© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

# Einige Bemerkungen über den Bau des schwachen elektrischen Organs bei den Mormyriden.

Von

Dr. J. Ogneff
(Moskau).

(Aus dem histologischen Institute der Universität Moskau.)

Mit Tafel XVIII.

Man kann nicht umhin eine bedeutende Wiederbelebung des Interesses für die Frage über die elektrischen und pseudoelektrischen Organe wahrzunehmen. Die vorzüglichen Arbeiten von Ballowitz und Iwanzoff haben gezeigt, dass bei Anwendung der neuesten Untersuchungsmethoden man auch noch jetzt in dem Bau dieser Organe manche interessante Einzelheiten entdeckt, die entweder der Aufmerksamkeit früherer Beobachter entgangen oder unvollkommener technischer Hilfsmittel halber ihnen unzugänglich waren. Das eben Gesagte bezieht sich aber hauptsächlich nur auf die Organe des Torpedo und Raja, was natürlich der Leichtigkeit, sich das nöthige Untersuchungsmaterial zu verschaffen, zuzuschreiben ist. Ganz anders verhält sich die Sache mit den Vertretern der anderen elektrischen Fische: Malapterurus, Gymnotus, Mormyrus und Gymnarchus. Die Ursache der mangelhaften Kenntnis des Baues der Organe dieser Fische ist natürlich in der Schwierigkeit der Beschaffung des zur Untersuchung nöthigen Materials in genügender Menge zu suchen. Doch giebt es in der bezüglichen Litteratur schon sehr ausführliche Arbeiten über den Gymnotus und den Malapterurus, so dass, wenn man vom Gymnarchus absieht, der jetzt fast gar nicht zu erlangen ist, es sich erweist, dass die Vertreter der Gattung Mormyrus am allerwenigsten untersucht geblieben sind, obgleich die Erlangung von Exemplaren gerade dieser Fische mit nicht sehr großen Schwierigkeiten verknüpft ist.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at


Die meisten Arbeiten, die den Untersuchungen der schwachen elektrischen Organe bei der Gattung Mormyrus gewidmet sind, fallen in die fünfziger Jahre dieses Jahrhunderts. Es sind dies die Arbeiten Kölliker's[1], Ecker's[2], Kupffer und Keferstein's[3] und Markusen's[4], und nur zwei darunter, nämlich die Arbeiten Babuchin's[5] und Fritsch's[6] gehören in unsere Zeit und sind mit frischem und gut konservirtem Material ausgeführt worden. Doch hat keiner der letztgenannten Beobachter sich die Mühe genommen seine eigenen Untersuchungen mit denjenigen früherer Beobachter zu vergleichen und einen einigermaßen vollständigen Überblick von dem, was über diesen Gegenstand bekannt geworden und noch unbekannt geblieben ist, zu geben. Auch hatten sich Babuchin und Fritsch noch nicht der neuesten vervollkommneten technischen Hilfsmittel bedient, wie z. B. dünner mittels des Mikrotoms ausgeführter Schnitte, der Imprägnation nach Golgi's und R. Cajal's Methode mit Silber und der Färbungen, die bei histologischen Untersuchungen jetzt eine so hervorragende Rolle spielen.

Der Zweck der gegenwärtigen kurzen Arbeit ist die genannte Lücke in der bezüglichen Litteratur wenigstens theilweise zu füllen. In dieser Arbeit habe ich die Resultate zusammengefasst, welche ich durch Anwendung erwähnter Methoden zur Untersuchung der schwachen elektrischen Organe von Mormyrus oxyrhynchus, Mormyrus cyprinoides und M. bane erzielt habe.

Wie die Erfahrung zeigt, sind nur die aus einem lebendigen Fische genommenen Organe zur Untersuchung tauglich. Die Veränderlichkeit letzterer nach dem Tode ist bei den Mormyriden keine geringere, wenn nicht eine noch größere, als bei den Torpedo und Raja und steht vielleicht nur derjenigen der Organe bei Malapterurus nach.

---

[1] Kölliker, Bericht der Kgl. Zool. Anstalt zu Würzburg. Leipzig 1849.

[2] A. Ecker, Bericht der Ges. für Beförderung der Naturwissenschaften zu Freiburg im B. 1855. Nr. 11. — Untersuchungen zur Ichthyologie. Freiburg im B. 1857.

[3] Kupffer und Keferstein, Untersuchungen über das elektrische Organ von Gymnotus und Mormyr. oxyrhynch. Zeitschrift für rationelle Medicin. 1858. p. 344.

[4] Markusen, Die Familie der Mormyriden. Mémoires de l'Académie de St. Pétersbourg. T. VII. No. 4. 1864.

[5] Babuchin, Beobachtungen und Versuche am Zitterwels und Mormyrus. Arch. für Physiol. du Bois-Reymond. 1877.

[6] Fritsch, Weitere Beiträge zur Kenntnis der schwachen elektrischen Fische. Bericht der Akademie der Wissensch. zu Berlin. XLII. 1891.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



Die Stückchen der Organe wurden durch 1—1½%ige Osmiumsäure, Sublimat, HERMANN'sche Flüssigkeit und R. CAJAL's Mischung fixirt. Besonders geeignet erwies sich die HERMANN'sche Flüssigkeit für die Untersuchungen des betreffenden Organs der Torpedo, aber völlig unbrauchbar zur Fixirung derjenigen des Malapterurus, bei dem sie die elektrischen Platten bis zur Unkenntlichkeit zusammenschrumpft und entstellt. Die Imprägnation mit Gold mittels Goldchlorid-Kalium und Reduktion mit einer schwachen Lösung von Kaliumbichromat und auch nach anderen Methoden hat keine besonderen Resultate ergeben, wenigstens keine solchen, die nicht auch auf andere Weise hätten erzielt werden können. Die Präparate wurden mittels Nadeln theils ungefärbt, theils mit Hämatoxylin von DELAFIELD, MAYER's Hämalaun, der BIONDI'schen Mischung, Safranin gefärbt, in Glycerin zerzupft. Übrigens gewannen die mit Osmiumsäure und HERMANN'scher Flüssigkeit behandelten Präparate durch das Färben nicht viel, da sie schon durch die Osmiumsäure eine genügend dunkle Färbung erhalten und daher auch ohne nachträgliches Färben deutlich und scharf genug gezeichnet waren. — Zu den Schnitten bediente ich mich meistens mit Photoxylin oder Zelloidin imbibirter Stücke; zum Theil aber wurden solche, wenn nöthig, einfach mit einem scharfen Rasirmesser, ohne vorhergehende Durchtränkung, aus freier Hand ausgeführt. Bei einiger Übung gelingen solche Schnitte gut, namentlich an Stücken, die mit HERMANN'scher Flüssigkeit fixirt und mittels Alkohol gehärtet worden waren. Die Schnitte wurden auf gleiche Weise wie die zerzupften Präparate gefärbt, doch wurde das Färben auch nicht selten nach M. HEIDENHAIN's Methode (Bordeau, Hämatoxylin, Eisenlack) ausgeführt und wurden dabei scharfe, deutliche Bilder erzielt. Die Einbettung in Paraffin, wie vorsichtig dieselbe auch ausgeführt werde, bewirkt immer Zusammenschrumpfen und Entstellung der Präparate, so dass diese wohl zur topographischen Orientirung, nicht aber zum Studium der Einzelheiten der Struktur tauglich sind.

Eine genaue Beschreibung der äußeren Ansicht des Organs, sowie der besonderen Züge in der Struktur desselben finden wir schon bei KÖLLIKER, der Gelegenheit gehabt hatte, Weingeistexemplare des Mormyrus oxyrhynchus zu studiren. KÖLLIKER beschrieb die Zusammensetzung des Organs aus Platten, den feineren Bau der letzteren und die Vertheilung der Nerven in denselben. Doch war, scheint es, MARKUSEN[1] der Erste, der darauf hingewiesen hat, dass

[1] l. c. p. 90—91.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

alle Gattungen der Mormyriden vier elektrische Organe, zwei dorsale und zwei ventrale, symmetrisch gelegen, besitzen. Nach Markusen befinden sich dieselben bei Mormyrus oxyrhynchus zwischen dem 33. und 45., bei Petrocephalus bane zwischen dem 30. und 40. Wirbel. Einfacher, jedoch weniger genau, lässt sich diese Lage folgendermaßen bezeichnen: das elektrische Organ fängt ungefähr auf der Höhe der Afterflosse an und erstreckt sich nach hinten bis zum Anfang der Schwanzflossen.

Die Organe, die in den verschiedenen Körperhälften liegen, sind von einander durch die Körper- und die Dornfortsätze der Wirbel geschieden, die Organe einer und derselben Seite durch eine aus Bindegewebe bestehende Scheidewand, die zum Theil mit der Aponeurose verwachsen ist, welche das Organ bedeckt und in der Fortsetzung der Mittellinie des Körpers liegt. Im Ganzen hat ein jedes der Organe die Gestalt eines dreiseitigen Prismas mit gekrümmter äußerer Oberfläche. Die Rückenprismen sind, wie leicht zu verstehen ist, dünner als die Bauchprismen. Wenn man das vordere und hintere Ende der Organe sorgfältig präparirt, so wird man gewahr, dass dieselben hier, sich allmählich verjüngend, die Gestalt abgeplatteter Kegel annehmen. In dem vorderen Theil ist die Kegelform deutlicher ausgedrückt als in dem hinteren. Um diese Enden sehen zu können ist es nothwendig die dünnen Lagen der sie bedeckenden Muskeln zu entfernen. Die Spitzen der Kegel sind an die Wirbelsäule angelehnt und an derselben befestigt. Unter allen Beobachtern sind die genannten Bildungen, wie es scheint, nur von Fritsch[1] gesehen worden; die anderen Untersucher, die nur mit konservirten Fischen gearbeitet haben, sind nicht im Stande gewesen die Enden des Organs deutlich zu sehen. Selbst Fritsch sagt in einer Beschreibung der Enden der betreffenden Organe nichts über deren Form und erwähnt nur, dass deren Substanz von dem Bindegewebe der zunächst gelegenen Muskeln nicht scharf abgegrenzt sei, sondern in dasselbe übergehe. Ich kann jedoch dieser Beschreibung nicht beistimmen. Werden die Enden des Organs an einem ganz frischen Fische sorgfältig präparirt, so kann leicht wahrgenommen werden, dass die Substanz dieser Enden (wenigstens bei großen Mormyrus oxyrhynchus) klar und deutlich von den benachbarten Theilen abgegrenzt ist. Mit diesen ist es durch ein sehr loses Bindegewebe verbunden, von welchem sich die Enden der Organe leicht

[1] l. c. p. 958—959.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



abtrennen lassen. Nur bei Weingeistpräparaten, an denen dies Gewebe gehärtet ist und zusammenschrumpft, wird eine solche Abtrennung schwieriger. Fester erscheint das Band zwischen den Organen und den die Enden derselben bedeckenden Muskeln auch noch desshalb, weil an der Aponeurose des Organs oder dessen Deckmembran mehr oder weniger lose dünne Sehnen befestigt sind, die sich von den Muskeln, die vor dem Organ liegen, zum Schwanze hinziehen. Durch ihre hübsche, regelmäßige Anordnung erinnern diese Sehnen an den Bart einer Feder. Dieselben sind in Fritsch's[1] Arbeit: »Die elektrischen Fische im Lichte der Descendenzlehre« in Fig. 5 ziemlich richtig dargestellt.

