

glänzend goldgrün, die an Getöteten häufig in Blaugrün sich verwandelt oder übergeht. — Betreffs der Spezies teilte mir Herr Prof. Girschner u. a. noch mit: „Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Moniez'sche Art *L. bufonivora* mit *L. splendida* oder *syllarum* identisch ist . . .“

Weiter gehe ich, wie gesagt, an dieser Stelle auf speziellere Untersuchungen nicht ein.

Am Schlusse dieser Mitteilungen möchte ich nicht unterlassen, den Herren Alex. Reichert (Leipzig) und Prof. E. Girschner (Torgau) für ihre Mühewaltung meinen besten Dank auszusprechen.

Leipzig, den 23. April 1906.

### Bemerkungen zu Fig. 1—3, Taf. I.

(Die Figuren sind zum Teil etwas schematisiert.) Dunkel- oder hellrot: Die Fraßhöhlen, bezw. -stellen.

Figur 1, 2 *a*, *b*, 3 *a*, *e*, *f*—*i* bedürfen keiner weiteren Erklärung (s. Text).

Figur 2 *c*. Man sieht in den weit geöffneten Rachen der Kröte; die Zunge ist zurückgeschlagen. Oben links die den häutigen Gaumen durchbrechenden Öffnungen der rechten Fraßhöhle, durch das querverlaufende os palatinum getrennt, in der größeren unteren (dunkelrot) der unversehrte Angapfel nebst Nerv (hellrot) sichtbar; oben rechts die Mündung der rechten Fraßhöhle, gleichfalls den Gaumen durchbrechend. Vor dem aus dem Schlund hervortretenden oberen Teil des Kehlkopfes der große Schleimpfropf.

Figur 3 *b*. Die Larven kommen mit den Stigmen des Aftersegmentes in der Fraßhöhle zum Luftholen rückwärts an die Oberfläche (s. S. 639).

Figur 3 *d*). Der Krötenkadaver von der Rückenseite. Hellrot die Fraßstelle in ihrer Ausdehnung auf der Oberseite des rechten Oberschenkels; dunkelrot die von der ausgefressenen Leibeshöhle aus nach oben durchgefressene Öffnung.

Figur 3 *e*. Der Krötenkadaver von der Bauchseite. Man sieht in die völlig ausgefressene Leibeshöhle; auf der Rückenseite der noch in Zusammenhang befindliche Teil der Wirbelsäule; ferner die rechte scapula und zum Teil abgenagte Knochenpartien der Beckenregion.

## Zur Frage von dem feineren Bau der elektrischen Organe der Fische.

Von O. Schultze in Würzburg.

Im Jahre 1894 leitete Th. W. Engelmann seine Arbeit über die elektrischen Organe von *Raja*<sup>1)</sup> mit folgenden Worten ein:

„Durch A. Babuchin's denkwürdige Entdeckung der Entwicklung der elektrischen Organe aus Muskelfasern ist, wie durch jeden großen anatomischen Fund, der Physiologie eine Fülle neuer Probleme, zugleich aber auch die Aussicht auf Lösung wichtiger

1) Th. W. Engelmann, Die Blätterschicht der elektr. Organe v. *Raja* in ihren genetischen Beziehungen zur quergestreiften Muskelsubstanz. Pflüger's Arch. 57. 1894.

alter Aufgaben eröffnet worden. Eine genaue Verfolgung der Prozesse, durch welche sich die zuckende Faser zum elektrischen Apparat umbildet, musste vor allem Aufschluss versprechen über Sitz und Wesen sowohl einerseits des Kontraktionsvermögens als andererseits der elektromotorischen Wirksamkeit. Es war zu erwarten, dass in dem Maße, als das Zuckungsvermögen sich zurückbildete, auch die materiellen Grundlagen, an welche dasselbe gebunden ist, einer Rückbildung unterliegen würden, und dass auf der anderen Seite mit zunehmender Steigerung der elektromotorischen Fähigkeiten die Organisationsverhältnisse, welche Träger dieser letzteren Fähigkeiten sind, sich deutlicher und deutlicher ausbilden würden.

