehlt ihm ferner der oberſte Theil der inneren Floſſenträgermuskeln, wo ſich das kleine elektriſche Organ entwickelt hat; der Torpedo endlich fehlt die äußere Lage der kleinen Muskeln des Kiemengerüſtes und die bei den ver-

wandten Rochen außerordentlich mächtigen, äußeren Kiefermuskeln!

In allen Fällen zeigt beſonders das Verhalten der ſehnigen Theile, welche einſt den Muskeln zur Umhüllung und Anheftung dienten, an den elektriſchen Organen noch die Andeutung der früheren Organiſation und erlaubt weit gehende Vergleichungen mit den entſprechenden Anlagen der nicht elektriſchen Verwandten.

Es wurde bereits bemerkt, daß die Umwandlung beſtimmter Muskelanlagen ſehr wohl einen gewiſſen Einfluß auf die Lebensweiſe der Thiere haben könnte; in dieſer Beziehung iſt die bedeutungsvolle Thatſache hervorzuheben, daß ſich alle elektriſchen Fiſche durch Trägheit auszeichnen. Langſam und ſchwerfällig vollziehen ſich die Bewegungen der gewöhnlich auf dem ſchlammigen Grunde ruhenden Zitterrochen, ſchiebt ſich der Zitteraal durch die undulirende Bauchfloſſe in dem flachen Waſſer dahin; und auch der Nilhecht läßt die lange Rückenfloſſe unduliren, während ſein mit elektriſchen Organen ausgeſtatteter Schwanz der Bewegung verhältnißmäßig wenig nutzbar wird. Die Trägheit der Zitterrochen geht thatſächlich bis zur Erkrankung derſelben; wenigſtens weiß ich mir nicht anders als durch die träge Lebensweiſe zu erklären, daß gerade dieſe Art von einer eigenthümlichen Krankheit befallen wird, bei welcher ſich die Glieder der Bruſtfloſſen nekrotiſch abſtoßen, und der Körper unförmlich anſchwillt, wie es bei der Elephantiaſis des Menſchen der Fall iſt.

Die elektriſchen Fiſche haben es eben nicht mehr nöthig, ſich beſonders um ihr tägliches Brod zu bemühen, der Tiſch iſt für ſie reichlich gedeckt, auch wenn ſie keinen Muskel darum rühren. Die furchtbare Waffe, welche ſich in ihrem Körper herangebildet hat, befähigt ſie zur Bewältigung von Beuteſtücken, wie ſie

ohne ernſten Kampf durch die gewöhnlichen Mittel nicht bezwungen werden könnten. Beiſpielsweiſe ſchnitt ich aus dem Magen einer Torpedo panthera des rothen Meeres, deren Gewicht 420 g betrug, einen noch wohl erhaltenen Fiſch (Pagrus) von 53 g Gewicht! Dabei iſt die Breite der Mundſpalte nur 25 cm, die Breite des verſchlungenen Fiſches aber 48 cm, ſo daß er durch den dehnbaren Kieferapparat, wie bei einer Rieſenſchlange hinabgewürgt worden ſein muß.

Nach Dr. Sachs's Angaben räumen die Tembladores des ſüdlichen Amerika's unwiderſtehlich in den heimiſchen Gewäſſern auf und verſchlingen ebenfalls Alles, was ihre Nähe nicht zu fliehen vermag, bis nur die elektriſchen Fiſche ſelbſt übrig geblieben ſind, da ſie ſich gegenſeitig Nichts anhaben.

Das kleine, nicht dehnbare Mäulchen des Mormyrus würde keinesfalls größere Beute paſſiren laſſen, aber ſehr wohl können kleine Süßwaſſer-Cruſtaceen, Waſſer-Inſekten und Würmer, die flüchtig genug ſind, um dem langſamen Fiſchchen zu entgehen, auch durch einen verhältnißmäßig ſchwachen elektriſchen Schlag zahm gemacht und nach Behagen durch die enge Mundöffnung hinabgeſchlürft werden, ſei es daß die abwärts gebogene Schnauze ſie aus dem Schlamm des Bodens aufliest, ſei es daß der nach oben gerichtete Mund ſolche von ſchwimmenden Gegenſtänden oder Waſſerpflanzen abſtreift.

Gerade der unvollkommenſte, noch zweifelhaft elektriſche Fiſch, das Genus Raja, giebt allerdings keinen plauſibeln Anhalt für die Function des Schwanzorgan's, da die zu ihm gehörigen Arten ganz anſehnliche Beute durch die Macht ihres Gebiſſes und der Kiefermuskeln bewältigen. Andererſeits verlieren ſie aber auch wenig durch den Verluſt der kräftigen Muskelaction ihres Schwanzes, welcher gegenüber den breiten, der Locomotion faſt

ausſchließlich dienenden Bruſtfloſſen nur eine ganz untergeordnete Rolle ſpielt. —

So baut ſich eine ſtattliche Reihe intereſſanter Thatſachen auf, welche harmoniſch zuſammenklingen und auch denjenigen mit unwiderſtehlicher Gewalt zum Verſuch einer allgemein gültigen Deutung zwingen, der die lebendige Beobachtung aus innerſter Ueberzeugung hoch über jedwede Speculation ſtellt. Es handelt ſich darum, was unſere Naturanſchauung, ins Beſondere die Entwickelungslehre, aus den ſoeben angeführten Thatſachen verwerthen kann und in welcher Richtung uns darauf zu gründende Schlußfolgerungen führen? Um dieſen Fragen näher zu treten wird es nothwendig ſein, einige erklärende Bemerkungen vorauf zu ſchicken.

Nur der Enthuſiaſt kann ſich der Ueberzeugung verſchließen daß ſich der Entwickelungslehre, dieſer Theorie, welche man das „Enfant chéri“ unſeres Zeitalters nennen könnte, an vielen Stellen der Naturbetrachtung noch ungeheure Schwierigkeiten entgegenbauen, und häufig genug die blaſſe Phraſe es verſucht unausfüllbare Abgründe zu überbrücken. Unter dieſen Schwierigkeiten iſt ſchon von Darwin ſelbſt den elektriſchen Organen der Fiſche ein hervorragender Platz angewieſen worden und auch Hr. du Bois-Reymond hat wiederholentlich betont, daß die Entſtehung derſelben im Sinne der Selectionstheorie recht bedeutenden Bedenken unterliegt. Dieſe Ueberzeugung der genannten Forſcher baſirt auf dem Gedanken, daß nur ein fertiges Organ Schläge zu ertheilen vermag, nur ein ſolches alſo dem Thier wirklich Nutzen ſchaffen kann, und ein ſich bildendes als unnütz ſomit nicht Gegenſtand der natürlichen Zuchtwahl werden könne.