Werden diese Sehnen entfernt, so enthüllt sich die Hauptmasse der Organe. An der Oberfläche sind letztere mit einer dünnen durchsichtigen Aponeurose, welche mehr oder weniger deutlich die eigentliche Substanz des Organs durchscheinen lässt, bedeckt. Im frischen Zustande ist letztere von röthlicher, dem Fleische ähnlicher Farbe und mit hellen, dünnen, parallel laufenden Querstreifen von gleicher Stärke bedeckt. Zwischen je zwei hellen liegt immer ein dunklerer röthlicher Streifen. Man braucht nur die Aponeurose abzuziehen, um sich zu überzeugen, dass die hellen und die röthlichen Streifen den dünnen Platten, aus denen die Hauptmasse des Organs besteht, entsprechen. Diese Struktur bleibt ganz deutlich sichtbar auch an konservirten Präparaten. Aus diesem Grunde wurde dieselbe von allen älteren Beobachtern von Kölliker an richtig und mit einander völlig übereinstimmend beschrieben. An frischen Präparaten tritt der Unterschied zwischen den Enden des Organs und dessen Mitte deutlicher hervor als bei in Weingeist konservirten. Dem bloßen Auge erscheinen die ersteren im Gegensatz zu der letzteren vollkommen homogen und keine Platten enthaltend. Doch gelingt es mit Hilfe einer gewöhnlichen Brücke'schen Lupe in die Struktur dieses Organs noch weiter einzudringen. So sieht man mittels derselben in dem rothen Streifen einen schmalen helleren, der den ersteren der Länge nach in zwei Hälften theilt. Wie es sich erweist, entspricht dieser hellere Streifen einer elektrischen Platte. Die breiten und leichter unterscheidbaren hellen Streifen sind nichts Anderes als die vertikalen Scheidewände aus Bindegewebe, die, von der Aponeurose der Oberfläche des Organs ausgehend, sich

---

[1] Sammlung gemeinverständlicher wiss. Vorträge. Heft 430—431. Die elektrischen Fische im Lichte der Descendenzlehre. 1889. p. 98.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at


in perpendikulärer Richtung zur Wirbelsäule hinziehen und an den beiden Seiten der letzteren befestigt sind. Die Scheidewände sind von den Platten durch Schichten eines gallertigen (im frischen Zustande röthlichen) Gewebes geschieden. Somit besteht das ganze Organ aus einer Reihe von schmalen auf einander folgenden Fächern, in denen die elektrischen Platten liegen. Die Scheidewände eines jeden Faches gehören zugleich den zwei angrenzenden Fächern an. — Unter der Lupe lassen sich leicht einzelne elektrische Platten wie bei frischem so auch bei konservirtem Material isoliren, so dass es möglich wird deren Form zu beurtheilen und die Hauptrichtungen und größeren Verästelungen der Nervenfäden in denselben zu unterscheiden. Die Form der Platten kann, wie schon Markusen beschrieben, eine ovale genannt werden, wobei die eine Seite des Ovals abgeplattet erscheint. Bei kleineren Exemplaren könnte man die Form derselben eher ein rechtwinkeliges Dreieck mit gekrümmter Hypothenuse und abgerundeten Ecken nennen. Man kann sich leicht davon überzeugen, dass der aus Platten bestehende Theil des Organs vor dem Übergang in die konischen Enden von vorn und von hinten durch bindegewebige Scheidewände abgegrenzt wird. Somit ist die Zahl der Scheidewände um eine größer als diejenige der Platten. Mit Hilfe der Lupe bietet es keine besonderen Schwierigkeiten die Scheidewände zu zählen und auf diese Weise auch die Zahl der Platten im Organ zu bestimmen. Solche Zählungen sind auch schon früher von Markusen[1] ausgeführt worden. Nach dessen Beobachtungen ist die Zahl der Platten bei den verschiedenen Mormyrus-Arten nicht die gleiche. So fand er bei Phragrus dorsalis, bei einer Länge des Organs von $4^3/_4$ cm, in jeder Abtheilung desselben 160 Platten; bei Mormyrus oxyrhynchus beinahe eben so viele; bei Mormyrus longipinnis von 50 cm Länge, in einem 11 cm langen Organ 154—160 Platten, so dass deren Zahl in allen Abtheilungen sich nahezu auf 650 belief. Nach Markusen's Meinung kann die Zahl der Platten im Mittel überhaupt von 600 bis 800 angenommen werden. Meine eigenen an Mormyrus cyprinoides und bane vorgenommenen Zählungen haben beinahe dasselbe Resultat ergeben wie Markusen's. Bei Mormyrus cyprinoides fand ich bei einer $2^1/_2$ cm langen Abtheilung des Organs 173—175 Platten, folglich im Ganzen 692—700 Platten oder Scheidewände. Am wichtigsten aber scheint mir die Thatsache, dass, wenn man die Zahl der Platten bei Fischen

[1] l. c. p. 98.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at


einer und derselben Gattung aber verschiedenen Alters vergleicht, diese Zahl, wie es scheint, eine beständige ist. So fand ich z. B. bei jungen Morm. bane an einem 1 cm langen Organ 660—700 Platten, bei älteren, bei einer Länge des Organs von 2 cm, 600 bis 650. Außerdem muss bemerkt werden, dass bei Mormyrus die Platten der größeren Fische sich von denjenigen der kleineren auch noch dadurch unterscheiden, dass nicht nur deren Flächenraum größer ist, sondern dass sie auch dicker werden, was auch schon Markusen bemerkt hatte. Es kann daher die Vergrößerung des Organs bei dem Wachsen der Fische nicht von der Vermehrung der Anzahl der Platten, sondern von der Vergrößerung des Umfangs der Bestandtheile des Organs abhängen. Mit anderen Worten, es ist höchst wahrscheinlich, dass Babuchin-delle Chiaje's Gesetz über die Präformation der elektrischen Platten nicht allein auf Torpedo Anwendung findet, sondern auch auf die schwachen elektrischen Fische, insbesondere auf die Mormyriden, ausgedehnt werden kann. Babuchin's Beobachtung, dass die elektrischen Platten bei den letzteren sich aus mehreren in einander fließenden quergestreiften Bildungszellen entwickeln, kann kaum als eine diesem Gesetz widersprechende angesehen werden, da er nirgend die Zahl dieser letzteren angiebt und auch nirgend sagt, dass dieselbe keine beständige sei. Auch ist schwer anzunehmen, dass die derartig entstehenden Plattenbildner im Stande seien sich zu vermehren. — Hierher gehören noch Fritsch's Beobachtungen, die er selbst »überraschend« nennt, und die darin bestehen, dass bei einigen Mormyrus-Arten die elektrischen Platten mit einander verbunden sein sollen, und zwar so, dass die vordere Fläche der einen mit der hinteren Fläche der nächsten verschmilzt. Diese Beobachtungen scheint Fritsch[1] auf den Gedanken geleitet zu haben, dass dieselben Muskelfasern zur Bildung zweier Platten dienen könnten. Ohne Zweifel würde diese Thatsache der Möglichkeit einer Präformation der Platten im höchsten Grade widersprechen. Trotz aller Mühe, die ich mir gegeben, etwas dem von Fritsch gefundenen Ähnliches wahrzunehmen, ist es mir nicht gelungen auch nur eine Spur von einer Verbindung der Platten mit einander zu finden oder auch nur zu verstehen, wie eine solche stattfinden könnte, da dieselben durch ununterbrochene Scheidewände und Lagen von gallertigem Gewebe von einander getrennt sind.

Nunmehr zur Betrachtung der feineren Struktureinzelheiten des

[1] Sitzungsber. der Berliner Akad. 1891. p. 956.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at


Organs übergehend, will ich mich zuerst bei dem Bau der Grundlage desselben aus Bindegewebe, dann bei dessen Nervenapparat aufhalten. — Wie schon oben bemerkt wurde, sind die Organe an ihrer Oberfläche mit einer dünnen durchsichtigen Aponeurose bedeckt, die mit denselben sehr eng verwachsen ist. Diese Festigkeit wird hauptsächlich durch die Scheidewände bedingt, die von der Aponeurose ausgehend ins Innere des Organs dringen und dasselbe in Fächer theilen. Im Grunde genommen bilden die Scheidewände mit der Aponeurose ein Ganzes. Die eine wie die anderen besitzen eine sehr einfache Struktur und bestehen aus regelmäßigen, mehr oder weniger parallel laufenden Bündeln von dichtem Bindegewebe. Markusen[1] behauptete, dass die Scheidewände aus elastischem Gewebe bestehen; doch kann man sich an zerzupften Präparaten überzeugen, dass die Bündel sich in feinste Fibrillen zertrennen lassen, was schon genügend dafür spricht, dass dieselben nicht aus elastischem Gewebe bestehen können. — Der aus Platten bestehende Theil des Organs wird nach vorn und nach hinten, wie gesagt, durch Scheidewände begrenzt, und zwar durch stärkere als die übrigen. Unmittelbar an diese Schlusswände stoßen die kegelförmigen Enden des Organs, die aus Fritsch's »taubem Gewebe« bestehen. Letzteres wird aus Zügen und Bündeln faserigen Bindegewebes gebildet, welche schräg von oben nach unten gehen und durch eine schleimige Masse von einander getrennt sind. Sehr interessant ist Fritsch's[2] Bemerkung, dass er im »tauben Gewebe« und dessen Nähe »eigenthümliche Muskelbündel, welche offenbar im Sinne einer Aufquellung verändert« waren, gefunden hat. »Es sind vorwiegend die Scheiden, deren Quellung zu beobachten ist, während der quergestreifte Inhalt, den festen Ansatz verlierend, nicht mehr die straffe, regelmäßige Anordnung der normalen benachbarten Primitivbündel zeigt. Am hinteren Organende, wo das taube Gewebe auch nur als schmale Kappe aufliegt, wird nichts dergleichen gefunden, und man erhält so die Anschauung, dass die Organentwicklung von hinten nach vorn vorschreitet, vorn aber einen sicheren Abschluss gar nicht erlangt hat.«

Ich habe mich nicht wenig bemüht diese interessanten Muskelfasern zu finden, es ist wir jedoch nicht gelungen mich von deren Gegenwart im tauben Gewebe oder in dessen Nähe zu überzeugen.

---

[1] l. c. p. 99.

[2] l. c. Sitzungbericht der Berliner Akad. p. 958.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



Natürlich konnte man erwarten die von Fritsch beschriebenen besonderen Muskelfasern eher bei jungen Mormyriden als bei älteren oder größeren Exemplaren zu finden; doch fand ich auch bei solchen nichts, was dem von Fritsch Beschriebenen gliche. Ich kann daher nur annehmen, dass letzterer mit einem durch die Bearbeitung verdorbenen Präparat zu thun gehabt hat. — Ich will hier noch einmal daran erinnern, dass das Gewebe des vorderen Endes des Organs nicht in dem intramuskulären Zellgewebe verläuft, sondern von demselben gesondert ist. Daher erscheint Fritsch's Folgerung, dass das vordere Ende des Organs ein Übergangsstadium von dem vollkommen entwickelten Organ zu den Muskeln vorstellt, nicht genügend begründet.