Nirgends in der organischen Natur ist ein ähnlich großartiger, jene fundamentalen Erscheinungen vitaler Erzeugung mechanischer und elektrischer Energie betreffender Struktur- und Funktionswechsel in auch nur annähernd vollkommener Weise der Untersuchung zugänglich, ja überhaupt bisher wahrgenommen. Doch haben gerade die angedeuteten Probleme bisher noch nicht die gewünschte allseitig eingehende Behandlung seitens der zahlreichen vortrefflichen Forscher gefunden, welche die Entdeckung des russischen Histiologen weiter verfolgten. Im großen und ganzen ist man nicht viel weiter gekommen, als zu dem schon von Babuchin formulierten allgemeinen Ergebnis, dass die Substanz der Muskelfaser unter Verlust der Kontraktilität und des spezifischen Baues zu dem einen, dem sogenannten muskulären oder metasarkoplastischen, die motorische Nervenendigung zu dem anderen, dem nervösen Gliede des elektrischen Organs sich umbildet.“

Mit Recht hebt dann Engelmann hervor, dass für das Studium der histologischen und funktionellen Umgestaltung der als Muskulatur angelegten Organe in erster Linie die pseudoelektrischen, mit geringer elektromotorischer Wirksamkeit begabten Organe von *Raja* geeignet seien, da hier in Gestalt der sogenannten lamellosen oder mäandrischen Schicht der Organe noch Reste der quergestreiften Substanz sich dauernd erhalten, während bei *Torpedo* von fibrillärer Muskelstruktur keine Reste mehr aufzufinden sind.

Durch die grundlegenden Untersuchungen Babuchin's war zwar nachgewiesen, dass die mäandrische Schicht aus der quergestreiften Substanz hervorgeht, doch wussten wir nicht, welche Homologien zwischen den Lamellen der Blätterschicht und den Querschichten der Muskelfasern bestehen und speziell nicht, ob die stark lichtbrechenden dünnen Lamellen der Blätterschicht den anisotropen oder den isotropen Querscheiben der Muskelfaser entsprechen und wie die schwach lichtbrechenden Schichten sich im polarisierten Lichte verhalten. Diese Frage schien Engelmann besonders deshalb von Bedeutung, weil nach seiner Auffassung die doppeltbrechenden Fibrillenglieder und speziell die metabolen Teile

(Rollet) Sitz der Kontraktilität sind, während die isotropen Teile (die arimetabolen Rollet's) wesentlich bei dem Leitungsvermögen und den elektromotorischen Prozessen beteiligt sein sollen. Engelmann wies nach, dass die dünnen stark lichtbrechenden Schichten der Lamellensubstanz des elektrischen Organes von *Raja* aus den isotropen, die dicken schwach lichtbrechenden Schichten aus den anisotropen Schichten der Muskelfasern hervorgehen. Die metabolen, ursprünglich anisotropen Schichten werden bei der Umwandlung der Muskelfaser in die Platte schwach lichtbrechend und verlieren ihr Doppeltbrechungsvermögen, die arimetabolen, ursprünglich isotropen werden stark lichtbrechend und fester. Im einzelnen hat Engelmann die morphologischen und chemisch-physikalischen Umwandlungsvorgänge der quergestreiften Substanz der Muskelfaser in die Blätterschicht genau verfolgt. Er findet in dieser Umwandlung und speziell in der proportional dem Verlust der Kontraktilität erfolgenden Abnahme des Doppeltbrechungsvermögens eine neue Stütze für seine Annahme, dass die metabolen Glieder der Muskelfibrillen Sitz und Quelle der verkürzenden Kräfte des Muskels sind. Andererseits bemerkt Engelmann, dass das Bestehenbleiben und die Zunahme der isotropen Fibrillensubstanz in guter Übereinstimmung steht mit der von ihm früher begründeten Vorstellung, dass die elektromotorischen Prozesse im Muskel an die reizleitende isotrope Substanz gebunden seien. Jedoch macht er selbst den Einwand, dass bei den stark elektrischen Fischen, z. B. bei *Torpedo*, überhaupt gar keine Reste von Fibrillen, bezw. Lamellensubstanz mehr vorhanden sind. In der Tat scheint mir der Umstand, dass die elektromotorische Wirkung der Organe bei den pseudoelektrischen und den elektrischen Fischen in dem Maße zunimmt, als die Fibrillensubstanz abnimmt, von größter Bedeutung zu sein. Die Tatsache, dass in den Platten von *Torpedo* jeder Rest von Fibrillensubstanz schon frühzeitig völlig schwindet, zwingt uns meiner Überzeugung nach, bei der Frage nach dem Sitz der elektrischen Energie die Fibrillensubstanz sowohl bei den schwach- als bei den starkelektrischen Fischen ganz fallen zu lassen.

Histologie und Histogenese der Platten müssen der physiologischen Forschung vorarbeiten, wenn es sich darum handelt, welcher Art die Substanz ist, in die wir den Sitz der Elektrizitätsentwicklung zu verlegen haben. Der die Histogenese untersuchende Anatom hat sich, wenn er zu physiologischer Betrachtung übergeht, von dem oben ausgesprochenen Gedanken Engelmann's leiten zu lassen, dass bei der Umwandlung der Muskelfaser in die elektrische Platte mit der Steigerung der elektromotorischen Wirksamkeit auch diejenigen Strukturen, an welche diese gebunden ist, sich immer deutlicher und massiger ausbilden.