Ich geſtehe, daß ich auch ohne unſere neueren Fortſchritte in der Erkenntniß der elektriſchen Organe in Rechnung zu ſtellen,

die Schwierigkeit der Erklärung hier nicht größer fand als leider an vielen andern Stellen der organiſchen Natur, wo ſich Einrichtungen von wunderbarer Pracht und Zierlichkeit finden, deren Nutzen für das Individuum mehr als zweifelhaft iſt. Häufig genug erſcheinen ſolche eigenthümliche Gaben der Natur den Organismen als wahre Danaergeſchenke verliehen, welche ihnen leicht zu Schaden und Untergang gereichen; oder ſie ſind läſtige Anhänge, welche beſten Falles als indifferent für das Individuum betrachtet werden können. Man erkläre doch den Nutzen jener ſonderbaren Schnüre an dem wurmförmigen Körper einer Chirodota, welche mit Tauſenden mikroſkopiſcher Rädchen behängt ſind, oder der für den ſchleimigen Körper übergewaltigen Kieſelgerüſte mancher Radiolarien, welche hier als Andreaskreuze, dort als Ordensſterne und Sonnen ſich ausbilden, während andere unter gleichen Bedingungen lebende Verwandte derſelben Nichts davon zeigen! Wenn Anlockungsfärbung Nutzen ſchafft, ſo iſt damit noch nicht begreiflich gemacht, warum Zeichnung und Färbung von Tauſenden der Arten von Gliederfüßern ſtreng durchgeführte Muſter aufweiſen, welche nach beſtimmten Vorbildern conſtruirt ſcheinen und in ihrem gefährlichen Glanz auch die Feinde des Trägers derſelben aus weiter Ferne herbeilocken. Häufig enthüllt erſt das Mikroſkop die volle Schönheit und Regelmäßigkeit der Muſter und doch ſollen ſie, niedrig organiſirten Sinnen zu gefallen, in ihrer wunderbaren Pracht organiſirt worden ſein! Durch ſolche Betrachtungen hat ſich bei mir die Ueberzeugung ausgebildet, daß es unberechtigt iſt, zur Erklärung ſolcher Bildungen den Begriff „Nutzen" in dem engen, vom Menſchen gebildeten Sinne zu verwerthen, ſondern daß die Bildungs- und Wachsthumsgeſetze der Natur noch anderen, beſtimmenden Momenten gehorchen als allein dem Nutzen nach

grober, menſchlicher Anſchauung, ebenſo wie etwa unſere menſchliche Moral im Getriebe der organiſirten Welt auch nur eine untergeordnete Rolle ſpielt.

Wenn in der Entwickelung aus einer Zelle zunächſt durch Theilung zwei werden, ſo iſt es nicht der Nutzen, welcher die Zelle veranlaßt ſich zu theilen, ſondern das der Zelle zukommende Wachsthum über die natürliche Grenzen veranlaßt ſie zur Vermehrung; auch als einzelne Zelle könnte ſie ja, wie Millionen ihrer Schickſalsſchweſtern lehren, die nie über dies Stadium hinaus gelangen, eine ganz erträgliche Exiſtenz führen; bilden ſich ſo aus dem Elementarorganismus durch weiter gehende Zellvermehrung Zellhaufen, ohne daß ein Vortheil im Kampf um's Daſein dazu die Veranlaſſung zu ſein brauchte, ſo muß es auch als möglich zugegeben werden, daß durch ungleichmäßige Zellwucherung indifferente Anhänge entſtehen. Durch eigenthümliche Ernährungs- und Wachsthums-Verhältniſſe des Organismus höherer Ordnung mag ſich gelegentlich eine ſo abweichende Wucherung herausbilden, daß dieſelbe mit einem trivialen Namen als Auswuchs bezeichnet werden und dem Mutterorganismus zum läſtigen Ballaſt gereichen könnte. Während nun manche der indifferenten Anhänge als Ruder, Kiemen u. ſ. w. Nutzen im Sinne des Menſchen ſchaffen und ſo Gegenſtand der natürlichen Zuchtwahl werden, wodurch damit begabte Arten vor den übrigen einen unleugbaren Vortheil im Kampf um's Daſein gewinnen, iſt andererſeits doch nicht ausgeſchloſſen, daß die Wachsthumsvorgänge auch fernerhin indifferente, oder im menſchlichen Sinne ſelbſt ſchädliche Wucherungen entſtehen laſſen können, wenn nur das Daſein der Art dadurch nicht allzu ſchwer bedroht wird. So wartet das menſchliche Geſchlecht ungezählte Jahrtauſende ſchmerz-

lich auf das Verſchwinden des ſogenannten wurmförmigen Fortſatzes an unſerem Darmkanal, der Vielen Urſache eines vorzeitigen Todes wird.

Dieſe mannigfachen, noch unergründeten Beziehungen der einzelnen Theile eines Organismus höherer Ordnung zu einander und des Geſammtorganismus zu ſeiner Umgebung, welche von Cuvier als die Geſetze der Correlation bezeichnet wurden, haben, wie Darwin[11]) ſelbſt ausführte, mit der natürlichen Zuchtwahl und dem dieſe beherrſchenden Nutzen direkt Nichts zu ſchaffen; ihre Bedeutung wurde aber von ihm, eben weil ſie ſeiner Lieblingstheorie fremd waren, unterſchätzt. Als üble Folge dieſer Einſeitigkeit ergeben ſich dann verfehlte Verſuche Merkmale der Organismen als Errungenſchaften der natürlichen Zuchtwahl nach den Principien des menſchlichen Begriffes „Nutzen" zu erklären, welche nur unter dem Geſichtspunkt der Correlation verſtändlich werden dürften. So ſind nun und nimmermehr die rieſenhaften, hörnerähnlichen Anhänge des männlichen Kopfes und Bruſtſchildes vieler Käferarten Waffen, welche die Thiere nützlich verwerthen könnten; ſelbſt bei den Hirſchen und Rehen ſpielen ſie als Waffen nur eine untergeordnete Rolle, und ſind gerade die ſtärkſten und ſchwerſten Geweihe den Thieren recht läſtig, während der einfache Spieß des jugendlichen Männchens, kräftig geführt, unſtreitig die gewaltigſte Wirkung hätte. Bekämpft doch die Oryx-Antilope Afrika's ſelbſt den Löwen ihrer heimathlichen Steppen mit Erfolg durch die einfachen, ſanft gebogenen Spieße auf ihrem Kopfe! Gerade hier bei den geweihtragenden Thieren gewinnen wir aber einen Einblick in die Entſtehung der wunderbaren Bildung unter Berückſichtigung der Correlation, in welcher die Geweihwucherung mit der regelmäßigen Periode der Geſchlechtsfunctionen als zeitweiſe Ableitung

der Säfte ſteht und ſehen monſtröſe Geweihe entſtehen, wenn eine Verletzung der Genitalorgane deren Function ſtört.