Es ist hier am Platze sich auch noch etwas bei der Frage über das Verhältnis zwischen den elektrischen Platten und den bindegewebigen Scheidewänden aufzuhalten. Diese Frage hatte die Aufmerksamkeit aller früheren Beobachter auf sich gelenkt, wird aber von den neueren, wie Babuchin und Fritsch, gar nicht berührt. Wie bekannt, beschrieb Ecker, der Anfangs M. dorsalis, M. anguilloides, M. bane und M. oxyrhynchus untersuchte, diese Verhältnisse folgendermaßen: eine jede Platte besteht aus einem nach vorn gelegenen Theil aus Bindegewebe (unserer Scheidewand) und einer an denselben von hinten angeschmiegten »Nervenmembran«. Keferstein und Kupffer, die das elektrische Organ von M. oxyrhynchus untersuchten, kamen zu einem ganz entgegengesetzten Schlusse. Ihnen zufolge bestand die Platte aus einer nach vorn liegenden elektrischen Platte und einer an die Rückseite derselben angeschmiegten Scheidewand. Spätere Untersuchungen Ecker's zeigten ihm, »dass seine Angabe, die Nervenmembran auf dem einzelnen Plättchen befinde sich auf der hinteren Seite, zu allgemein gehalten sei; dass für Mormyrus oxyrhynchus Kupffer und Keferstein wirklich Recht hätten, wenn sie die Nervenmembran auf der vorderen Seite befindlich beschrieben«. Max Schultze[1], der Ecker's Präparate untersuchte, fand, dass die elektrische Platte bei Mormyrus dorsalis und anguilloides nach hinten, bei Mormyrus oxyrhynchus und cyprinoides (d. h. bane) nach vorn liegt. Ecker bestätigt diese Angaben Max Schultze's und fügt zu denselben noch Angaben über das Verhalten dieses Punktes bei Mormyrus elongatus und Mormyrus labiatus

[1] M. Schultze, Abhandlungen der Naturforsch. Gesellsch. zu Halle 1858. Sitzungsbericht für das Jahr 1857. p. 17—18.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

hinzu. Bei Mormyrus elongatus fand er die elektrische Platte auf der hinteren Seite der Bindegewebsschicht, bei Mormyrus labiatus sah er aber die elektrische Platte auf der vorderen Seite. Markusen bestätigt diese Angaben vollkommen und giebt eine schematische Ansicht dieser Thatsachen. — Mit Hilfe der jetzigen Methoden und in Folge der Möglichkeit dünne Schnitte zu erlangen ohne die Theile zu verschieben, ist es leicht zu ersehen, dass das Verhältnis der elektrischen Platten zu den Scheidewänden (oder der sogenannten Bindegewebschicht der Platte) ein ganz anderes ist als wie Ecker, Kupffer und Keferstein, M. Schultze und Markusen es sich vorgestellt hatten.

Wie theils schon früher erwähnt wurde, stößt die elektrische Platte niemals unmittelbar an die Scheidewände, sondern ist von beiden Seiten durch eine Schicht schleimigen Bindegewebes von denselben getrennt. Somit war die Behauptung der früheren Beobachter, dass in der Platte selbst zwei verschiedene Schichten, eine nervöse oder pulpöse und eine faserige (Scheidewand, Septum) zu unterscheiden sind, ganz unrichtig. Die Vertheilung des schleimigen Bindegewebes erinnert im Allgemeinen an die von Ballowitz[1] bei Gymnotus und Raja beschriebene, so dass man dessen Terminologie scheinbar mit vollem Rechte auf die Mormyriden anwendend von der vorderen und hinteren Schleimschicht als von einem Bestandtheil des Faches des elektrischen Organs dieser Fische reden kann. — Mit ihrer Peripherie nähern sich die Platten mehr der die Organe bedeckenden Aponeurose als mit ihren Flächen den Septa. Von der Aponeurose sind sie durch eine sehr dünne Schicht von Schleimgewebe getrennt. Die innere Kante der Platte reicht bis zur Membran und ist an derselben mit abgeplattetem Rande befestigt. — Dabei muss bemerkt werden, dass bei Mormyrus cyprinoides die elektrische Platte gerade in der Mitte zwischen den beiden bindegewebigen Scheidewänden liegt, oder, mit anderen Worten, dass die Schichten des Schleimgewebes vor und hinter der Platte von gleicher Dicke sind. Bei Mormyrus oxyrhynchus und bane ist die elektrische Platte etwas näher zur vorderen Scheidewand gerückt. Unwillkürlich kommt man auf den Gedanken, dass solche Eigenthümlichkeiten in der Anord-

---

[1] Ballowitz, Über den feineren Bau des elektrischen Organs des gewöhnlichen Rochen (Raja clavata). Anatomische Hefte. 1. Abth. 23. Heft. Bd. VII. 1897. p. 285—375 und Zur Anatomie des Zitteraals (Gymnotus electricus L.) mit besonderer Berücksichtigung seiner elektrischen Organe. Archiv für mikr. Anat. Bd. L. p. 686—751.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



nung der Platten mit derjenigen der Nerven eng verknüpft sind. Wie bekannt, sind bei Mormyrus cyprinoides die Nerven zu beiden Seiten der elektrischen Platte in der ihre Oberfläche bedeckenden Schleimsubstanz vertheilt, während bei Mormyrus oxyrhynchus und Mormyrus bane alle Nerven sich an der einen Seite der Platte befinden. — Das Schleimgewebe vor und hinter der Platte hat dieselbe Struktur, die am besten an mit Gold imprägnirten Präparaten hervortritt. Dasselbe enthält sehr zahlreiche sternförmige Zellen, die durch ihre langen, dünnen Fortsätze mit einander zu Netzen verbunden sind. Die Zwischensubstanz, die an Osmiumpräparaten ganz homogen scheint, erweist sich bei der Vergoldung sehr reich an außerordentlich dünnen blassen Fibrillen.

Zu der Vertheilung der Nerven und der Verzweigungen übergehend, will ich von vorn herein bemerken, dass die von mir erhaltenen Resultate in den Hauptzügen alles von Fritsch darüber Gesagte bestätigen. — Die früheren Autoren sprachen sich nicht ganz bestimmt über den Ursprung der Nerven der elektrischen Organe bei den Mormyriden aus. Kölliker war der Meinung, dass diese Nerven vom Seitennerven entstehen, aber bemerkte dabei, dass ihm der Ursprung dieses letzteren nicht bekannt sei. Ecker[1] sagt, dass die Nerven aus den Schwanzwirbelnerven stammen. Nach ihrem Austritt bilden dieselben netzförmige Anastomosen unter einander und treten schließlich in jedem Organ an der der Wirbelsäule zugekehrten Seite zu einem Längsstamme zusammen, von welchem die Äste zu den Seitenwänden abgehen. — Fritsch[2] konnte sich zunächst überzeugen, dass bei den Mormyriden die Fasern der elektrischen Nerven als breite unverzweigte Achsencylinderfortsätze von mächtigen Ganglienzellen, welche an bestimmten Stellen die graue Substanz des Rückenmarks gänzlich zu erfüllen scheinen, und das Centralorgan als vordere Wurzeln austretend verlassen. »Der Austritt der Nerven vollzieht sich nicht so einfach wie gewöhnlich, sondern die Nervenfasern sammeln sich, auf- und abwärts steigend, in ein der Ventralseite des Rückenmarks anliegendes Bündel und verlassen diese Ansammlung an den Stellen, wo sie zum Foramen intervertebrale ziehen. Die austretenden elektrischen Nerven, die sich sofort am Wirbelkörper in einen dorsalen und einen ventralen Ast theilen, welche beide den Neurapophysen und Hämapophysen eng

[1] Berichte der Gesellsch. für Beförderung der Naturwissensch. zu Freiburg im Br. 1855. p. 176.

[2] l. c. p. 947—953.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

anlagernd bleiben und in gewissem Abstande vom Wirbelkörper sowohl dorsal wie ventral eine dichte Fasermasse bilden, bevor sie in die Organe selbst eintreten. Äußerst interessant ist die Beobachtung Fritsch's, dass die elektrischen Nerven, nachdem sie den Rückenmarkskanal bereits verlassen haben und zu richtigen peripherischen Nerven geworden sind, durch partiellen Faseraustausch der beiderseitigen Bündel sowohl dorsal die Platte der neuralen Dornfortsätze durchbohrend, als auch ventral vom Gefäßkanal des Hämapophysenbogens unter Durchdringung der hämalen Dornfortsätze eine vollkommene Chiasmabildung eingehen. Es erhalten also die linksseitigen Organe zur Innervation theilweise Fasern der rechten elektrischen Nerven und umgekehrt.«

Mich nicht länger bei diesen Thatsachen, die mit meinen eigenen Beobachtungen vollkommen übereinstimmen, aufhaltend, will ich nur noch Folgendes bemerken. Wenn man eines der Organe durch einen parallel der Oberfläche der Dornfortsätze und einen anderen an der basalen Längsscheidewand, welche die dorsalen und ventralen Organe von einander scheidet, geführten Schnitt von den Wirbeln abtrennt, so nimmt man an dem abgetrennten Stücke des Organs an der Seite, die dem von den Dornfortsätzen und der Längsscheidewand gebildeten Winkel zugewandt ist, einen weißlichen Streifen gewahr, der sich längs des Organs hinzieht und die Längsschnitte der Platten im dorsalen Organ in dem untersten Viertel desselben, im ventralen dagegen im obersten quer durchschneidet. Mit unbewaffnetem Auge ist dieser Streifen seiner Zartheit und schwachen Färbung wegen nicht sehr deutlich sichtbar, mit Hilfe der Lupe aber sehr gut. Schneidet man diesen Streifen mit der Schere heraus und zerzupft denselben ein wenig auf dem Objektglase, so überzeugt man sich bald, dass derselbe der optische Ausdruck für eine schmale Platte ist, die, in die mittlere Kante der Platten eingefügt, aus Myelinfasern besteht, die mit einander in verschiedenen Richtungen verflochten sind. Es unterliegt keinem Zweifel, dass der soeben beschriebene Streifen dem entspricht, was Fritsch Nervenwulst nennt und Wagner's Hirschgeweihen in den Organen der Torpedo für analog hält. Es ist nicht zu leugnen, dass dieser Vergleich seine Begründung hat, da von den beschriebenen Bildungen Bündel von Nervenfasern zu den Platten ausgehen und danach in die Endverzweigungen übergehen, von denen sogleich die Rede sein wird. — Interessant ist es auch zu bemerken, dass, wie die in Längszügen sich verflechtenden, so auch die zu den

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



Platten abgehenden Nervenfasern in ihrem Bau eine merkwürdige Eigenthümlichkeit zeigen. Diese Fasern scheinen sehr dick, und zwar aus dem Grunde, dass sie in zwei bis drei HENLE'schen Scheiden stecken; daher erscheint eine jede derselben im Querschnitt als eine Folge winziger koncentrischer Kreise. An verdorbenen Präparaten schwellen diese Scheiden der Nervenfasern manchmal stark an, und dann erreicht die Faser eine bedeutende Dicke; dabei kann aber eine Anschwellung des mit Myelin bedeckten Theiles auch nicht stattfinden. — Diese Eigenthümlichkeiten wurden auch schon früher bemerkt. In einem gewissen Maße wurden sie schon von MARKUSEN[1] beschrieben und dargestellt, ausführlicher jedoch von FRITSCH.