Der Prüfung der Histogenese eines Organes hat zweckmäßigerweise die möglichste Erkenntnis und richtige Auffassung des ausgebildeten Organes vorauszugehen. Hier aber stoßen wir sofort auf eine große Schwierigkeit: Es gibt heute keine einheitliche Auffassung des histologischen Baues der elektrischen Platte. Doch müssen wir aus der Tatsache, dass sowohl bei *Raja*, als bei *Torpedo* die Platte aus einer quergestreiften Muskelfaser hervorgeht, die Notwendigkeit des Bestrebens ableiten, auch zwischen den schwieriger zu deutenden Teilen der Platte und der ursprünglichen Faser den histogenetischen Zusammenhang festzustellen.

Unter den neueren Autoren sagt Ballowitz, der die letzten ausführlichen Arbeiten über die elektrischen Organe der Fische veröffentlicht hat<sup>1)</sup>, im Jahre 1897 mit Bezug auf das „elektrische Gewebe“, der Platte von *Raja*, „dass es sich hier um ein recht schwieriges Gewebe handelt“. Hiernach würde also aus der ursprünglichen Muskelfaser später ein vollständiges „Gewebe“ entstanden sein, das freilich in seiner histogenetischen Ableitung recht schwierig sein könnte. Der Ausdruck Gewebe erscheint nach Ballowitz insofern berechtigt, als er von „einem filzartig dichten, feinfädigen, äußerst engmaschigen Netzgerüst und von zahlreichen in besondere Lücken des Netzgerüsts eingelagerten Zellen“<sup>2)</sup> spricht. „Das Netzgerüst ist als eine spezifische Zwischensubstanz aufzufassen, als deren Bildner die Zellen“<sup>2)</sup> angesehen werden müssen.“ Auch G. Retzius<sup>3)</sup>, der die Nervenendigung in dem elektrischen Organ von *Raja* mit den neueren Methoden untersuchte, vertritt die Auffassung, dass es sich um einen Zellenkomplex mit eingelagerter Zwischensubstanz handelt. Helle Räume, die um die Kerne der Platte bei *Raja radiata* und *Raja clavata* zur Beobachtung kommen, werden als Zellkörper gedeutet. „Es ist nun in der Tat nicht leicht, sagt Retzius, in solchen Präparaten zu entscheiden, wo sich die Zellgrenzen finden und wie sich die zwischen den Zellen befindliche Substanz verhält.“ Auch bei *Torpedo* gehören nach Ballowitz die zahllosen in die Platte eingelagerten runden Kerne Zellen an, die in die Platte eingelagert sind. „Die hellen Höfe, welche die Kerne umsäumen, werden abgeschlossen von

1) E. Ballowitz, Über den Bau des elektrischen Organes von *Torpedo*. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 42. 1892. — Derselbe, Über den feineren Bau des elektrischen Organes des gewöhnlichen Rochen (*Raja clavata* L.). Anatomische Hefte. 7 Bd. 1897. — Derselbe, Zur Anatomie des Zitteraals (*Gymnotus electricus* L.) mit besonderer Berücksichtigung seiner elektrischen Organe. Archiv für mikroskop. Anatomie. Bd. 50. 1897.

2) Von mir gesperrt.

3) G. Retzius, Über die Endigung der Nerven im elektrischen Organ von *Raja clavata* und *Raja radiata*. Biologische Untersuchungen. Neue Folge, Bd. VIII. 189.

membranartig erscheinenden, oft wie zerknittert (in den Osmiumpräparaten) aussehenden Teilen der Gerüstsubstanz, welche dieselben kapselartig umgeben.“ Während wir nach Ballowitz und Retzius sonach die Platte als aus Zellen mit eingelagerter Interzellularsubstanz aufzufassen haben, nennt Gegenbaur<sup>1)</sup> die Platten „flach ausgebreitete, aus verschmolzenen Zellen<sup>2)</sup> bestehende Gebilde“. Diese Anschauung nähert sich derjenigen, die wir unter den neueren Autoren durch Th. W. Engelmann<sup>3)</sup> vertreten finden, der die Substanz der Platte von *Raja* — abgesehen von der aus der quergestreiften Muskelfasersubstanz hervorgegangene Lamellenschicht — als einen die Blätterschicht einhüllenden „kernhaltigen Protoplasmanmantel“ bezeichnet. Auch Ewart<sup>4)</sup>, dem wir wichtige Arbeiten auf diesem Gebiet verdanken, bezeichnet die in Rede stehende Substanz als eine Protoplasmaschicht mit großen Kernen. Auch G. Fritsch<sup>5)</sup> fasst die Plattensubstanz von *Torpedo* als eine kernhaltige Protoplasmanmasse auf.