Dieſe noch räthſelhafte Abhängigkeit der Organe von einander liegt im Organismus ſo tief begründet wie ſeine Entwickelungsfähigkeit überhaupt und ruht unzweifelhaft auf phyſiologiſcher Baſis. So lange die Richtung, welche dieſe Entwickelung nimmt, das Individuum nicht in unlösbaren Widerſpruch mit ſeinen Exiſtenzbedingungen ſetzt, wird es dieſelbe fortſetzen können, auch wenn die Reſultate der Entwickelung ihm nicht in allen Theilen vortheilhaft ſind. Gewiß ſind innere, zwingende Gründe vorhanden, daß die Syſteme des Körpers ſich in ihrem Wachsthum und Entwickelung auf einander einrichten, daß ſie ſich den Verhältniſſen ihrer Umgebung anpaſſen, und die Fortbildung der Art beweiſt, daß dieſe Gründe im allgemeinen Haushalt der Natur nicht unzweckmäßig wirken. Damit iſt aber noch nicht bewieſen, daß der Nutzen das allein leitende Princip iſt und die darauf baſirte natürliche Zuchtwahl allein die Umgeſtaltung leitet. Können doch für das Individuum poſitiv ſchädliche Einrichtungen ſich mit der allgemeinen Zweckmäßigkeit der Natur ſehr wohl vertragen; denn auch aus dem Tode blüht neues Leben. Ich erinnere nur an den ſicheren Untergang der Männchen vieler niederen Thiere durch die Begattung, der Weibchen durch die Entwickelung der Brut; vielleicht bleibt uns der wurmförmige Fortſatz auch, um einen nothwendigen Vertilgungsfactor gegen die zu ſchnelle und ſtarke Ausbreitung des Menſchengeſchlechtes zu geben. Die Geſetze der Correlation ſind unabhängig von der natürlichen Zuchtwahl Darwin's, aber ebenſo wie Lebensweiſe und Klima mächtige Factoren für die Umgeſtaltung der Arten. —

Der geehrte Leſer möge dieſe kleine Abweichung vom Thema

verzeihen, da dieſelbe zum Verſtändniß des Nachfolgenden unerläßlich ſchien. Gerade in der Organiſation der elektriſchen Fiſche iſt nämlich das Walten der Correlation zwiſchen den verſchiedenen Organen ein höchſt merkwürdiges, und würde ich nie zugeben können, daß z. B. der elektriſche Roche, abgeſehen von ſeinen elektriſchen Organen, „ein ganz gewöhnlicher Roche“ ſei. Nur bei den elektriſchen Rochen verlängern ſich die Knorpel des Schultergerüſtes und lehnen ſich an entſprechende Verlängerungen der Kopfknorpel, um einen feſten Rahmen für die zarten, elektriſchen Organe zu bilden; die Bruſtfloſſen reduciren ſich im Vergleich mit anderen Rochen etwa bis auf die Hälfte ihrer Breite, die Mundſpalte verengt ſich; die Zähne bilden ſich zurück, bis ſie bei manchen Gattungen, z. B. Narcine, nur noch eine bandförmige rauhe Bekleidung der Kiefer darſtellen; das Nervenſyſtem entwickelt beſtimmte Centren peripheriſcher Nerven zu elektriſchen Lappen: Alles dies ſind Zeichen des allmählichen Schaffens der Correlation zwiſchen den Organen, deren Reſultat die vollendete Form iſt, wie ſie uns als Zitterrochen vorliegt. Wir können nun, auf die gewonnenen Thatſachen geſtützt, verſuchen, einen Einblick in die geheimnißvolle Werkſtätte der Natur zu thun, und das Werden der elektriſchen Fiſche wenigſtens aus beſcheidener Ferne zu belauſchen.

Als Ausgangspunkt bietet ſich plauſibel genug die Annahme dar, daß beſtimmte Fiſche die Anlage zu einer eigenthümlichen Umformung ihres Muskelſyſtems in ſich tragen, ſo daß die Muskeln unter Verluſt ihrer contractilen Subſtanz und ſomit ihrer eigentlichen Function unter Quellungserſcheinungen in einen Zuſtand übergeführt werden, wo eine neue Ordnung der beweglich werdenden kleinſten Theilchen möglich iſt. Ob dann die beginnende Umformung die Fiſche zu träger Lebensweiſe veranlaßt,

oder umgekehrt das Verſinken in träge Lebensweiſe die Umformung einleitet? iſt der Natur der Sache nach nicht wohl feſtzuſtellen, und für die vorliegende Frage kaum von Bedeutung.

Die langen undulirenden Floſſen, welche von Floſſenträgermuskeln, dem Hautſyſtem und nicht der Skeletmuskulatur zugehörig, bewegt werden, treten an Stelle der kräftigen Action durch die mächtige Schwanzmuskulatur anderer Fiſche. So iſt es bei dem Gymnotus der Fall, bei Mormyrus, bei den Rochen; gerade bei den Letzteren iſt auch in den nichtelektriſchen Arten wie Myliobatis, Trygon der Schwanz als Bewegungsorgan faſt gänzlich aufgegeben und hängt peitſchenartig, ein „nutzloſes" Glied an dem durch mächtige Bruſtfloſſen bewegten Körper. Hier iſt alſo vortreffliches Material vorhanden, um Theile, die durch Nichtgebrauch der Entartung verfallen, in anderer Weiſe wieder nutzbar zu machen; jedenfalls iſt die ſo entſtehende Schwächung der Muskelaction für die Thiere kein hinreichender Grund im Kampf um's Daſein zu unterliegen, wie ein Blick auf die florirenden Genera Myliobatis, Trygon ꝛc. zeigt.

Die Beobachtungen haben ferner gezeigt, daß bei den eintretenden Quellungsvorgängen in den Muskeln die zugehörigen Nerven nicht zu Grunde gehen, ſondern daß im Gegentheil ihre Endigungen, plattenförmig ausgebreitet, im Vergleich mit dem normalen Muskel eine enorme Mächtigkeit erlangen und dieſe Mächtigkeit ſich auf die Stämme ſelbſt und die centralen Urſprungſtätten der Nerven fortſetzt.

Wir wiſſen nun außerdem durch die bahnbrechenden Unterſuchungen des Hrn. du Bois-Reymond, daß ſich im lebenden Muskel und Nerven nachweisbare elektriſche Ströme entwickeln, welche bei der Wirkung von Nerv auf Muskel beſtimmten Mo-

dificationen unterliegen. Für die elektriſchen Organe nun finden wir die Contactflächen der Nerven mit dem modificirten Endapparat außerordentlich vermehrt, eine Steigerung der durch das Nervenprincip hervorgerufenen elektriſchen Wirkung in denſelben erſcheint daher begreiflich, wie auch immer dieſelbe phyſikaliſch zu Stande kommen mag. Nehmen wir nun an, daß ein Fiſch, an welchem die beginnende Muskelumformung einen gewiſſen Grad erreicht hat, in recht ausgeruhtem Zuſtande unter ſonſt günſtigen Umſtänden plötzlich von einem nahenden Feind irritirt wird oder eine nahende Beute bemerkt, ſo wird es denkbar, daß er, energiſch ſein Muskelſyſtem innervirend, in dem modificirten Theil Ströme hervorruft, welche ſtark genug ſind, um nach Außen fühlbar zu werden.

Wird dadurch anfänglich auch nur ein ſchwacher Effekt durch Erſchrecken des Feindes oder der Beute erreicht, ſo kann ſich doch auf dieſe Weiſe der Fiſch der in ihm ſchlummernden Kraft ſoweit bewußt werden, daß er allmählich ſchlagen lernt, wie beiſpielsweiſe ſelbſt im Menſchen die Fähigkeit zu beſtimmten Kraftäußerungen und eigenthümlich combinirten Bewegungen ſchlummert, die nach der Erkenntniß der Möglichkeit ausgebildet werden können.

Iſt ein elektriſcher Fiſch, der in ſolchem Stadium den ſogenannten unvollkommen elektriſchen entſprechen würde, ſoweit in ſeiner Organentwickelung gelangt, ſo wird ſich nunmehr allerdings für ihn auch ein Vortheil im Kampf um's Daſein aus ſolchem Functionswechſel von Muskel in Organ ergeben; die natürliche Zuchtwahl kann ſich des erlangten Vortheils bemächtigen und ihn accumulirend in langer Reihe von Generationen zu einer erſtaunlichen Höhe der Vollkommenheit bringen, während

ſich auch die nicht direkt betheiligten Syſteme des Körpers ebenfalls correlativ umbilden werden.