Wie soeben bemerkt wurde, ziehen sich von den verflochtenen nervösen Längszügen Abzweigungen zu den Platten hin. Diese Abzweigung geht folgendermaßen von statten. Von dem Nervenzuge ziehen in den dorsalen Organen in der Richtung von unten nach oben und nach außen, in den ventralen von oben nach unten und nach außen kurze, dicke Bündel von Myelinfasern, welche zwischen die Scheidewände und die Platten dringen und am Rande der letzteren sich zu verzweigen anfangen. Diese Verzweigung geht, wie zuerst von BABUCHIN[2] beobachtet wurde, bei den verschiedenen Gattungen der Mormyriden nicht auf gleiche Weise vor sich. BABUCHIN's Worten zufolge spaltet sich bei Mormyrus oxyrhynchus das Bündel nach und nach in mehrere kleinere, bei Mormyrus cyprinoides nur in zwei, und zwar sehr kurze, die sich weiter wieder in je zwei Stämme blasser Fasern spalten. Ich kann dieser Beschreibung nicht ganz beistimmen. Die Spaltung des zu den Platten sich hinziehenden Bündels in zwei kurze Äste habe ich an Mormyrus bane beobachtet, während die Verhältnisse bei Mormyrus cyprinoides an die bei Mormyrus oxyrhynchus beobachteten erinnern, nur mit dem Unterschiede, dass bei Mormyrus cyprinoides die Zahl der Aste (drei bis vier) eine geringere ist als bei Mormyrus oxyrhynchus; bei letzterem bleiben die Zweige auch bei der nachfolgenden dichotomischen Theilung myelinhaltig und gehen nur dann in blasse Fasern über. Bei Mormyrus cyprinoides wird letzteres nicht beobachtet, d. h. die myelinhaltigen Aste theilen sich nicht, sondern gehen direkt in blasse Fasern über (s. Fig. 13).

---

[1] l. c. Taf. IV, Fig. 4.
[2] l. c.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Der wesentlichste Unterschied in der Vertheilung der Nervenfasern in den Organen bei den verschiedenen Mormyriden besteht jedoch darin, dass bei den einen die Nerven in die elektrische Platte von hinten treten (Mormyrus oxyrhynchus und alle Gattungen mit langem Rüssel, auch Mormyrus bane), bei den anderen von vorn (Mormyrus cyprinoides, isidori etc.). Dieser Unterschied wurde schon seit lange von Ecker[1] bemerkt, der denselben bei Mormyrus elongatus (die Nerven von hinten) und bei Mormyrus labiatus (die Nerven von vorn) beobachtete. — Ich habe mich auch noch davon überzeugt, dass die bei Mormyrus oxyrhynchus zu den Platten hinziehenden Bündel von Myelinfasern mehr oder weniger fest an der Bindegewebsscheidewand haften; nur diejenigen Zweige, von denen sich blasse Fasern abtrennen, biegen von der Scheidewand ab und vertheilen sich in dem Schleimgewebe, welches sich an die hintere Seite der elektrischen Platte legt, verzweigen sich dichotomisch in demselben und gehen in der Nähe der Platte in ihre Endverzweigungen über, die mit der Substanz der Platte verschmelzen. Bei Mormyrus cyprinoides liegen die Bündel der Myelinfasern bei Weitem nicht so fest an der Scheidewand als bei Mormyrus oxyrhynchus, so dass es verhältnismäßig leicht ist an fixirten Präparaten durch Zerzupfen mittels Nadeln die myelinhaltigen Bündel mit den sich von ihnen abtrennenden verzweigten blassen Fasern abzusondern. Diese letzteren vertheilen sich in dem Schleimgewebe an der vorderen Plattenfläche mit erstaunlicher Regelmäßigkeit und Symmetrie in ganzen Reihen von Platten. An den perpendikulär zur Fläche der Dornfortsätze der Wirbel oder auch parallel zu denselben ausgeführten Schnitten liegen die runden Querschnitte der blassen Zweige vor den benachbarten Platten oft in ganz regelmäßigen Reihen und lenken nur selten nach dieser oder jener Seite ab. Bei Mormyrus oxyrhynchus macht sich eine solche Regelmäßigkeit nicht bemerkbar. — Wie zuerst Ecker's, späterhin Babuchin's und Fritsch's Untersuchungen gezeigt haben, durchbohren bei allen denjenigen Mormyriden, bei welchen die Nerven an die Platte von vorn herantreten, die Verzweigungen der blassen Fasern die elektrische Platte und spalten sich hinter derselben in bogenförmige Zweige, die sich wieder nach vorn biegen und mit der hinteren Plattenfläche verschmelzen (s. Fig. 7, 8, 12).

Ungeachtet der Verschiedenheit in der Vertheilung der größeren

---

[1] Ecker, Berichte der Gesellsch. zur Beförderung der Naturwiss. zu Freiburg im Br. 1858. p. 472.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at


Nervenäste bei den verschiedenen Mormyrus-Arten endigen somit die Nerven immer an der hinteren Seite der Platte. — Die älteren Autoren, wie z. B. Markusen[1] behaupteten, dass die Nerven dahin gelangen, indem sie die bindegewebige Scheidewand durchbohren; aber wie aus allem Gesagten zu ersehen ist, sind die Nervenbündel und die verzweigten blassen Fasern immer zwischen den Platten und den Scheidewänden eingebettet und gelangen zu jenen ohne diese durchbohren zu müssen. Wahrscheinlich wurde Markusen dadurch irre geführt, dass er keine Schnitte der Organe untersucht hatte, was zu der Zeit, wo er seine Arbeit ausführte, und bei der Fixation, deren er sich bediente, auch wirklich schwer zu bewerkstelligen war.

Die merkwürdigen Verhältnisse, die zwischen den Bündeln der Myelinfasern und den blassen Endfasern bestehen, deren Struktur viele Eigenthümlichkeiten bietet, haben schon seit lange die Aufmerksamkeit der Histologen auf sich gelenkt. Schon in seiner ersten Arbeit, die von dem feineren Bau des Organs bei den Mormyriden handelte, hielt sich Kölliker bei dem Verhältnis auf, welches zwischen den Myelinfasern und den eigenthümlichen »Röhrchen« besteht, die Kölliker für die Endungen der Nerven erklärte, obgleich er dies Verhältnis auch nicht völlig aufgehellt hat. Ecker erklärte das Verhalten der dunkelrandigen Nervenprimitivfasern zu den Röhren für den schwierigsten Punkt der Untersuchung. Ein Zusammenhang beider schien ihm ein Postulat zu sein, aber die Art und Weise, wie dieser Zusammenhang zu Stande kommt, schien ihm nur an frischen Präparaten zu erkennen möglich. Ecker trug diese Untersuchung Billharz auf, der Ecker mittheilte, dass er bei Mormyrus oxyrhynchus zwar keinen Übergang einer bestimmten dunklen Faser in eine bestimmte blasse aufgefunden habe, dass aber die dunkelrandigen Fasern sich an das Bündel ansetzen. Die Markschicht hört plötzlich auf, und das Übrige verliert sich in das blasse Bündel. — Die Schwierigkeit, den Übergang der Achsencylinder der Myelinfasern in blasse Fasern zu sehen, ist in der That so groß, dass Babuchin bereit war, einen solchen ganz zu leugnen. Auch Fritsch spricht von dieser Schwierigkeit. An Osmiumpräparaten verdeckt das schwarz gewordene Myelin, welches genau an der Stelle aufhört, wo der Übertritt in das Innere der blassen Faser erfolgen muss, den Übertritt selbst. Aber auch an anderem Material bleibt

[1] l. c.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

es außerordentlich schwer den Übergang wahrzunehmen, da die überall zerstreuten Kerne um die Oberfläche der blassen Faser sich ganz dicht gruppiren und daher das Bild feiner zwischen ihnen hindurchtretenden Fäserchen leicht durch Interferenz des Lichtes verwischt wird. Nach Ranvier's Methode mit Chlorgold und Ameisensäure behandeltes Material gab Fritsch zuweilen leidliche Bilder von diesem Zusammenhang, am deutlichsten sah er ihn jedoch bisher an ganz frischen Objekten. —

An den von mir untersuchten Präparaten habe ich mich von folgenden Verhältnissen überzeugen können. Wenn man an einem Osmiumpräparat eine blasse Faser mit den an sie herantretenden Myelinfasern (s. Fig. 3, 13) mit Nadeln herauslöst, so erkennt man sogleich, dass sich die Myelinfasern mit der blassen Faser nicht in einem Punkte verbinden, sondern letztere von allen Seiten umfassen, auf deren Ende, wie Babuchin sich ausdrückt, »etwa wie ein Fingerhut« sitzen. Von diesem Verhältnis kann man sich besonders leicht an einem Querschnitt durch das Ende einer blassen Faser überzeugen; an einem solchen sieht man, dass der Durchschnitt der letzteren von allen Seiten von den Durchschnitten von Myelinfasern umringt ist. Es muss bemerkt werden, dass die Myelinfasern zu der blassen Faser nicht immer geradlinig herantreten, sondern das Bündel nicht selten in einer Spirale umkreisen und auf diese Weise den Gang der anderen Fasern kreuzen. In dieser Krümmung liegt eine der Ursachen, wesshalb es schwierig ist die Art und Weise der Verknüpfung der blassen Faser mit den Myelinfasern zu erkennen; diese Krümmung erklärt auch die jetzt schon längst widerlegte Meinung, dass die Myelinfasern Schlingen bilden (Markusen). Die Fig. 13 giebt einen Begriff von dem Bilde, welches die Stelle eines solchen Überganges unter dem Mikroskop bietet. Ein Bündel von 30 bis 50 Myelinfasern findet seine Fortsetzung in einer ihrer Struktur nach ganz eigenthümlichen blassen Faser. An der Oberfläche der letzteren kann man ein relativ ziemlich dickes Häutchen aus der Länge nach laufenden dünnen bindegewebigen Fibrillen erkennen, unter denen man ziemlich selten mittelgroße spindelförmige Zellen mit ovalen Kernen trifft. Dieses Häutchen bleibt bei Mormyrus oxyrhynchus bis in die letzten Verzweigungen deutlich sichtbar, während dasselbe bei Mormyrus cyprinoides bald dünner wird und schon an den Verzweigungen mittlerer Stärke kaum zu unterscheiden ist. Das bindegewebige Häutchen legt sich fest an das unmittelbar darunter liegende sehr dünne durchsichtige Häutchen, welches an der Faser als scharfer

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at


schmaler dunkler Umriss sichtbar ist, der die nächste darunter liegende Schicht homogener Substanz begrenzt. Dieses Häutchen trägt an seiner inneren Seite zahlreiche ovale Kerne, die, wie an den Querschnitten zu sehen ist (s. Fig. 4), nach innen in die homogene Substanz hineinragen. Nicht selten kann man an gefärbten Präparaten an den Polen dieser Kerne kleine dreieckige Anhäufungen gefärbten Protoplasmas sehen. Das durchsichtige Häutchen zu isoliren gelingt nur auf einer ganz kurzen Strecke und lässt sich in demselben keine Struktur unterscheiden. Sich fest an die Faser anschmiegend geht dasselbe auf deren Verzweigungen, und, wie wir weiter sehen werden, auf die Platte selbst über; dasselbe entspricht augenscheinlich Ballowitz's Elektrolemma, welches er bei Gymnotus und Raja wahrgenommen hat. Die darunter liegende Schicht besteht aus ganz homogener Substanz, in welcher bei keiner Art von Behandlung Struktur zu erkennen ist. Am meisten gleicht dasselbe dem Eiweiß eines Hühnereies. Babuchin findet in dieser Substanz auch eine Ähnlichkeit mit den Muskeln, die eine wachsartige Entartung erlitten haben. — Die Achse der Faser wird von einem Zuge eingenommen, der an gut erhaltenen Präparaten deutlich als der Länge nach fibrillär erscheint. An der unverletzten Faser scheint der Zug von cylindrischer Form und wird mit der Verzweigung derselben nur immer dünner. An Querschnitten ist es jedoch leicht zu sehen, dass der Durchschnitt des Fibrillenzuges keinen regelmäßigen Kreis bildet, und zwar aus dem Grunde, dass an der Peripherie des Zuges die Fibrillen nicht fest, sondern lose und mehr oder weniger unregelmäßig an denselben liegen (s. Fig. 4). An einem solchen Querschnitt lässt sich auch leicht erkennen, dass die den axialen Zug umgebende homogene Substanz zwischen die ihn bildenden Fibrillen dringt, sie so zu sagen zusammenkittet. Wenn man das Präparat mit guten, sehr spitzen Radirnadeln aus einander zupft, so ist es leicht, dieses axiale Bündel in feinste Fibrillen zu zerlegen. Nicht selten zerfallen diese in feine Körnchen oder in kurze, bacillenartige Stäbchen. Oft sieht man auch die Bilder von Fibrillen und Körnchen kombinirt. Babuchin und Fritsch beschreiben diese Kombination als eine normale. An ganz verdorbenen Präparaten erscheint das Achsenbündel als aus einer »krümeligen Masse« bestehend. In dieser Gestalt wurde dasselbe wahrscheinlich von den älteren Beobachtern fast immer gesehen; die fibrilläre Struktur desselben erkannte nur Billharz.