Wir sehen also, dass zwei wesentlich verschiedene Auffassungen unter den neueren Forschern bestehen. Die einen betrachten die Platte als ein aus Zellen mit Interzellularsubstanz aufgebautes Gewebe, die anderen als eine kernhaltige Protoplasmanmasse. Das sind Widersprüche, die gerade mit Rücksicht auf das physiologische Interesse, welches die Substanz der Platte beansprucht, unbedingte Aufklärung fordern.

Die älteren Autoren deuten, soweit sie sich bestimmt äußern, fast allgemein die Plattensubstanz bei *Raja* und *Torpedo* in einer der Ewart-Engelmann'schen Anschauung entsprechenden Weise. So bezeichnet Kölliker<sup>6)</sup> die Substanz als eine körnig gleichartige Masse mit eingelagerten Kernen. Am klarsten hat sich im Jahre 1865 Robin<sup>7)</sup> ausgesprochen. Ihm gebührt das Verdienst, zuerst den Bau, die Bedeutung und das übereinstimmende Vorkommen einer spezifischen Struktur in den elektrischen Organen der Fische erkannt zu haben; es muss dies mit Rücksicht auf die später her-

1) C. Gegenbaur, Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere. Bd. 1, S. 103. 1898.

2) Von mir gesperrt.

3) l. c.

4) J. C. Ewart, The electrical organ of the skate. On the development of the electrical organ of *Raja batis*. Philos. Transact. London. Vol. 179. 1888. — On the structure of the electrical organ of *Raja circularis*. Ebenda — The electrical organ of *Raja radiata*. Ebenda.

5) G. Fritsch, Die elektrischen Fische. 2. Abt. Die Torpedineen. Leipzig 1890.

6) A. Kölliker, Untersuchungen zur vergleichenden Gewebelehre. Verhandl. d. phys.-med. Gesellschaft zu Würzburg Bd. 8. 1858. II. Über das Schwanzorgan des gewöhnlichen Rochen.

7) Ch. Robin, Mémoire sur la démonstration expérimentale de la production d'électricité par un appareil propre aux poissons du genre des raies. Journal de l'anatomie et de la physiologie 1865.

vorgetretene Unklarheit besonders hervorgehoben werden. Er sagt von seinem „élément ou substance électrique ou électrogène“: „Cet élément anatomique est composé d'une masse fondamentale, transparente, finement granuleuse, dans laquelle existent çà et là des noyaux sphériques en certains points, ovoïdes ailleurs, hyalins ou finement granuleux, sans nucléoles, larges de 0,007 mm—0,009 mm. Quelsquesuns sont entourés, d'une aréole circulaire de fins granules.“ Robin hat erkannt, dass eine einheitliche, nicht in Zellen geteilte granulirte Masse vorliegt, welche zahlreiche, öfters von einem Körnchenhof umgebene Kerne einschließt. Auch hat er besonders hervorgehoben, dass ein heller Hof um die Kerne (derjenige Teil, der die wesentliche Ursache davon ist, dass man von „Zellen“ sprach und spricht, wie ich schon jetzt bemerken will) nur gelegentlich, jedenfalls nicht typisch vorkommt. Auch Boll<sup>1)</sup> vertritt diese Auffassung.

Die Platte des Zitterwelses (*Malopterurus*), über deren Genese wir nichts sicheres wissen, wurde schon von meinem Vater<sup>2)</sup> als eine aus einem Eiweißkörper gebildete, glashelle und durchsichtige Masse beschrieben, in welche viele feine Körnchen und außerdem zahlreiche kreisrunde Kerne eingebettet liegen. Die Granula sind besonders um die Kerne hofartig angehäuft. Diese Struktur der Plattensubstanz des Zitterwelses konnte ich an einem jungen aus Westafrika stammenden 15 cm langen Exemplar, das mir durch die Liebenswürdigkeit des Herrn Kollegen Przißram von Wien nach Triest gesandt wurde, völlig bestätigen<sup>3)</sup>. Die Struktur der Plattensubstanz macht durchaus einen plasmodialen Eindruck. Nirgendwo sind um die zahlreichen Kerne Zellgrenzen zu finden. Auch G. Fritsch<sup>4)</sup> hat offenbar Übereinstimmendes gefunden. Er findet „zahlreiche, häufig doppelte Kerne, welche von einem in Fortsätze auslaufenden Hof eines klaren Protoplasmas umgeben sind“ und fasst die Platten als „elektrische Riesenzellen“ auf. Die Beschreibung Bolls<sup>5)</sup> ist mit alledem wohl vereinbar. Er sagt, dass an den Polen der in die Platte

1) F. Boll, Die Struktur der elektrischen Platten von *Torpedo*. Arch. f. mikroskop. Anatomie Bd. X. 1874.