Es ſchwächt alsdann die Natur in ſteigendem Verhältniß die gewöhnlichen, urſprünglichen Waffen der Arten, welche ſie in ihrer Muskelaction und den Beißwerkzeugen führten, um eine andere, ſoviel furchtbarere Waffe, die Elektricität, an die Stelle derſelben zu ſetzen.

Doch wir haben, wie es ſcheint, ein wichtiges Thier, den Donnerer des Nils, gemeinhin Zitterwels genannt, in unſerer Darſtellung völlig vergeſſen! — Nicht ſo ganz, nur ſcheint es unabweisbar, ihm eine beſondere Stellung einzuräumen.

Der Zitterwels (Malopterurus electricus, Fig. 6) iſt nach ſeinem Aeußern ein gar ſtattlicher Herr, wie das Pfäfflein der Bürgerſchen Ballade; ſein Bäuchlein rundet ſich gewaltig, und ſelbſt bis an Stirn und Auge dehnt ſich die ſpeckige Schwarte, die den Fiſch umhüllt. Um das Maul ordnen ſich die wurmförmigen, lockenden Anhänge, mit denen er wie die anderen gefräßigen Verwandten die Beute ködert. Aber während die übrigen Welſe den weit geſpaltenen Rachen des Raubfiſches zeigen, thut dieſer Duckmäuſer, als wäre er der friedlichſte Bewohner dieſer Welt, der das mit kleinen Zähnen bewaffnete Maul kaum zu öffnen wagte. Wie die bereits beſprochenen Elektriker hält auch der Zitterwels nicht viel von körperlicher Anſtrengung, er liegt ruhig verſteckt in Löchern des ſchlammigen Ufers, unter Steinen und zufällig ins Waſſer geworfenen Gegenſtänden, bis ihm ſein tägliches Brot beſcheert wird. Was wird er ſich unnöthig in Mühe und Aufregung ſtürzen! Die mächtigen Bannſtrahlen, welche der Fiſch nach allen Seiten auszuſenden verſteht, wirken vernichtend auf die lebenden Weſen, gegen die ſein Zorn ſich wen-

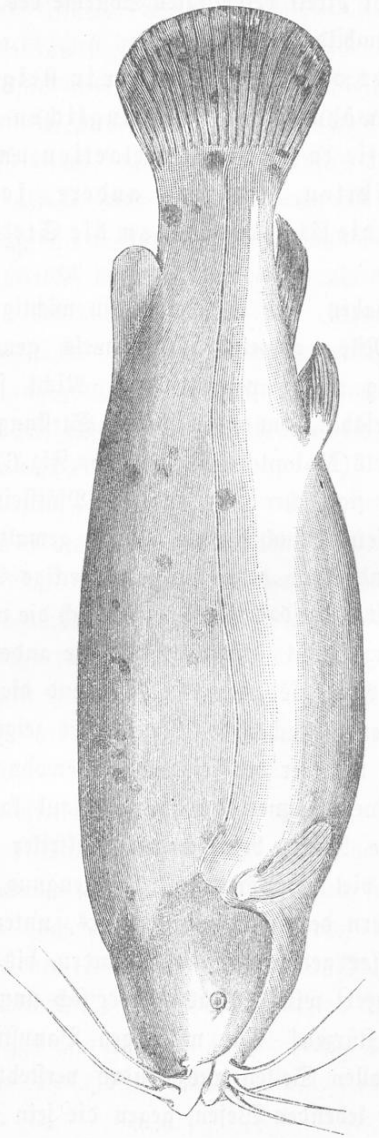


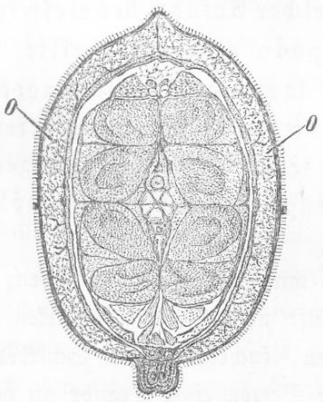
Fig. 6.

Malopterurus electricus. (Zitterwels.) Seitenansicht.

det, und bringen ſie mühelos in ſeine Gewalt. Ein nur 14 cm langer Zitterwels, der von ſeinem Beſitzer unvorſichtiger Weiſe in ein von zahlreichen Fiſchen bevölkertes Zimmer-Aquarium geſetzt wurde, tödtete ſofort ſeine ſämmtlichen Mitgefangenen, Groß und Klein. Die Rückenfloſſe des Zitterwelſes iſt in eine Fettfloſſe verwandelt, die Bruſt- und Bauchfloſſen ſind nur von geringer Größe; eine kleine Afterfloſſe und ein nur mäßig entwickelter Schwanz vervollſtändigen den offenbar ſchwächlichen Bewegungsapparat.

Wodurch das behäbige, wohlgenährte Ausſehen des Fiſches hervorgerufen wird, läßt ſich durch die Betrachtung des Querſchnittes (Fig. 7) leicht feſtſtellen; derſelbe lehrt, daß der Geſammt-

Fig. 7.



Senkrechter Durchſchnitt des Schwanzes von Malopterurus electricus.

rumpfd es Thieres äußerſt locker in eine Art von Futteral eingefügt iſt, welches aus einer gallertigen Maſſe von beträchtlicher Dicke und durchſcheinender, hell graugelblicher Farbe beſteht, die

feſt und unzertrennlich mit der Haut verbunden iſt, während gegen die Unterlage eine ſehnige Schicht den Abſchluß bildet. Da letztere nur durch ein ſchleimiges, flockiges Gewebe, die ſogenannte Rudolphi'ſche Haut, mit den tieferen Theilen verbunden iſt, ſo zieht ſich die ganze ſpeckige Schwarte ſehr leicht von dem Fiſch ab und ſchlüpfen querdurchſchnittene Stücke häufig von ſelbſt aus der Umhüllung.

Schon das äußere Anſehen würde, wenn man die anderen elektriſchen Fiſche vergleicht, die Ueberzeugung erwecken, daß es gerade dieſe der Haut anhaftende gallertige Subſtanz iſt, welche die Trägerin der elektriſchen Kraft abgiebt, und dieſe Vermuthung wird durch das nähere Unterſuchen derſelben zur Gewißheit. Aber ein Hauptunterſchied von den bereits betrachteten elektriſchen Organen fällt ſofort in die Augen: es fehlt dem Zitterwelsorgan irgend welcher Aufbau der elektriſchen Elemente, wie er bei Torpedo als hochgeſtellte, bei Gymnotus als horizontal lagernde Säulenanordnung ſich bemerkbar macht, wie ihn die ſchräge Plattenſtellungen des Mormyrus und ſelbſt die reihenförmigen Anordnungen der abgeplatteten Klümpchen beim gewöhnlichen Rochen erkennen laſſen.