Wenn von dem Ende der blassen Faser alle Myelinfasern

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

abgerissen werden, so erscheint dieses Ende bei Mormyrus oxyrhynchus und cyprinoides als ein mit der Spitze gegen das myelinhaltige Bündel gerichteter Kegel. Die ovalen Kerne sind an den Kegeln besonders zahlreich und fallen hier am meisten ins Auge. Es unterliegt keinem Zweifel, dass das oben beschriebene dünne Häutchen sich auf die Kegel fortsetzt und sie von allen Seiten bedeckt. Augenscheinlich ist die Gegenwart dieses Häutchens am Anfang der blassen Faser die Ursache, dass es so schwer ist an fixirten Präparaten den Übergang der Achsencylinder der Myelinfasern in den centralen Zug der blassen Fasern zu verfolgen, und dass es verhältnismäßig leicht ist, diesen Übergang an frischen Präparaten wahrzunehmen. Bei dem Zerdrücken des frischen Präparates mit dem Deckglase giebt das weiche Häutchen dem Drucke nach, zerplatzt an einigen Stellen und zieht sich zusammen, so dass auf diese Weise der Gang der Achsencylinder sichtbar wird. An fixirten Präparaten dagegen ist das Häutchen mehr resistent und reißen daneben die feinsten Fibrillen der Achsencylinder bei der geringsten Kraftanwendung. Bei Mormyrus bane und nicht selten auch bei Mormyrus cyprinoides entspringen aus einem breiten Kegel zwei blasse Fasern; dabei kann die Spitze des Kegels abgestumpft sein, oder ist letzterer niedrig, und es kann in diesem Falle nach Entfernung der ihn umfassenden Myelinfasern, die übrigens dann in zwei, obgleich an einander stoßende, Gruppen getheilt sind, scheinen, als fingen die blassen Fasern in einem Bogen an, oder als hätten sie, wie Babuchin sich ausdrückt, der zuerst ein derartiges Bild gesehen hatte, gar keinen Anfang. Dieses Bild erklärt sich leicht durch das Vorhandensein eines Häutchens auf einem breiten, so zu sagen doppelten Kegel. Die Fibrillen der Achsencylinder gehen hier niemals aus einem blassen Stamme in einen anderen über. Als dicker Stamm aus dem Bündel der Myelinfasern entsprungen, theilt sich die blasse Faser dichotomisch gewöhnlich drei- oder viermal, wobei deren Struktur unverändert bleibt. Ein Anastomosiren der Zweige unter einander habe ich niemals bemerkt. In dem Maße wie die Zweige dünner werden, wird die Schicht der homogenen Substanz, die das centrale Bündel der Achsencylinder von dem äußeren dünnen Häutchen trennt, in denselben immer weniger unterscheidbar, mit anderen Worten, dieses Bündel füllt das häutige Röhrchen fast gänzlich aus. Jedoch in keinem Falle verschwindet diese Substanz vollständig, nur wird gegen das Ende der Verzweigungen deren Schicht immer dünner. Diese letzteren sind für die verschiedenen Mormyrus-Arten sehr

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at


charakteristisch. Bei Mormyrus oxyrhynchus treten drei bis fünf Endverzweigungen aus dem Ende eines größeren Stämmchens. Im Ganzen genommen haben diese Verzweigungen die Form einer Lilie oder einer Glocke. Die Endzweige theilen sich nicht selten dichotomisch, wobei der Anfang derselben dünner, das Ende hingegen, mit dem sie sich der Platte anschließen, etwas breiter ist. Dasselbe Verhältnis macht sich auch bei Mormyrus bane bemerkbar (s. Fig. 1), bei dem die Endverzweigungen jedoch bedeutend dicker und gröber sind als bei Mormyrus oxyrhynchus. Bei den von mir untersuchten kleinen Exemplaren des Mormyrus bane war es möglich sehr interessante Unterschiede in der Form und der Art der Endverzweigungen in den verschiedenen Theilen der elektrischen Platte zu sehen. Während die Endzweige, welche sich an deren Ränder anschließen, dick und plump waren, erschienen die in der Mitte liegenden dünn und zart. — Hier ist auch noch der Umstand zu erwähnen, dass, wie die dicken so auch die dünnen Zweige sich an die Platte je zu zwei, manchmal zu drei und vier derartig befestigen, dass ihre Enden in einer Fläche sehr nahe bei einander zu liegen scheinen; bei erwachsenen oder großen Thieren sind die Endzweige bei ihrer Befestigung an der Platte niemals sehr nahe an einander gerückt, sondern stets verhältnismäßig weit von einander gelegen. Wie bei Mormyrus oxyrhynchus, so sind auch bei Mormyrus bane die Endzweige an der Platte ungefähr in einer Kreislinie befestigt, wie aus beigefügter Zeichnung (s. Fig. 1) zu sehen ist. — Wie bekannt und wie auch schon erwähnt, durchbohren bei Mormyrus cyprinoides die Äste, aus denen die Endverzweigungen treten, die elektrische Platte von vorn nach hinten. Dieselben entspringen nur aus den Enden derjenigen Äste, welche durch die Platte hindurchgedrungen sind. Wie Fritsch zuerst bemerkt hat, geht die Durchbohrung der Platte seitens der verschiedenen Äste nicht auf gleiche Weise vor sich. Der gewöhnlichste Fall ist derjenige, dass der Ast die Platte von vorn nach hinten durchbohrt, während des Durchgangs durch dieselbe ein wenig dünner wird, danach, auf der anderen Seite, merklich anschwillt und nach allen Seiten in radialen Richtungen dünne Zweige aussendet, die sich manchmal dichotomisch verzweigen, dann sich bogenförmig biegend zurückkehren, indem sie sich manchmal in zwei bis drei kleinere Zweige spalten und dann der Platte anschließen. Dieser Fall ist in Fig. 12 dargestellt. Eine andere Durchbohrungsart zeigt Fig. 10. Dieselbe besteht darin, dass der Ast, welcher durch die Platte gedrungen ist, nicht in Endverzweigungen übergeht, sondern

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

in einem Bogen wieder zur vorderen Fläche der Platte zurückkehrt, sich wieder zurückbiegt, zum dritten Mal die Platte durchbohrt und dann erst auf gewöhnliche Art endigt. Wenn man die elektrische Platte von der Fläche betrachtet, so sieht man Bilder wie auf Fig. 2 u. 11. Die Endverzweigungen erscheinen als sternförmige Figuren mit mehr oder weniger gerundeten Umrissen. Nicht selten wird die Grenze einer solchen Sternfigur an der Peripherie derselben durch eine kreisförmige Schlinge der Blutkapillaren bezeichnet. An Querschnitten erscheint die hintere Plattenfläche wie mit einer Franse aus bogenförmigen Schlingen besetzt. In Fig. 7 ist das Bild der Endverzweigungen am Querschnitt einer Platte theilweise dargestellt.

Sowohl bei der Beobachtung der Platte von der Fläche, wie leichter noch an dünnen Querschnitten, überzeugt man sich, dass die blassen Fasern ohne jegliche Abgrenzung mit ihren Endverzweigungen in die Substanz der Platte übergehen. Ehe ich mich jedoch zu dem weiteren Schicksal der Bestandtheile der blassen Faser wende, halte ich es für nothwendig, mich bei dem Bau der Platte selbst ein wenig aufzuhalten. Es wäre überflüssig die Beobachtungen und Meinungen früherer Autoren über diesen Gegenstand einer genauen Prüfung zu unterwerfen, da diese Ansichten jetzt nur noch ein historisches Interesse bieten. Eine dieser Beobachtungen war jedoch von großer Wichtigkeit, nämlich diejenige, dass in den Platten eine quergestreifte, den Muskeln sehr ähnliche, Substanz enthalten ist. Ecker glaubte sich zum Ausspruche berechtigt, es seien in der Platte Nervensubstanz und animale Muskelsubstanz, welche aus der ersteren an einzelnen Stellen hervorgeht, membranartig ausgebreitet und verbunden. Von Markusen wurde die Existenz der quergestreiften Substanz gänzlich in Abrede gestellt. Wo nun das Bild der Querstreifung sichtbar ist, so wird es, wie Markusen meint, durch kleine Wärzchen hervorgebracht, die neben einander liegen und vermuthlich durch eine zusammenziehende Wirkung der Chromsäure auf die Grundsubstanz sich bilden. Kupffer und Keferstein verlegen die quergestreifte Substanz auf die vordere Fläche der elektrischen Platte und meinen, sie habe mit Fältchen gestrichenen Chitinhäuten einige Ähnlichkeit; bei Zusatz von Natron soll die Streifung gänzlich verschwinden.