2) M. Schultze, Zur Kenntnis der elektrischen Organe der Fische. Halle 1858.

3) Der seltene Fisch war abends lebend von Wien abgesandt und traf mit dem Eilzug am folgenden Morgen ein. Leider war die über Nacht eingetretene Kälte sein Tod gewesen, jedoch überzeugte ich mich sowohl sofort von dem frischen Gewebe als an Teilen, die in Osmiumsäurelösung und anderen Flüssigkeiten konserviert waren, dass der Erhaltungszustand ein ausgezeichnete war.

4) G. Fritsch, Übersicht der Ergebnisse einer anatomischen Untersuchung über den Zitterwels (*Malopterurus electricus*). Sitzungsber. d. kgl. preuß. Akad. d. Wissensch. zu Berlin. Math. phys. Klasse. 2. Dez. 1886. — Ders., Die elektrischen Fische. 1. Abteilung. *Malopterurus electricus*. Leipzig 1887.

5) F. Boll, Zur Kenntnis der elektrischen Platten von *Malopterurus*. Arch. f. mikr. Anatomie. Bd. 10. 1874.

eingelagerten Kerne eine körnige Masse angehäuft sei, „so dass das Ganze den Eindruck einer kernhaltigen spindelförmigen Zelle macht.“ Das hier gewählte Wort „Eindruck“ ist charakteristisch und erinnert an die Zeit, in der man die in die quergestreifte Muskelfaser eingelagerten, von Körnchenhöfen umgebenen Kerne als Zellen oder „Muskelkörperchen“ auffasste, bis man auf Grund der Histogenese zu der richtigen Auffassung kam<sup>1)</sup>.

Für den Zitteraal (*Gymnotus electricus*) vertritt Ballowitz<sup>2)</sup> dieselbe Meinung wie für *Torpedo* und *Raja*. Er sagt: „Das spezifisch elektrische Gewebe ist aus einem äußerst feinmaschigen, aus feinsten körnchenhaltigen Fädchen gebildeten Gerüstwerk zusammengesetzt, dessen zwischen den Fädchen befindliche, unter sich kommunizierende Räume von einem mehr flüssigen Inhalt eingenommen werden.“ In das „Gewebe“, welches Ballowitz dann eingehend beschreibt, sind in eigene „Höhlen“ eingeschlossene Zellen eingelagert. Ballowitz nähert sich wieder der alten, von den ersten Untersuchern des Organs, z. B. von Pacini<sup>3)</sup> bei *Gymnotus*, vertretenen Auffassung, dass es sich um einen Zellenkomplex (*corpo cellulare*) handelt. Jedoch hat schon mein Vater<sup>4)</sup> an *Gymnotus*-Präparaten mit einer sehr guten Konservierung gezeigt, dass es sich um einen zahlreiche Kerne führenden Eiweißkörper handelt. Nach ihm bestehen die Platten des Zitteraales aus einer „homogenen, glasartig durchsichtigen Grundsubstanz, deren Konsistenz an guten Spirituspräparaten nicht unpassend von Pacini mit der einer steifen Gelatine-Gallert verglichen wird, welche viele molekuläre Körnchen und einzelne runde Kerne eingebettet enthält. Um die Kerne liegt, wie in der elektrischen Platte von *Malopterurus*, eine Ansammlung kleiner molekulärer Körnchen, welche in dem homogenen mittleren Teil der Platte seltener sind.“

Die verschiedenartige Darstellung von Pacini, M. Schultze und Ballowitz legt es wieder einmal fast nahe, wie im Jahre 1861 ausgehend von den Muskelkörperchen, zu verhandeln über „das, was man eine Zelle zu nennen habe“, wenn auch in etwas anderem Sinne, da es sich damals lediglich um die Eliminierung des Membranbegriffes handelte.

In den elektrischen Platten der Nilhechte (Mormyriden) finden wir, wie ich den übereinstimmenden Angaben von G. Fritsch<sup>5)</sup> und

1) M. Schultze, Über Muskelkörperchen und das, was man eine Zelle zu nennen habe. Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv 1861.

2) E. Ballowitz, Zur Anatomie des Zitteraales (*Gymnotus electricus*) mit bes. Berücksichtigung seiner elektr. Organe. Arch. f. mikr. Anatomie Bd. 50. 1897.