Hier müſſen wir, um mehr zu ſehen, unmittelbar das Mikroſkop zur Hülfe nehmen, und bemerken alsdann, daß die Maſſe aus flachen, kuchenförmigen Scheiben zuſammengeſetzt iſt, welche wie die Beeren einer Traube an den Verzweigungen ines mächtigen Nerven hängen, der an beiden Seiten des Körpers unter dem Organ vom Nacken her nach hinten zieht. Die flachen Kuchen drängen ſich in ungeheurer Zahl, quer zur Hauptaxe des Fiſches geordnet, aneinander und zeigen im mikroſkopiſchen Bilde in ſofern eine Art von Aufbau, als die einzelnen

Kuchen ſich um den halben Durchmeſſer gegen einander verſchieben; nur bei alten Thieren iſt eine bindegewebige Zwiſchenſubſtanz deutlich entwickelt, welche Fächer in Geſtalt von niedrigen Doppelpyramiden für die elektriſchen Scheiben darſtellt, auf dem Querſchnitt alſo wegen der durchſchnittenen Fächer eine rautenförmige Zeichnung erkennen läßt.

In der That ſcheint dieſe Anordnung überhaupt nur ein möglichſt dichtes Deplacement der Elemente ſowie eine Erleichterung des Zutritts der Nervenverzweigungen zu den einzelnen Scheiben zu bezwecken. Dieſe fügen ſich nämlich an ſtielähnliche Verlängerungen der elektriſchen Scheiben, etwa wie die Ranke an den dünnen Hals eines unten platten Flaſchenkürbiſſes, und drängen ſich von hinten her zwiſchen den Rändern benachbarter Scheiben hindurch, um den Stiel der davor liegenden zu erreichen; hier verbindet ſich nun die nervöſe Faſer ohne deutliche Grenze mit der feinkörnigen, kernhaltigen Inhaltsmaſſe der Scheiben, die ſich durch ſtärkere Anhäufung um den Stielanſatz in der Mitte kraterartig wulſtet.

Höchſt merkwürdig iſt auch der Urſprung und Verlauf des zugehörigen Nerven der Organe; denn dieſer, obgleich von erheblicher Dicke, ſtellt in der That eine einzige Faſer dar, welche unter fortgeſetzter, unendlich oft ſich wiederholender Theilung doch nicht weſentlich ſchwächer wird, ſondern dabei ſtets an Ausdehnung im Geſammtquerſchnitt aller Aeſte gewinnt. Die eine Faſer kommt auch von einem einzigen Centralurſprung, d. h. einer, allerdings koloſſal großen Ganglienzelle, welche im oberſten Theil des Rückenmarks ihren Sitz hat.

Iſt ſo der Sitz, die Ausbildung, Anordnung der Elemente, Art der Innervation, und der zugehörige centrale Urſprung durchaus verſchieden von allen bisher beſprochenen elektriſchen

Organen, erübrigt es nur noch zu betonen, daß auch die Function derſelben principielle Unterſchiede zeigt, um aus vollſter Ueberzeugung erklären zu dürfen: Die elektriſchen Organe des Zitterwelſes ſind auf einem anderen Boden gewachſen als die übrigen als muskuläre Organe bezeichneten.

Die principiellen Unterſchiede der Function beruhen nämlich darauf, daß ſonſt bei den elektriſchen Organen der Strom ſtets von der Seite des Nervenanſatzes an das Element durch daſſelbe weiter aufſteigt, alſo an denjenigen des Zitterrochen vom Bauch zum Rücken, des Gymnotus vom Schwanz gegen das Kopfende; der Rücken, beziehungsweiſe der Kopf ſich ſomit poſitiv gegen den Bauch oder den Schwanz verhält (Pacini'ſche Regel). Der Zitterwels übernimmt es in dieſem Falle das Sprichwort zu bewahrheiten, daß keine Regel ohne Ausnahme ſei; denn obwohl bei ihm (wie bei Gymnotus) die Nervenäſtchen von der Schwanzſeite zu den Elementen treten, verläuft der Strom hier im Organ gegen die Nervenanſätze gerichtet, alſo vom Kopf zum Schwanz, welcher letzterer daher das poſitive Zeichen zu beanſpruchen hat.

Wenn es nun aber beim Zitterwels keine Muskeln ſind, die das Material zum Aufbau der elektriſchen Organe herzugeben hatten, wenn ſelbſt der ſogenannte Hautmuskelſchlauch der Fiſche ſich unverſehrt unter ſeinem Organ vorfindet, was bleibt denn noch zur Verfügung, um ſich in entſprechender Weiſe verwandeln zu laſſen?

Auch hier bieten ſich phyſiologiſche Thatſachen dar, welche die Fingerzeige für die zukünftige Löſung des noch in vieler Beziehung dunklen Problem's an die Hand geben. Außer den Muskeln und Nerven ſind es die Drüſen, in denen elektromotoriſche Kräfte thätig werden; finden ſich keine Muskeln in der Haut, welche die Unterlage oder den Ausgangspunkt für die elektriſchen

Organe abgeben konnten, ſo werden es alſo vielleicht Drüſen geweſen ſein.

In der That fehlen nun aber der Haut des Zitterwelſes nicht nur die Muskeln, ſondern auch die Drüſen, wie ſolche in der Haut höherer Wirbelthierklaſſen ſtark entwickelt ſind; dagegen iſt die Haut mit einem erſtaunlichen Reichthum einzeln ſtehender, drüſiger Zellen ausgeſtattet. Daß dieſe einzelnen, eigenthümlich entwickelten großen Zellen der Fiſchhaut einzelligen Hautdrüſen der Amphibien gleichwerthig zu erachten ſind, darüber ſind die meiſten vergleichenden Anatomen einig, und da ſelbſt der mikroſkopiſche Bau zwiſchen dieſen ſogenannten Schleimzellen und den elektriſchen Elementen bedeutende Punkte der Vergleichung darbietet, muß ich in ihnen den Ausgangspunkt der ſich bildenden elektriſchen Organe vermuthen. Werden die Schleimzellen als drüſenartig oder „adenoid" bezeichnet, ſo darf man auch die Organe, welche ihnen ihre Entſtehung verdanken, mit dem gleichen Namen belegen. Die Unterſuchungen führen alſo dazu den muskulären elektriſchen Organen eine zweite Kategorie als adenoide elektriſche Organe an die Seite zu ſtellen.

Auch hier drängt ſich wieder alsbald die berechtigte Frage in den Vordergrund: Wie findet man die Verhältniſſe bei dem ſich entwickelnden Zitterwels? Und wieder muß mit Betrübniß im lieben Gemüthe eingeſtanden werden, daß noch kein Forſcher ſo glücklich war, ſeine Hand an die ſich entwickelnde Brut des Fiſches zu legen. Da dies großer Wahrſcheinlichkeit nach auch nicht zu bald gelingen dürfte, ſo möge es vergönnt ſein, ſich davon ein Bild zu machen, wie die Theile an dem foetalen Zitterwels etwa ausſehen werden — natürlich: Irrthum vorbehalten!