Die ersten genauen Kenntnisse über die Struktur der elektrischen Platte bei den Mormyriden verdanken wir Babuchin. Seiner Ansicht nach müssen in einer jeden Platte dieser Fische drei Schichten unterschieden werden, welche bei zweckmäßiger Behandlung

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



von einander trennbar sind. Die beiden äußeren Blätter sind beinahe gleich gebaut; sie sind strukturlos, von der Innenseite mit einer Schicht körniger Substanz überzogen und mit unzähligen runden Kernen versehen. Das eine dieser Blätter ist die unmittelbare Fortsetzung der Scheide der blassen Nervenfasern, welche bekanntlich sehr dick sind. Das mittlere Blatt besteht ausschließlich aus platten, sehr dünnen Muskelfasern oder Bändern, welche dicht neben einander liegen. Jede einzelne Faser ist scharf quergestreift; alle zusammengenommen bilden ein muskulöses Blatt, welches gegen den Rand der elektrischen Platte hin stärker wird als in der Mitte und keine mäandrische Zeichnung besitzt. Die Nervenfibrillen sollen sich an der hinteren Schicht der Platte verbreiten, sind aber hier nur mit großer Mühe unterscheidbar, weil sie mit feinen Körnchen beinahe gänzlich überdeckt sind. Diese Körnchen sind schon an den allerletzten Enden der Nervenfasern zu sehen und treten von hier mit den Fibrillen in die Platte hinein. Die Körnchen sind nach Babuchin's Meinung identisch mit der Boll'schen Punktirung bei Torpedo. Es erscheint aber Babuchin ganz willkürlich, die Körnchen für Stäbchen zu nehmen und sie als allerletzte Enden der elektrischen Nervenfasern zu betrachten. Von vielen Einwänden gegen diese Deutung will Babuchin nur den erwähnen, dass die Körnchen sich gegen Überosmiumsäure wie fettartige Stoffe verhalten. »Boll hat bei Torpedo diese Körnchen nur darum gesehen, weil sie leichter und viel stärker durch Osmiumsäure sich färben als die Nerventerminalendchen, mit welchen sie nach Boll's Meinung in organischem Zusammenhange stehen sollen.«

Fritsch's Beschreibung zeigt klar, dass er dieselben Bilder wie Babuchin gesehen hat. Sehr sonderbar aber erscheint es, wenn er diesem Letzteren die Meinung zuschreibt, als liege die Muskelschicht in der vorderen Fläche der Platte, und diese Meinung widerlegt. Die Platten stellen nach Fritsch's Beobachtung abgeplattete Säcke dar, die im Inneren die Muskelsubstanz umschließen. Die vordere Schicht der Platte zeigt unter einem feineren cuticularen Saum eine senkrecht zur Plattenrichtung gestellte Anordnung feiner, etwas stärker lichtbrechender Körnchen in undeutlichen Reihen, die nach Fritsch dem Palissadensaum der Torpedo-Platte gleichwerthig sein dürfte; bei der hinteren Schicht ist dies nicht in gleichem Maße der Fall, doch sieht man an guten Querschnitten, dass die Körnchenpunktirung nicht ganz so regellos ist als die frische Untersuchung glauben machen könnte. Auch hier ordnen sich die groben, durch

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at


Osmium ziemlich dunkel gefärbten Körnchen zu locker gestellten, kurzen und wenig deutlichen Reihen aus spärlichen Elementen gebildet. Wirkliche Fortsätze der Nervenfibrillen des anschließenden Bogensystems sind in der Schicht selbst nicht mehr kenntlich; auch glaubt Fritsch, dass »die Theilchen dieser Fibrillen sich gegen die Platte hin auflösen müssen und zur Körnchenpunktirung werden«.

Das, was ich in Bezug auf den Bau der elektrischen Platte zu beobachten Gelegenheit gehabt habe, stimmt in den Hauptzügen vollkommen mit dem überein, was von Babuchin und Fritsch beschrieben worden ist, doch ist es mir, wie es scheint, gelungen einige Struktureinzelheiten wahrzunehmen, die der Aufmerksamkeit dieser Forscher entgangen waren. Gleich ihnen habe ich mich von dem Vorhandensein von drei Schichten in der elektrischen Platte überzeugt. Wenn Stückchen des Organs lange Zeit zuerst in Hermann'scher Flüssigkeit, dann in 70—80° Weingeist konservirt worden waren, so gelingt es ohne große Schwierigkeit mehr oder weniger große Stücke der vorderen Schicht mit Nadeln abzutrennen; etwas schwerer geht die Sache bei der hinteren Schicht, und es gelingt fast gar nicht einigermaßen erträgliche Präparate der mittleren Muskelschicht zu erhalten. Bei der Betrachtung von der Fläche wird man in der That, wie Babuchin fand, gewahr, dass zwischen dem Bau der vorderen und demjenigen der hinteren Schicht kein merklicher Unterschied besteht. Beide erscheinen feinpunktirt, die Punktirung ist regelmäßig geordnet und erinnert sehr an diejenige der Platten bei Torpedo und ist nur merklich gröber als bei diesen. Beinahe gleichmäßig sind auch die zahlreichen kleinen ovalen Kerne vertheilt. Bei stärkeren Vergrößerungen kann man sehen, dass sowohl die Punktirungen, wie auch die Kerne in einer homogenen Masse liegen, deren Eigenschaften zu bestimmen jedoch an solchen Präparaten nicht gelingt. Ohne besondere Schwierigkeit kann die Bestimmung an Querschnitten vorgenommen werden, von denen sogleich die Rede sein wird. Man kann überhaupt sagen, dass die bei der Flächenansicht bemerkbaren Unterschiede zwischen den beiden Schichten davon abhängen, dass sich an die hintere Schicht blasse Fasern ansetzen, an die vordere nicht. — Viel lehrreicher sind dünne Querschnitte durch die Platte, namentlich solche, die in frontaler Richtung, d. h. in einer zur Wirbelsäule perpendikulären horizontalen Fläche ausgeführt werden. An solchen Querschnitten sieht man, dass die Platte vorn nicht von einer glatten, sondern stets von einer leicht gewellten Linie begrenzt ist, so dass auf der Platte in

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



schwachem Grade die Warzen angedeutet sind, die man bei Gymnotus oder Malapterurus so stark entwickelt findet. An gut konservirten Präparaten kann man ferner, namentlich bei Anwendung von Objektiven mit homogener Immersion, sehr deutlich sehen, dass die Punktiruug nicht, wie Babuchin und Fritsch behaupteten, durch Reihen feiner Körnchen gebildet wird, sondern aus dünnen, sehr nah an einander gereihten, geraden, perpendikulär zu den Flächen der Platten und den sie bedeckenden Membranen stehenden, fibrillären Stäbchen besteht (Fig. 8). Die gegen die Oberfläche gerichteten Enden der Stäbchen berühren die Membran, während die nach innen gekehrten Enden von der Muskelschicht durch eine dünne Zwischenlage einer homogenen Substanz getrennt sind. Das Zerfallen der Stäbchen in Reihen von Punkten kann nur an unvollkommen fixirten Präparaten beobachtet werden; man sieht es nicht selten an mittels Osmiumsäure fixirten, besonders wenn nicht sehr kleine Stücke oder solche von soeben getödteten Fischen genommen werden.

Viel seltener lässt sich dieser Zerfall an mittels Hermann'scher Flüssigkeit hergestellten Präparaten beobachten und ist leichter an den inneren, der Mitte der Platte zugekehrten Enden der Stäbchen zu bemerken. Hier fehlt derselbe auch an sehr gelungenen Präparaten nicht immer. — Wenn man die Stäbchen der vorderen und der hinteren Plattenflächen vergleicht, so findet man keinen anderen merklichen Unterschied als den, dass diejenigen der ersteren etwas länger sind. An Querschnitten ist es leicht zu bemerken, dass die Stäbchenschicht an der Vorderfläche der elektrischen Platte sich in die trichterförmig erweiterten Enden der in die elektrischen Platten tretenden Endverzweigungen der blassen Fasern hineinbiegen. Daher erscheint selbstverständlich die Stäbchenschicht an der Hinterfläche der Platte entweder unterbrochen, oder die Stäbchen derselben erscheinen an den Stellen des Eintritts der blassen Fasern unregelmäßig angelegt, je nachdem an welcher Stelle und wie der Schnitt geführt worden ist. Das Durchdringen der dicken Fasern durch die Vorderfläche der Platte bei Mormyrus cyprinoides ändert nicht merklich die Lage der Stäbchen.

Alles hier Dargestellte zusammenfassend, kann man sagen, dass wie die vordere, so auch die hintere Fläche der elektrischen Platte bei den Mormyriden nichts Anderes als einen sehr entwickelten Palissadensaum oder die Boll'sche Punktirung vorstellt. Wenn man den Palissadensaum der Mormyriden mit demjenigen anderer elektrischer Fische vergleicht, so fällt ein sehr großer Unterschied

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

zwischen denselben sowohl in der Anordnung, als auch in dem Aussehen der Stäbchen ins Auge. Der Anordnung der Stäbchen an der vorderen und hinteren Fläche der Platte nach erinnern die Mormyriden an Gymnotus, bei welchem Ballowitz[1] vor Kurzem in einer höchst interessanten Arbeit Stäbchen oder wenigstens solchen sehr ähnlich sehende Bildungen auch in der vorderen Fläche der elektrischen Platten dieser Fische beschrieben hat. Dem Gymnotus sind die Mormyriden auch in der regelmäßigen Vertheilung der Punktirung ähnlich, indem sie in dieser Hinsicht an Raja und junge Torpedo erinnern. Mit Gymnotus scheinen die Mormyriden theilweise auch die Form der Stäbchen gemein zu haben. Ballowitz sagt: »Die Stäbchen bei Gymnotus erscheinen zuweilen uneben, fast körnig, von fädchenförmigem Charakter.« Endkügelchen, die Ballowitz bei Torpedo beschrieben hat, habe ich an den Stäbchen auch niemals finden können. Letztere waren, wenn sie nicht in Körnchen zerfielen, in allen ihren Theilen von gleichem Durchmesser. Die Stäbchen bei den Mormyriden überraschen noch durch ihre im Vergleich mit solchen bei anderen elektrischen Fischen bedeutende Länge, sowie dadurch, dass sie im Querschnitt der Platte verschiedene Länge haben und zwar so, dass die nach dem Inneren der Platte gekehrten Enden der einen mehr, der anderen Stäbchen weniger hervortreten, daher die Linie, die im Querschnitt diese Enden mit einander verbindet, keine gerade, sondern eine wellenförmige ist. Freilich könnte diese Erscheinung zum Theil im Verschrumpfen und der partiellen Zusammenziehung der Platte ihre Erklärung finden; doch scheint es keinem Zweifel zu unterliegen, dass dieselbe auch an ganz gut konservirten Präparaten beobachtet werden kann. In meiner Arbeit über die Entwicklung des elektrischen Organs bei Torpedo ist es mir gelungen zu zeigen, dass die Stäbchen des Boll'schen Palissadensaumes die Reste an ihrer Stelle früher dagewesener quergestreifter Fibrillen darstellen und sich jedenfalls in dem Protoplasma des Plattenbildners differenziren. Dasselbe ist, wie mir scheint, auch von den Stäbchen im elektrischen Organ der Mormyriden anzunehmen. Es ist leicht zu sehen, dass dieselben in einer homogenen Substanz (Protoplasma) liegen, welche die Grundmasse der Platten bildet.

Zweitens ist es auch nicht schwer zu bemerken, dass die Membran der Platte in ihren Eigenschaften mit den Stäbchen nichts gemein hat. Während letztere leicht in Körnchen zerfallen, zeigt das Elek-

[1] l. c. Archiv für mikr. Anat. Bd. L. p. 721—725.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



trolemma niemals, auch nicht bei der gröbsten Bearbeitung der Präparate (Weingeist, MÜLLER'sche Flüssigkeit und nachfolgende lange Aufbewahrung in Kampherwasser) Neigung in Körnchen zu zerfallen. Interessant ist es auch noch zu bemerken, dass sich in der Platte Stäbchen nur dort befinden, wo es quergestreifte Muskeln giebt und dass auf den blassen Fasern keine zu finden sind, obgleich dieselben von dem Elektrolemma ganz bedeckt sind. Die Frage über die Bedeutung der Stäbchen in den Organen der Mormyriden kann ihre endgültige Beantwortung natürlich erst durch das Studium der Entwicklungsgeschichte dieser Organe finden, welches bis jetzt noch Niemand unternommen hat.