3) Pacini, Sulla struttura intima dell'organo elettrico del Gimnoto e di altri pesci elettrici. Firenze 1852.

4) l. c.

5) G. Fritsch, Weitere Beiträge zur Kenntnis der schwach elektrischen Fische. Sitzungsber. der kgl. Preuss. Akad. der Wissensch. zu Berlin XLIV. 5. Nov. 1891.

Ogneff<sup>1)</sup> entnehme, noch im ausgebildeten Zustand eine hochgradige Annäherung an den Bau der quergestreiften Muskelfaser. Die kontraktile Substanz ist zu einer zentralen relativ geringen Masse zurückgebildet, welche allseitig von einem protoplasmatischen, reichliche Kerne führenden Mantel umhüllt ist, in welchen die zutretenden Nerven kontinuierlich übergehen. Ogneff spricht nur von Kernen, die der Plattensubstanz eingelagert sind, niemals von Zellen. Die Plattensubstanz zeigt eine zarte netzförmige Struktur, die sehr an die von Ballowitz in den Platten von *Torpedo*, *Raja* und *Gymnotus* geschilderte Struktur erinnert, von Ballowitz aber als Interzellullarsubstanz gedeutet wird. Die Annäherung an den Bau einer Muskelfaser wird besonders deutlich, wenn wir z. B. die Abbildungen der Muskelfasern vergleichen, welche Rollet<sup>2)</sup> von den interessanten Flossenmuskeln des Seepferdchens gegeben hat.

Die Muskelfasern in der durch die eigenartigen, zierlich schnellen, wellenförmigen Bewegungen ausgezeichneten Rückenflosse von *Hippocampus* besitzen, wie Rollet sagt, „Eigentümlichkeiten im Bau der Faser, die zu den sonderbarsten und merkwürdigsten gehören, auf welche man bisher gestoßen ist.“ Auch die Analflosse und die Kiemenflossen enthalten Muskeln, die ebenso wie die der Rückenflosse im Bau in auffallendster Weise von den übrigen Skelettmuskeln abweichen. Diese Abweichung ist so groß, dass sogar ein so ausgezeichnete Kenner des Baues der Muskulatur, wie Rollet, sagte: „Ich muss gestehen, dass ich, als ich zuerst Querschnitte gehärteter Flossenmuskeln ansah, zwar in großes Erstaunen versetzt war, dass ich aber, was ich sah, kaum verstand.“ Am auffallendsten ist die große Menge des sogenannten Sarkoplasmas, d. h. derjenigen der beiden Hauptsubstanzen der Muskelfaser, welche nicht fibrilläre Substanz ist. Eine breite Schicht des feinkörnigen Plasmas liegt dicht unter dem Sarkolemm; sie enthält die zahlreichen Muskelkerne und setzt sich in solcher Masse zwischen die fibrilläre Substanz in das Innere der Faser fort, dass sie der fibrillären Substanz ungefähr an Masse gleich kommt. Ähnlich verhalten sich Muskeln von Crustaceen, wie dies z. B. aus der Rollet'schen Abbildung von *Maja squinado* (Tafel VIII. Fig. 4) sofort hervortritt.

Nach meiner Auffassung der elektrischen Platte, zu der ich nunmehr übergehe, können wir die sarkoplasmareichen Muskelfasern der Rückenflosse des Seepferdchens, in welchen offenbar — wohl im Zusammenhang mit der relativ geringen in reichliches

1) J. Ogneff, Einige Bemerkungen über den Bau des schwach elektrischen Organs bei den Mormyriden. Zeitschr. f. wiss. Zoologie Bd. 32. 1898.

2) A. Rollet, Über die Flossenmuskeln des Seepferdchens (*Hippocampus antiquorum*) und über Muskelstruktur im allgemeinen. Arch. f. mikr. Anatomie Bd. 32. 1888.



Sarkoplasma eingebetteten kontraktile Substanz — ein energisches Zuckungsvermögen fehlt, morphologisch als eine Übergangsform zur elektrischen Platte deuten.

Meine Befunde an dem elektrischen Organ von *Raja clavata* gewann ich an einem Material, das ich während eines Aufenthaltes auf Helgoland dank dem liebenswürdigen Entgegenkommen des Direktors der biologischen Anstalt, Professor Dr. Heincke, sammeln und zum Teil verarbeiten konnte. Die Konservierung geschah in Kaliumbichromat-Osmiumsäure und Osmiumsäure, in beiden Fällen unter Nachbehandlung mit Kaliumbichromatlösung von 1% und 2% und späterer Färbung mit Hämatoxylin und Alauncochenille. Der Erhaltungszustand der fertigen Präparate ist ein vorzüglicher. Auch die Untersuchung des frischen Organes wurde reichlich berücksichtigt. Ich berichte an dieser Stelle ausschließlich über die Platten-substanz in dem angegebenen Sinne.