Ich habe durch die Unterſuchung jugendlicher Organe des Fiſches die Ueberzeugung gewonnen, daß die Erwartungen, welche man auf die zukünftige Unterſuchung der noch zu findenden Brut ſetzt, in mancher Beziehung getäuſcht werden dürften, d. h. das Mikroſkop wird Bilder von erſtaunlicher Einfachheit aufweiſen. Sind ſchon beim jugendlichen Zitterwels die elektriſchen Elemente nur gleichſam locker an einander gepackt, ſo wird dies beim Embryo noch ausgeſprochener der Fall ſein; die Elemente werden ſich denen des erwachſenen Fiſches immer unähnlicher zeigen bis zu einem Stadium, wo die tiefer in den Hautſchichten befindlichen Zelllagen, welche elektriſche Elemente werden ſollen, ſich allein durch die beginnende Abgrenzung gegen die oberflächlichen Zellen, etwas bedeutendere Größe, lebhafte Kernvermehrung und beginnende Abplattung von letzteren unterſcheiden laſſen.

Da das in der Lederhaut ſtärkere Bindegewebe, welches ſich beim entwickelten Organ wie eine feſte Barrière zwiſchen die elektriſchen Elemente und epithelialen Lagen der Haut einſchaltet, überhaupt erſt ſpät zu ſtärkerer Ausbildung kommt, ſo darf es nicht Wunder nehmen, wenn man es dereinſt beim Embryo faſt gänzlich vermißt. Die zu elektriſchen Rieſenzellen werdenden Elemente haben ſich in ſolchem Entwickelungsſtadium von ihren Verwandten, den ſpäteren Schleimzellen noch kaum losgeſagt, und kein trennendes Glied ſchiebt ſich zwiſchen beide Anlagen ein. Ihre tiefe Lage mag ſchon genügen, um ſie ihrer urſprünglichen Function zu entfremden und der Umwandlung verfallen zu laſſen; ſind doch die oberflächlichen noch reichlich genug bemeſſen! Die Einſchaltung der bindegewebigen Züge zwiſchen die nunmehr abweichenden Zielen zuſtrebenden Elemente muß dieſelben auch unter beſondere Ernährungsverhältniſſe bringen und mag die

progreſſive Fortbildung der abgeſonderten zu einer hypertrophiſchen Zellform erleichtern. Damit geht alsdann die Entwickelung der zugehörigen Nervenäſtchen in ihrer bemerkenswerthen Reichhaltigkeit einher und verſieht die elektriſchen Elemente ſo kräftig, daß die Wirkung der elektriſchen Schläge ſich ſchon an jungen Thieren recht deutlich bemerkbar macht.

Wenn bereits oben bei Beſprechung der Zitterrochen-Organe die Vergleichung der elektriſchen Säulen mit Volta'ſchen Säulen trotz der verlockenden Aehnlichkeit des Bildes (zumal die Organplatten bei der mikroſkopiſchen Unterſuchung ſich aus zwei Schichten, einer unteren nervöſen und oberen bindegewebigen, zuſammengeſetzt erweiſen) als trügeriſch zurückgewieſen wurde, ſo verliert ſolche Vergleichung beim Zitterwels erſt recht jeden Halt.

Hier findet ſich, ſoviel wir wiſſen, nur einerlei Subſtanz, die feinkörnige, mit Sternzellen durchſetzte Maſſe der elektriſchen Scheiben, allſeitig umgrenzt von einer wahrſcheinlich poröſen Grenzſchicht; beim Zitteraal iſt alſo eine Volta'ſche Säule ſicherlich nicht ohne Weiteres erkennbar, und man muß ſuchen auf andere Weiſe der Sache näher zu kommen, um Einblicke in das geheimnißvolle Gebiet zu gewinnen, wo es ſich um die zweite ſo hochwichtige Frage, nach der Wirkung des Nerven auf die Endorgane und die Beziehung dieſer Wirkung zur freiwerdenden Elektricität handelt.

Sind es alſo nicht zweierlei durch die optiſche Unterſuchung unmittelbar feſtzuſtellende Subſtanzen, welche in den Organen als Elektromotoren wirken, ſo iſt doch damit nicht geſagt, das Princip der Volta'ſchen Säule ſei überhaupt unanwendbar, wo es ſich um eine Erklärung für das Zuſtandekommen des elektriſchen Schlages durch den Willensimpuls des Thieres handelt. Die phyſikaliſchen Grundlagen dieſer Theorien, ge-

meinhin „Entladungstheorien", zu erörtern, würde dem Zweck dieſer Blätter nicht entſprechen, zumal eine Einigung darüber, welche derſelben die Thatſachen am beſten erklärt, bisher nicht erzielt werden konnte. Soviel läßt ſich aber gewiß vertreten, daß, wenn eine gröbere Anordnung elektromotoriſcher Gegenſätze im Organ nicht nachzuweiſen iſt, ſehr wahrſcheinlich eine feinere derartige Anordnung vorhanden ſein wird, welche nach ähnlichen phyſikaliſchen Geſetzen wirkt, wie es die gewöhnliche, experimentell feſtgeſtellte im künſtlichen Apparat leiſtet.

Als einen bildlichen Ausdruck ſolcher feineren elektromotoriſchen Anordnung hat Hr. du Bois-Reymond im Nerv und Muskel wie im elektriſchen Organ kleinſte Körperchen angenommen, welche die elektriſchen Gegenſätze in polarer Vereinigung enthalten, alſo, wie man es nennt, dipolar ſind. Lange Reihen mühſamſter und ſorgfältigſter Beobachtungen haben ihm den Beweis geliefert, daß die Thatſachen ſich mit dieſer Annahme in erfreulicher Weiſe decken, und haben ſomit die Berechtigung geſchaffen, auf derſelben weiter zu bauen, „wenn auch noch Niemand dieſe dipolaren Molekeln geſehen hat," ſo wenig wie die elektriſchen Molekeln von Ampère im Magnet!

Es iſt ferner unzweifelhaft und ebenfalls durch zahlreiche Thatſachen zu begründen, daß die kleinſten Theilchen gerade in den elektriſchen Organen unter dem eigenthümlichen, mit der Entwickelung verbundenen Quellungsvorgang eine hochgradige Fähigkeit bekommen müſſen, ſich in beſonderer Weiſe zu ordnen; denn ſelbſt der gröbere, am entwickelten Organ kenntlich werdende Aufbau zeigt eine neue, der urſprünglichen (muskulären) fremde Ordnung der Elemente.

Wenn wir auch nicht hoffen dürfen, die morphologiſchen Charaktere der dipolaren Molekeln zu ergründen, ſo fehlt es

doch nicht an Beobachtungen hiſtologiſcher Natur, welche auf eigenthümliche Gruppirungen kleinſter Theilchen in den feſtweichen Subſtanzen der elektriſchen Organe hinweiſen.

Darin iſt beſonders die mikroſkopiſche Unterſuchung des mächtigen Organs vom amerikaniſchen Gymnotus lehrreich. Die quer zur Längsaxe des Körpers geſtellten, bandförmigen Platten ſind hier verhältnißmäßig dicklich, und ſo gelingt es an Durchſchnitten gut conſervirter Platten in dem der Nervenausbreitung zugewendeten Theil äußerſt zarte Anordnungen kleinſter Körperchen in längs geſtellten Reihen zu bemerken. Eine regelmäßig zu beobachtende Längsreihe von etwas gröberem Anſehen zieht ſich durch die Mitte hornartiger Verlängerungen der Platte, welche die zutretenden Nerven zu tragen haben.

Eine ganz ähnliche Körnchenſchnur findet ſich auch im Stiel der elektriſchen Scheiben des Zitterwelſes, wo ſie bereits von Hrn. Babuchin geſehen wurde.