Ich gehe nunmehr zu der mittleren Schicht der Platte über. Bei der Untersuchung einer großen Anzahl von Platten kommt man leicht zu dem Schlusse, dass die mäandrische Zeichnung, von der alle Beobachter von ECKER an reden, nicht leicht an einer jeden Platte, die von der Fläche betrachtet wird, zu sehen ist. Am häufigsten bemerkt man gar keine Streifung oder nur eine sehr unvollkommene. Darin liegt wahrscheinlich der Grund, dass manche Beobachter, wie z. B. MARKUSEN, die Gegenwart von Muskelfasern in den Platten ganz in Abrede gestellt haben und bereit gewesen sind dieselben für ein besonderes Bindegewebe mit einem in dasselbe eingefügten Nervenendapparat zu erklären. Auf die Ursache der Schwierigkeit die Streifung wahrzunehmen und die Muskeln zu untersuchen hat BABUCHIN hingewiesen. Sehr bald nach der Tödtung des Fisches, möglicherweise, wie mir scheint, noch während er am Leben ist, bei der erhöhten Thätigkeit der Organe während des Tödtungsprocesses und dem Präpariren des Fisches, beginnt eine eigenthümliche Veränderung in den Muskelfasern, welche BABUCHIN eine Gerinnung derselben nennt. Letztere Erscheinung besteht darin, dass die Querstreifung verschwindet, die Fasern sich in wurstförmige, manchmal unregelmäßig gebogene Körper verwandeln. Oft erscheint an der Stelle des Muskelblattes nach der Gerinnung der Muskeln ein mehr oder weniger grobes Netz, welches bei Betrachtung der Platte von der Fläche durch die angrenzenden Schichten hindurchschimmert. Wie ich mich mehrmals überzeugt habe, eignet sich Osmiumsäure nicht gut zur Fixirung von Muskeln. Es scheint, dass in derselben die Muskelschicht besonders leicht die Gestalt eines Netzes annimmt. Etwas geeigneter erscheint in dieser Hinsicht die HERMANN'sche Flüssigkeit. Um mittels derselben ein gutes Präparat zu erhalten muss man den Fisch, ohne ihn anzurühren, in einer Schüssel mit

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Wasser sterben lassen. In diesem Falle bleibt die Streifung sogar an Weingeistpräparaten sichtbar. In verschiedenen Richtungen ausgeführte Querschnitte der Platten mit einander kombinirend, kann man über die Anordnung der Muskelfasern in der mittleren Schicht zu folgenden Schlüssen gelangen. Der Peripherie entlang zieht sich ein Randbündel, welches im Querschnitt aus mehreren Fasern besteht (s. Fig. 7). Wie aus derselben Zeichnung ersichtlich, erscheint der Rand der Platte, wo sich dieses Bündel hindurchzieht, verdickt. In der Mitte der Platte scheinen die Muskelbündel hauptsächlich vom inneren Rande zum äußeren zu gehen. In der Richtung von vorn nach hinten ist deren Schicht merklich dünner als am Rande, aber besteht aus zwei bis vier nicht ganz eng an einander liegenden Reihen von Fasern. An den Stellen, wo die Fasern aus der vorderen Schleimschicht sich zu der hinteren hinziehen, bildet die Muskelschicht bei Mormyrus cyprinoides, wie schon Ecker bemerkt, Verdickungen (s. Fig. 9, 10, 12). Wie bekannt, hielt Ecker das verdickte Ende der dicken blassen Fasern, welches die Platte durchbohrt, für Ganglienzellen, und da er diese Verdickungen von der quergestreiften Substanz umfangen sah, so sprach er, wie schon erwähnt, die Ansicht aus, dass die elektrische Platte aus einer eigenthümlichen Kombination von Muskel- und Nervengewebe bestehe.

Einige Beobachter, wie z. B. Markusen und später Hartmann[1] nahmen eine Querstreifung auch an den Endverzweigungen wahr. Man kann sich aber unschwer überzeugen, dass die quergestreiften Muskelfasern niemals bis hierher reichen. Die Streifung entsteht hier in Folge des Zerfalls der Achsencylinder in Körnchen, welche durch mehr oder weniger regelmäßige Anordnung gewissermaßen an ein durch Muskelfasern geliefertes Bild erinnern können.

Wollen wir jetzt sehen, wie sich die Enden der blassen Fasern mit den Platten verbinden und was das weitere Los der Bestandtheile dieser Fasern ist. Es ist besonders an dünnen Querschnitten leicht wahrzunehmen, dass, wie auch schon weiter oben öfters erwähnt worden ist, die Bestandtheile derselben unmittelbar in die Platten übergehen. Wenn, wie bei großen Mormyrus oxyrhynchus, die faserige bindegewebige Membran sich bis zu den letzten Verzweigungen der Fasern erstreckt, so geht sie, hier dünner werdend, in das Schleimgewebe der hinteren Schleimschicht über. Das unter

---

[1] Hartmann, Bemerkungen über die elektrischen Organe der Fische. Archiv für Physiologie. Reichert und du Bois-Reymond. 1861. p. 646—669.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



dieser Membran liegende dünne Elektrolemma breitet sich über die Platte aus, indem es dieselbe gleichfalls, wie auch die blassen Fasern, als eine dunkle Randlinie bedeckt. Die ovalen Kerne dieser Fasern gehen in die Platten über und ordnen sich hier unter dem Palissadensaum in eine unterbrochene Reihe. Die helle Substanz, die den Raum zwischen der Membran und dem Bündel von Achsencylindern einnimmt, geht unmittelbar in eine gleiche Substanz der Platte über. Dieser Übergang ist nicht nur an Querschnitten, sondern auch bei Betrachtung der Platten von der Fläche zu bemerken. Bei der Stellung des Objektivs auf die Enden der Fasern erscheinen dieselben in Gestalt von Kreisen, die mit einer dünnen dunklen Linie — dem Elektrolemma — eingefasst sind; im Centrum sieht man das sehr dünn gewordene, von einem hellen Kreise homogener Substanz umgebene Bündel von Achsencylindern. Indem man den Tubus des Mikroskops hebt und senkt, kann man bemerken, dass diese Substanz in diejenige der Platte übergeht. Deutlicher ist die helle Substanz in den Räumen zwischen der Muskelschicht und den beiden Palissadensäumen zu sehen. Wenn die schmalen Muskelfasern ein wenig aus einander gehen, was nicht selten vorkommt, so ist die homogene Substanz auch zwischen denselben zu sehen. Es ist interessant zu bemerken, dass man hier in derselben eine zarte netzförmige Struktur antrifft, die sehr an die von Ballowitz in den Platten bei Torpedo, Raja und Gymnotus beschriebene erinnert. Doch ist, wie es scheint, eine solche Struktur bei den Mormyriden nicht so klar ausgeprägt wie bei den erwähnten Fischen.

Was wird nun aus den Bündeln von Achsencylindern? Trotzdem ich dieser Frage die meiste Zeit und Arbeit gewidmet und trotzdem die verschiedenen Methoden ganz übereinstimmende Bilder geliefert haben, kann ich dieselbe nicht für erschöpft ansehen. Mehr oder weniger einfach kann man sich davon überzeugen, dass die Achsencylinder nicht in Stäbchen der Punktirung, wie Fritsch behauptet, zerfallen. An Querschnitten von Präparaten, in denen die Achsencylinder körnig geworden und die Stäbchen auch in Körner zerfallen sind, ist es leicht durch tangentiale Schnitte durch die Stellen, in denen die Endverzweigungen mit der hinteren Fläche der Platte verschmelzen, irre geführt zu werden. Es kann an solchen Querschnitten scheinen, als seien die Fädchen (Fibrillen) der Achsencylinder von den Stäbchen nicht unterscheidbar; wenn aber die Präparate gut konservirt sind und der Schnitt durch die Achse des Bündels geführt wird, so werden die oben aus einander gesetzten einfachen Verhältnisse der Stäbchen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at


zu den Endbündelchen der Achsencylinder leicht verständlich. Außerdem, wenn die Nervenfibrillen in Stäbchen zerfielen, auf welche Weise könnte diese Erscheinung an der vorderen Fläche der Platte stattfinden? Man müsste annehmen, dass sich die Achsencylinder am Rande der Platte von hinten nach vorn hinüberbiegen oder aber durch die Muskelschicht dringen. Es unterliegt jedoch keinem Zweifel, dass weder Stäbchen noch Nervenfäden sich von einer Fläche zur anderen über den Rand hinüberbiegen. Wie Fig. 8 zeigt, wird die Kante nur von der Membran und einer dünnen Schicht homogener Substanz gebildet und findet hier ein Übergang von Elementen von einer Seite zu der anderen nicht statt. Von einem Durchgang durch die Muskelschicht ist auch keine Spur zu bemerken.

An Präparaten, welche mit Osmiumsäure, Hermann'scher Flüssigkeit und Goldchloridkalium behandelt worden waren, ist es mir öfters gelungen Bündel von Fibrillen der Achsencylinder bis zu den inneren Enden der Stäbchen an der hinteren Fläche zu verfolgen. Dieselben biegen hier in horizontaler Richtung ab, indem sie augenscheinlich seitwärts etwas aus einander gehen und dem Auge des Beobachters vollständig verschwinden. Dasselbe Resultat erhielt ich durch Golgi's Methode. Die Verzweigungen der blassen Fasern gelingt es verhältnismäßig leicht bis zu den Endverzweigungen mit Silber zu imprägniren, doch bleibt die Imprägnation immer an der hinteren Fläche der Platte stehen und geht nicht weiter als die hinteren Stäbchen; die imprägnirten Endzweige sahen stumpf, wie abgeschnitten aus (Fig. 11). — Ich will hier gleich bemerken, dass es mir niemals gelungen ist Stäbchen zu imprägniren, was, wie bekannt, bei Torpedo verhältnismäßig leicht gelingt. — Fußend auf solchen Präparaten muss man somit annehmen, dass die Nerven der elektrischen Platten bei den Mormyriden an der hinteren Stäbchenschicht endigen. Ob aber die letzten sichtbaren freien Enden für die wirklichen Enden derselben zu halten sind, was sehr wahrscheinlich ist, oder aber die Nervenfibrillen bis zu den Muskeln reichen und in oder neben denselben endigen, das zu entscheiden haben die von mir angewandten Untersuchungsmethoden keinen genügenden Anhalt gegeben. Von netzförmigen Endigungen habe ich auch keine Spur gefunden, da ich die Netze, die ich im Inneren der Platte gesehen und von denen ich oben gesprochen, für künstlich hervorgebracht, für ein Gerinnungsprodukt der Muskelfasern halte. Jedenfalls ist über die Nervenendungen der Platten bei den Mormyriden das letzte Wort noch nicht gesprochen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at