Wer zuerst die elektrischen Platten von *Raja* an Flachschnitten und Querschnitten untersucht, der dürfte in der Regel so erstaunt sein, wie Rollet bei dem Anblick der Flossensmuskeln von *Hippocampus*. So erging es auch mir. Es ist nicht nur die völlige Eigenart der „mäandrischen“ oder Blätterschicht, welche frappierend wirkt, sondern auch die Deutung der diese umhüllenden Masse, die als vordere (kopfwärts gelegene) und hintere Rindenschicht bezeichnet werden, macht zunächst große Schwierigkeiten. Vordere und hintere Rindenschicht gehen am Rande der Platte kontinuierlich ineinander über und bilden zusammen sonach einen geschlossenen Mantel um die Blätterschicht. Hierbei ist die vordere Rindenschicht, d. i. diejenige, welche die Nervenendigung aufnimmt und sich elektronegativ verhält, eine einfache, im allgemeinen gleichmäßig dicke Lage, während die hintere Rindenschicht durch die ansehnlichere Dicke und die zahlreichen Leisten und Gruben, welche sie trägt, im Flächenbild ganz an das Flächenbild der abgelösten menschlichen Epidermis von der Hand oder Fußinnenfläche erinnert. Dies Verhalten hat ihr den alten Namen „Schwammkörper“ eingetragen. Doch ich will mich jetzt nur mit der histologischen Auffassung der Rindenschichten beschäftigen. Die Untersuchung des frischen wie die des konservierten Objektes ergibt mit Sicherheit, dass es sich um ein einheitliches Protoplasma mit zahllosen eingelagerten Kernen handelt. Die Auffassung, dass hier Zellen in einer Interzellularsubstanz liegen, und es sich „um ein recht schwieriges Gewebe“ handelt, ist irrtümlich. Wie aber ist diese entstanden? Während in den meisten Fällen die Kerne unmittelbar in das Protoplasma eingebettet liegen, finden wir in anderen um diese Kerne hell erscheinende, hofartige Zonen. Sie können gegen das Protoplasma eine scharfe Abgrenzung zeigen, die den falschen Eindruck einer Membran erweckt, und diese

Abgrenzung ist häufig durch einen Ring (bezw. Kugelschale) stärker granulierten Plasmas hervorgehoben. Niemals aber erhält man in Zupfpräparaten frischer oder konservierter Teile eine Zelle, sondern immer nur Kerne, in voller Übereinstimmung mit dem, was die Schnittbilder bestkonservierter Objekte ergeben<sup>1)</sup>. Alles das wird durch die zahlreichen Zeichnungen meiner Präparate, welche von einem objektiven Zeichner gefertigt wurden, auf das deutlichste erwiesen. Dass innerhalb der protoplasmatischen Grundlage der Zellkern von einer homogenen Schicht umgeben ist, hat nichts Auffallendes und wird oft in Zellen beobachtet. Über die Bedeutung dieser, wie es scheint, für das Leben in der Zelle wichtigen, auftauchenden und wieder vergehenden Kernzone des Protoplasmas wissen wir nichts. In jungen Amphibieneiern steht sie, wie ich früher gezeigt habe, mit der Auflösnug des Dotterkerns in naher Beziehung.

Was ich hier für die Plattensubstanz von *Raja* angebe, gilt in gleicher Weise auch für *Torpedo*. Auch hier handelt es sich nicht um Zellen, welche in die Platte eingelagert sind, sondern um Kerne innerhalb einer kontinuierlichen Plasmamasse. Ich kenne sehr wohl die Bilder, welche eine hellere um den Kern gelegene Zone nach außen gelegentlich durch eine ziemlich scharfe Linie begrenzt erscheinen lassen, sie entspricht aber durchaus nicht einer Membran, sondern ist nur der Ausdruck der scharfen Abgrenzung jener Kernzone gegen die übrige Plattensubstanz. Das hat mir mein vortrefflich konserviertes, aus Neapel erhaltenes Material ebenso wie das in Triest untersuchte Objekt mit Sicherheit ergeben.