Wenn nun ſelbſt bei dem lebendigen, contractionsfähigen Muskel die meiſten neueren Autoren darüber einig ſind, daß die contractile Subſtanz ſich in einem ſo weichen, veränderlichen Aggregatzuſtand befindet, um im Moment ſich vollziehende Umlagerungen der Subſtanzen deſſelben zu erlauben, wo liegt nun wohl die Schwierigkeit, die der Annahme entgegen ſtände, daß die nachgewieſenen, elektriſchen Ströme auf die kleinſten Theilchen ſolcher Organe eine richtende Wirkung ausüben? Der leitende Theil der lebenden Nervenfaſer, ein zarter Strang im Innern derſelben, Axencylinder genannt, iſt jedenfalls auch von ſehr weicher Beſchaffenheit.

Hrn. du Bois-Reymond folgend, kommen wir durch dieſe Annahme zu der Vorſtellung, daß der auf die verhältnißmäßig ungeheure Endausbreitung der Nerven im elektriſchen

Organ übertragene Willensimpuls plötzlich die vorher ſich gegenſeitig im Gleichgewicht haltenden dipolaren Molekeln einſeitig richtet und ſo durch ſich ſummirende Wirkung der nach einerlei Seite gewendeten, gleichnamigen (poſitiven) Pole in gleicher Richtung einen nach Außen wirkſamen Strom von entſprechender Stärke entſtehen laſſe.

Wie dem auch ſei, jedenfalls iſt die Thatſache, daß die beſondere Entwickelung eines früher muskulöſen Gewebes unter Verluſt der Contractionsfähigkeit eine enorm geſteigerte elektriſche Leiſtung aufzuweiſen hat, von weittragender, allgemeiner Bedeutung. Wie der Nerv im Muskel Contraction hervorruft, ſo bewirkt er in der Drüſe Secretion, gleichfalls unter elektromotoriſchen Erſcheinungen; ſind in der Drüſe keine plattenförmigen, nervöſen Endorgane vorhanden wie im Muskel, ſondern iſt eine einfachere Form der Endigung ausgebildet, ſo gilt das Gleiche auch von den elektriſchen Elementen des Zitterwelſes im Vergleich mit Gymnotus und Torpedo. Doch iſt die feinkörnige, feſtweiche Subſtanz, welche der elektromotoriſchen Kraft die Ausbreitung in die Fläche verſchafft, hier ebenfalls ſtark entwickelt. Es mag alſo beim Zitterwels der Nervenimpuls als elektriſcher Schlag ſich geltend machen, der ſonſt zur Schleimſecretion anregte, wenn er nichtumgewandelte Schleimzellen elektriſch reizte.

Die Richtigkeit der eben entwickelten Theorie vorausgeſetzt, hätte ſomit das Studium der elektriſchen Fiſche auch in der Frage nach der geheimnißvollen Wirkung des Nerven auf ſeine Endorgane uns überraſchende Aufſchlüſſe verſchafft. Wer möchte leugnen, daß noch zahlreiche dunkle Punkte aufzuhellen ſind, ehe es gelingt, dieſe Theorie zur vollgültigen Thatſache zu erheben; aber es iſt gewiß ſchon ein Gewinn, daß feſtgeſtellt wurde,

eine wie active Rolle die Elektricität als ſolche im thieriſchen Organismus ſpielt, und daß die unzweifelhaft mit den Lebensvorgängen ablaufenden elektriſchen Erſcheinungen nicht nur eine untergeordnete Bedeutung als unvermeidliche Nebenwirkungen ſolcher Vorgänge zu beanſpruchen haben. —

Unter den mancherlei ungelöſten Problemen, welche ſich dem Forſcher bei dem Studium der elektriſchen Fiſche aufdrängen, ſcheint eins von allgemeinerem Intereſſe, und hat bereits wiederholentlich Beachtung gefunden, ohne daß bisher eine befriedigende Antwort gegeben worden wäre. Wenn man ſieht, wie die elektriſchen Fiſche unter den verwandten Geſchöpfen ihrer Umgebung Tod und Verderben verbreiten, ſo wird man unvermeidlich zu der Frage geführt: Wie kommt es denn, daß die wuchtigen Schläge machtlos an anderen elektriſchen Fiſchen abgleiten, daß ſie ſich nicht ſelbſt dadurch erſchlagen, oder die Brut in ihrem Leibe, ſoweit die Arten lebendiggebärend ſind?

Iſt ihr Nervenſyſtem von anderem Stoff gebaut? Sind Schutzeinrichtungen vorhanden, welche die zarten Gewebe den verderblichen Wirkungen ſtarker elektriſcher Schläge entziehen? Thatſächlich ſehen wir in dem Bereich der gewaltigen Stromcurven eines gereizten elektriſchen Fiſches, welche andere Bewohner des Waſſers ſofort der Vernichtung weihen würden, Individuen gleicher Art mit ſtoiſcher Ruhe ausharren, der weibliche Zitterrochen bringt ſeine Jungen lebend zur Welt, obwohl die elektriſchen Ströme, welche ihm ſeine Beute zuführen, nachweislich auch ſein Körperinneres durchſtrömen; auch künſtlich erzeugte Elektricität von bedeutender Stärke gleitet ſpurlos an ihnen ab, mit einem Wort: Die elektriſchen Fiſche erſcheinen gefeit (immun) gegen die Einwirkung der Elektricität überhaupt.

Dieſe überraſchende Thatſache, welche man mit dem Namen der Immunitätslehre bezeichnet hat, harrt noch immer ihrer richtigen Deutung; auch ich erkläre mich außer Stande, den Schleier zu lüften, welcher über dieſem Geheimniß ruht. Indeſſen möchte ich doch meiner Ueberzeugung Ausdruck geben, die, ſoviel ich weiß, auch von anderen Forſchern getheilt wird, daß in Wahrheit die elektriſchen Fiſche keine völlige Immunität gegen Elektricität beſitzen, ſondern nur eine ſehr hochgradige Widerſtandskraft gegen die Wirkung derſelben. Es iſt hinreichend feſtgeſtellt, daß dieſe Widerſtandskraft bei den Thieren überhaupt außerordentlich verſchieden iſt, ſelbſt bei Individuen derſelben Art, wie wir ja auch am Menſchen täglich zu beobachten Gelegenheit haben.

Nimmt man nun an, daß eine nicht elektriſche Fiſchart in der oben näher erörterten Weiſe im Laufe der Jahrtauſende allmählich zur Ausbildung eines elektriſchen Organs gelangte, alſo allmählich ſchlagen lernte, ſo wird ſich in gleichem Maaße bei der Art eine mit der Kraft ſich ſteigernde Gewöhnung an die Wirkung des Schlages haben ausbilden müſſen. Der darin erreichte Grad der Vollkommenheit überſteigt unſer Vorſtellungsvermögen, aber im Princip iſt doch eine beſtimmte Grenze für die möglicher Weiſe zu erreichende Gewöhnung nicht wohl feſtzuſetzen, ſo lange nicht durch den elektriſchen Strom eine ſo hochgradige Elektrolyſe veranlaßt wird, daß die durchſtrömten Gewebe brandig werden. Auch die Unempfindlichkeit der zarten Brut im Mutterleibe würde unter denſelben Geſichtspunkt fallen; denn wie die ſich entwickelnden Jungen nach dem Geſetze der abgekürzten Vererbung die foetalen Muskelfaſern nicht erſt zu Muskeln und dann zu elektriſchem Organ, ſondern ſogleich zu Organ ausbilden, bringen ſie auch die übrigen Anlagen, wie ſie

der nunmehr florirenden Art eigen ſind, mitſammt der elektriſchen Abhärtung als Ausſtattung für's Leben mit.