Wie aus dem Dargelegten ersichtlich ist, bilden die blassen Fasern mit allen ihren Verzweigungen bei den Mormyriden mit der elektrischen Platte ein Ganzes. Fritsch ist bereit die Fasern für Auswüchse der Platte selbst zu halten und dieselben »mit ihren Ausbreitungen an der Platte der sogenannten Sohle an der motorischen Endplatte der Muskeln« gleichzustellen. Es ist nicht zu leugnen, dass die homogene Substanz der Platte dem Sarkoplasma, die Kerne den Muskelkernen, die Membran der Platte oder Elektrolemma dem Sarkolemma für homolog erklärt und die blassen Fasern für eine modificirte motorische Platte angesehen werden können. Man muss aber nicht vergessen, dass die Platte bei den Mormyriden viele Muskelfasern in sich schließt. Schon dies Eine bringt die eben angeführte Homologie um die Hälfte ihres Werthes. Nur die Entwicklungsgeschichte kann uns den eigenthümlichen Bau des schwachen elektrischen Organs bei den Mormyriden besser verstehen und eine besser begründete Homologie zwischen deren Struktur bei diesen Fischen und derjenigen dieser Organe bei den Torpedo und Raja durchführen lehren. Immer ist zwischen dem Bau der Platten bei den Mormyriden und der Struktur derselben bei Raja clavata, asterias etc. eine große Ähnlichkeit vorhanden. Wie bekannt, können hier nach Ballowitz's Terminologie drei Schichten unterschieden werden: 1) die vordere Rindenschicht; 2) die (lamelläre oder mäandrische) Innensubstanz; 3) die hintere (unregelmäßig netzförmige) Rindenschicht. Die erste und dritte gehen unmittelbar in einander über, indem sie die zweite von allen Seiten umfassen. Letztere stellt, wie zuerst Babuchin's, dann eingehender Engelmann's Untersuchungen gezeigt haben, nichts Anderes, als eine Modifikation der kontraktilen Substanz der Muskelfaser vor. In der vorderen Rindenschicht haben Ballowitz und Andere eine sehr deutliche Palissade von Boll'schen Stäbchen gezeigt; weniger deutlich ist diese, wie Ballowitz gefunden, in der hinteren Rindenschicht ausgedrückt. Die ganze Platte ist von einem dünnen Elektrolemma umgeben und in ein Fach eingeschlossen, welches vor und hinter der Platte voll eines gallertigen Gewebes ist. Im Gegensatz zu Mormyrus und anderen elektrischen Fischen treten bei Raja die Nerven von vorn heran und endigen an der Vorderfläche der Platte. Es ist bemerkenswerth, dass die Anordnung der Nerven bei Mormyrus cyprinoides in dieser Hinsicht so zu sagen eine Übergangsform bietet. Wenn man die Frage nach der Entwicklung bei Seite ließe, so wäre die Homologie in der Struktur der Platte eine volle, wenn letztere bei den Mormyriden nicht so

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

zahlreiche Muskelfasern enthielten. Es ist jedoch sehr interessant zu bemerken, dass bei sehr kleinen Mormyrus bane, die ich unter den Händen gehabt habe, die Platten sehr dünn waren, was daher kam, dass die mittlere Muskelschicht in denselben sehr schwach, während die übrigen Theile gut entwickelt waren.

Jedenfalls kann ich nicht umhin Ballowitz darin beizustimmen, dass in der Struktur und dem feineren Bau sowohl der starken wie auch der schwachen elektrischen Organe eine bemerkenswerthe Ähnlichkeit besteht. Nicht nur ist bei den Organen von Mormyrus, Raja, Torpedo und Gymnotus ein und dasselbe Material zur Anwendung gekommen, die Vertheilung desselben ist in den wesentlichen Zügen die gleiche.

Zum Schluss kann ich nicht umhin dem Herrn Sekretär der russischen Gesandtschaft in Kairo N. Preobraschenski und dem Herrn Professor Sickenberger daselbst für den liebenswürdigen Beistand, den sie mir bei der Erlangung des Materials, ohne welches die Ausführung dieser Arbeit unmöglich gewesen wäre, geleistet haben, meinen innigen Dank auszusprechen.

Moskau, im April 1898.

---

## Erklärung der Abbildungen.

### Tafel XVIII.

Sämmtliche Abbildungen sind mit Hilfe der Abbe'schen Camera unter den angegebenen Linsensystemen gezeichnet, die Zeichnungen in der lithographischen Ausführung um die Hälfte verkleinert.

Fig. 1. Mormyrus bane. Stück der elektrischen Platte mit den daran tretenden blassen Fasern, von der hinteren Fläche gesehen. Apochr. 8/0,65, Zeiss, Comp. Oc. 4.

Fig. 2. Mormyrus cyprinoides. Theil der elektrischen Platte von der hinteren Fläche gesehen. Das Mikroskop auf die Enden der blassen Fasern (*a*) und deren bogenförmige Endverzweigungen eingestellt. Apochr. 4/0,95, Comp. 4.

Fig. 3. Mormyrus cyprinoides. Konischer Anfangstheil (*a*) der blassen Faser (*c*) nach der Entfernung der Myelinfasern, deren Reste noch bei *b* zu sehen sind. An der Oberfläche des Anfangskegels und der von demselben abgehenden Äste ist eine äußerst feine Membran zu sehen, unter welcher zahlreiche Kerne liegen. Apochr. 8/0,65, Comp. 4. Osmiumsäure 1%. Achsenstrang nicht angegeben.

Fig. 4. Querschnitt einer blassen Faser. *a*, kapillares Blutgefäß; *b*, homogene Substanz; *c*, Achsenstrang, an dessen Peripherie zerstreute Querschnitte der Fäserchen sichtbar sind; *d*, feine Membran und Kerne; *f*, das umgebende Schleimgewebe mit Zellen und Fasern. Apochr. 4/0,95, Comp. 4.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



Fig. 5. Mormyrus cyprinoides. Theil der abgetrennten vorderen Rindensubstanz der Platte. *a*, Löcher, durch welche die blassen Fasern (*b*) durchgehen; *c*, Grundsubstanz der Schicht, an welcher Kerne und BOLL'sche Punktirung zu sehen sind. Osmiumsäure 1%, Apochr. 4/0,95, Comp. 4.

Fig. 6. Mormyrus cyprinoides. Ringförmige Verdickungen der Muskelschicht der Platte an Durchgangsstellen der blassen Fasern. Alkohol 70%, Apochr. 4/0,95 ZEISS, Comp. Oc. 4.

Fig. 7. Mormyrus cyprinoides. Horizontaler Schnitt durch das Organ. *a*, vordere, *b*, hintere Rindenschicht der elektrischen Platte. An die hintere Schicht setzen sich zahlreiche Endverzweigungen der blassen Fasern an; *c*, Muskelschicht der Platte; *dd'*, Schleimgewebe vor und hinter der Platte; *e*, bindegewebige Scheidewand; *f*, Stück einer im Schnitte getroffenen blassen Faser; *ii*, Blutgefäße; *g*, innere Kante der Platte, einen dickeren Randsaum der Muskelschicht enthaltend und von homogener Substanz bedeckt; *h*, Aponeurose; *k*, Fettzellen. HERMANN'sche Flüssigkeit, Apochr. 4/0,95 ZEISS, Comp. 4.

Fig. 8. Mormyrus oxyrhynchus. Horizontaler Querschnitt durch die Platte. *a*, Endverzweigungen der blassen Nervenfasern, welche in die hintere Fläche der Platte übergehen; *bb'*, feine Deckmembran der Platte (Elektrolemma nach Terminologie von BALLOWITZ); *cc'*, vordere und hintere Rindenschicht mit BOLL'schen Stäbchen; *d*, Muskelfasern; in der dieselben umgebenden durchsichtigen Substanz ist eine äußerst feine netzartige Struktur bemerkbar. Osmiumsäure 1%, Apochr. 1,3/2 h. I. ZEISS, Comp. 4.

Fig. 9. Mormyrus cyprinoides. Isolirte Endäste der blassen Fasern. *a*, feine Membran und Kerne; *b*, Achsenstrang; *c*, von der Platte abgerissene Enden der letzten Verzweigungen. HERMANN'sche Flüssigkeit, Apochr. 3/0,95 ZEISS, Comp. 4.

Fig. 10. Dreifache Durchbrechung der elektrischen Platte durch die blasse Faser. Horizontaler Querschnitt. Apochr. 8/0,65, Comp. 4.

Fig. 11. Mormyrus cyprinoides. Endverzweigungen der blassen Fasern nach Silberimprägnation nach R. CAJAL von der Fläche gesehen. Apochr. 8/0,65. Comp. 4.

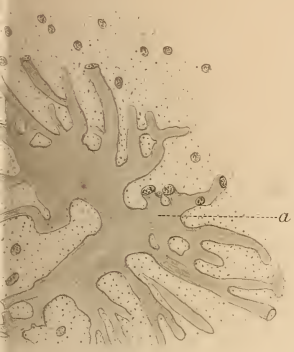
Fig. 12. Mormyrus cyprinoides. Endanschwellung der blassen Faser (*a*) sammt deren bogenförmigen Endverzweigungen, welche in die Platte übergehen. *a*, *b*, *c*, Schichten der Platte. HERMANN'sche Flüssigkeit, Hämatoxylin nach M. HEIDENHAIN. Apochr. 3/0,95, Comp. 4.

Fig. 13. Mormyrus cyprinoides. Übergang der Myelinfasern (*a*) in die blasse Faser (*b*). Apochr. 8/0,65, Comp. 4.

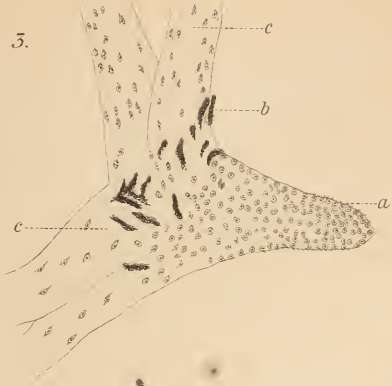
Fig. 14. Verzweigungen der blassen Faser und deren Bestandtheile. HERMANN'sche Flüssigkeit. Apochr. 4/0,95, Comp. 4.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

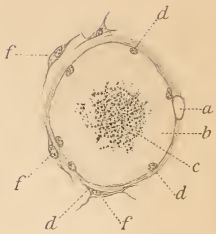




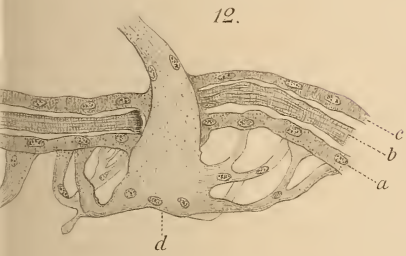

3.



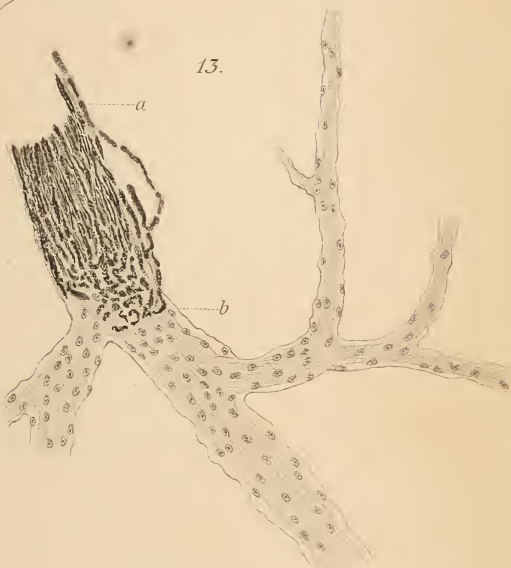

4.



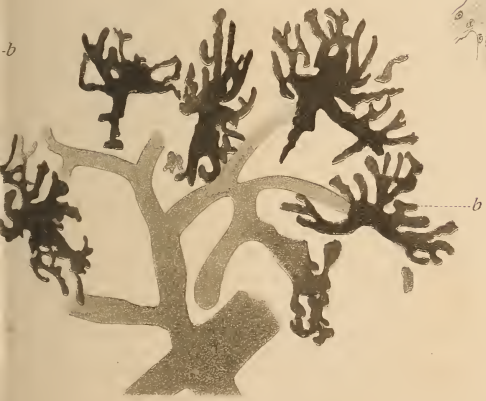

12.



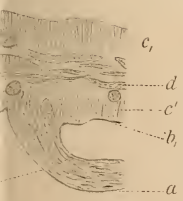

13.




11.




14.



© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie

Jahr/Year: 1898

Band/Volume: 64

Autor(en)/Author(s): Ogneff J.

Artikel/Article: Einige Bemerkungen über den Bau des schwachen elektrischen Organs bei den Mormyriden. 565-595