Es kommt hinzu, daß gerade der Zitterrochen ſich nicht beſonders durch Kraft auszeichnet, und außerhalb des Waſſers ſind die für die hintere Hälfte des Körpers, alſo auch für die Bucheingeweide entfallenden Stromcurven ſo wenig dicht, daß man einen ganz ausgeruhten derartigen Fiſch am Schwanz faſſen und erheben kann, ohne eine Spur von elektriſcher Wirkung zu ſpüren. Der Zitterrochen kennt dieſe ſeine Schwäche ſehr wohl und bemüht ſich ſichtlich, krampfhaft gegen die haltende Hand aufgebäumt, mit der undulirenden Bruſtfloſſe dieſelbe zu erreichen und ſo ſeinen Schlag anzubringen. Im gutleitenden Seewaſſer werden die Ströme auch nach rückwärts ſowie quer durch den Körper ſich leichter verbreiten; trotzdem erſcheint mir der Verſuch nicht ausſichtslos, einen ſchädlichen Einfluß auf die Entwickelung der Brut bei trächtigen Torpedines durch ſtarke Schläge künſtlicher Elektricität auszuüben. —

Doch ich fürchte die Geduld meiner verehrten Leſer zu ermüden, indem ich allzuweit in dies unendliche Gebiet ſchweife, zumal dabei leider mehr Fragen zu ſtellen, als Antworten zu geben ſind. Hoffentlich ſind dabei aber doch die Elektriker von Natur aus den Tiefen des Meeres und der Flüſſe in der Achtung der Leſer einigermaßen geſtiegen. Da wir ſelbſtſüchtigen Menſchen es nun doch einmal nicht laſſen können, im Makrokosmos der Naturreiche wie im kleinlichen, alltäglichen Getriebe des menſchlichen Mikrokosmus nach dem Nutzen zu fragen, ſo bin ich auch hinſichtlich der in Rede ſtehenden Unterſuchungen einer derartigen Frage wohl gewärtig.

Unter ſolcher Vorausſetzung möchte ich darauf hinweiſen, daß der arabiſche Fiſcher des Nildelta das elektriſche Hautorgan

des Zitterwelſes an der Sonne trocknet und mit Fett zu einer Art Salbe vermiſcht, welche als ein geſchätztes Mittel zur Einreibung bei rheumatiſchen Krankheiten gilt. Freilich kann ich mir nicht verhehlen, daß die Anwendung dieſes Specificum's kaum großes Vertrauen von Seiten des Leſers finden dürfte, und er alſo dieſen Nutzen wohl in Frage ſtellen wird.

Vielleicht gelingt es aber die elektriſchen Fiſche bei uns ſo weit zu acclimatiſiren, daß ſie als lebendige Elektriſirmaſchinen zum mediciniſchen Gebrauch benutzt werden können. — Nun, auch dieſer Nutzen wird vor einer kritiſchen Beleuchtung mancherlei Bedenken erregen, obwohl ſolche Verwendung der elektriſchen Fiſche thatſächlich ſtattgefunden hat und bis in frühe Perioden unſerer Geſchichte hinaufreicht.[1 2]) Es galt migraineartigen Kopfſchmerz durch Auflegen von ein oder mehreren lebenden Zitterrochen auf den leidenden Theil zu heilen, wie ſolches ſchon von griechiſchen und römiſchen Aerzten vorgeſchlagen wurde.

Mit Recht ſpricht alſo der engliſche Forſcher Wilſon davon, daß die elektriſchen Fiſche die am frühſten von der Menſchheit verwendeten elektriſchen Maſchinen ſeien. Wenn heute die Elektrotherapie ſich mit ſtolzen Erfolgen brüſten kann, ſo läßt ſich doch nicht leugnen, daß ihre Entſtehung von dem Zeitpunkt zu datiren iſt, wo die lebendigen Elektriſirmaſchinen in den Händen der alten Aerzte gegen Leiden in's Feld geſchickt wurden, welche noch heut durch künſtliche derartige Maſchinen bekämpft werden.

Vielleicht hat der gelinde Schauder, welcher eine zart beſaitete Dame bei der innigen Berührung mit dem durch Schönheit nicht gerade ausgezeichneten Zitterrochen ergreifen dürfte, ſogar eine ganz beſonders heilſame Wirkung und erſcheint geeignet, ſelbſt die hartnäckigſten Kopfſchmerzen zu vertreiben, während

ſie bei ſolchen Kranken bekanntlich häufig jeder anderen Behandlung ſpotten.

Doch — um ernſt zu ſprechen — was berechtigt uns von der Wiſſenſchaft als der lichtgeborenen Himmelstochter niedrige Magdsdienſte zu beanſpruchen? Hier, wie in allen ähnlichen Fällen, muß dem zudringlichen Verlangen die Ueberzeugung entgegen geſtellt werden, daß die Wiſſenſchaft noch nie ihre göttliche Abkunft verleugnet hat und dieſe allerdings gerade durch die bewunderungswürdige Gabe am herrlichſten bekundet, Segen zu ſpenden, wo ſie um ihrer ſelbſt willen umworben wird.

Kann der Arzt denn mehr ſein als ein Stümper, ſo lange er an dem wundervollen Inſtrument, wie es der menſchliche Organismus in Wahrheit darſtellt, nicht die Geſetze kennt, nach welchen die einzelnen Saiten deſſelben zu inniger Harmonie zuſammenklingen? Was iſt denn die Elektrotherapie als Wiſſenſchaft, wenn wir auch keine Ahnung davon haben, was die Elektricität in unſerem Körper ſelbſtthätig für eine Rolle ſpielt? Wenn Worte wie Willensimpuls, Nervenleitung, Nerveneinfluß, Muskelcontraction, Secretion u. ſ. w. kaum mehr darſtellen, als leere Worte, deren Bedeutung gerade im wichtigſten Punkt, der phyſikaliſchen Grundlage erſt gefunden werden ſoll?

Jede Unterſuchung, welche die menſchliche Erkenntniß in dieſen ſchwierigen Problemen auch nur um einen Schritt weiter bringt, bezeichnet einen Markſtein am Wege zum fernen Ziel und iſt eine ſegenverheißende Bürgſchaft künftiger, erſprießlicherer Pflege und Behandlung unſeres Körpers in geſunden und kranken Tagen.

Das iſt der Nutzen, den die Wiſſenſchaft nicht als ſofortige Bezahlung für geleiſtete Dienſte, ſondern als göttliche, freiwillige

Belohnung für treue, ſelbſtloſe Hingabe an das mühſame Werk der Forſchung wenn auch in ferne, ſo doch ſichere Ausſicht ſtellt!

Möge dieſelbe noch manchen Jünger begeiſtern, zum künftigen Nutzen für die Menſchheit auch den wunderbaren Geheimniſſen, welche die Natur in den elektriſchen Fiſchen niedergelegt hat, mit Emſigkeit nachzuſpüren!