Ich bin schon nach diesen Befunden von der Richtigkeit der schon von meinem Vater ausgesprochenen Angaben über den Bau der Platten vollkommen überzeugt: „Die Platten der echten elektrischen Organe sind Scheiben, in deren Innerem in gewissen Abständen ovale oder kugelige Kerne eingesprengt liegen, hie und da von wenig feinkörniger Substanz umgeben. Die Platten der sogenannten pseudoelektrischen Organe zeigen dieselben Kerne.“<sup>2)</sup>

Wie haben wir nach dem Gesagten die Substanz der elektrischen Platte aufzufassen? Es handelt sich um eine kernreiche Protoplasmamasse, eine Energidenkolonie im Sinne von J. Sachs oder eine plasmodiale Masse im Sinne von A. Kölliker und

1) Sehr deutlich wird auch die Unrichtigkeit der Auffassung, dass es sich bei der Platte um Zellen handelt, welche in Zwischensubstanz eingebettet liegen — etwa wie die Knorpelzellen in den hyalinen Knorpel — dadurch erwiesen, dass alle Übergänge zwischen unmittelbar in die Plattensubstanz eingelagerten Kernen und solchen gefunden werden, welche von einem besonderen „Zellkörper“ umgeben sind. Bald ist die umgebende Zone ganz schmal, bald breiter, bald durch wenige, bald durch mehr Granula gegen die umgebende Substanz abgegrenzt.

2) Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben. Leipzig 1871. I, S. 125.

R. Bonnet. Ja, wir können auch jede Platte in diesem Sinne als eine zahllose Kerne einschließende Riesenzelle deuten. Der gleichen Auffassung kann auch für die quergestreifte Muskelfaser ihre Berechtigung nicht abgesprochen werden, da diese aus einer einfachen Zelle unter enormer Kernvermehrung und fibrillärer Differenzierung des Protoplasmas entstanden ist. Sonach erkennen wir eine wesentliche, für das Verständnis der elektrischen Platte wichtige Übereinstimmung in der Morphologie der Muskelfaser und der aus ihr hervorgegangenen Platte, eine Übereinstimmung, die nur auf Grund einer genauen Verfolgung der Histogenese der Platte völlig verstanden werden kann.

Vergleichen wir die den ursprünglichen muskulären Bau am deutlichsten wahrende Platte der pseudoelektrischen Organe mit dem der quergestreiften Muskelfaser, so finden wir in beiden Fällen kontraktile Substanz, bezw. Reste derselben eingebettet in eine kernhaltige plasmatische Substanz, und es drängt sich gleichsam die Überzeugung auf, dass von den beiden Hauptsubstanzen der quergestreiften Faser, die wir seit A. Rollet unterscheiden — der Fibrillensubstanz und dem Sarkoplasma — die erste, wie wir bereits wissen, in die Lamellensubstanz, die letztere in die spezifische Plattensubstanz, das kernreiche Elektroplasma, wie ich es nennen will, sich umwandelt. Die Entwicklungsgeschichte der Platte hat uns seit Babuchin wiederholt gelehrt, dass der sinnfälligste Vorgang bei dieser Umwandlung der ist, dass die zylindrische, lange Faser unter Abnahme des Längendurchmessers und enormer Zunahme des Breitendurchmessers in eine flache Scheibe umgebildet wird. Hierbei wird naturgemäß die Fibrillensubstanz unter Verlust ihrer Funktion auf ein Minimum verkürzt, und die sogenannten Discs wachsen in die Breite zur Blätterschicht aus. Oder die kontraktile Substanz schwindet (bei *Torpedo*) vollständig. Diese Umwandlung vollzieht sich (bei *Raja*) von dem die Nervenzutrittsstelle darstellenden, kopfwärts gerichteten Teil der Faser aus, während der kaudale Teil sich als ein langer dünner Fortsatz nicht nur in auffallender Weise bei der den primitivsten Typus darstellenden Platte von *Raja radiata*, sondern, wie mich meine Schnittserien lehren, auch bei *Raja clavata*, dauernd erhält. Die hintere Rindenschicht der Platte geht bei dem gewöhnlichen Rochen in eine lange Faser über, welche die sogenannte (nicht zur Platte gehörige) Gallertschicht durchsetzt und sich durch das Vorkommen von quergestreifter Substanz noch deutlich als der nicht in die Platte umgewandelte Teil der Muskelfaser zu erkennen gibt. Infolge seiner Zartheit und seines nicht gradlinigen Verlaufes wird dieser Plattenstiel von Schnitten des Organes leicht übersehen. Man findet ihn nur ganz und deutlich an sehr dicken Schnitten,

in denen er nicht zerschnitten ist. Unsere Hauptfrage bleibt die, ob wir berechtigt sind, die plasmoidale kernführende Substanz der Platte als aus dem Sarkoplasma hervorgegangen zu deuten. Hierüber kann naturgemäß nur die entwicklungsgeschichtliche Untersuchung definitiven Aufschluss geben; sie wird zu entscheiden haben, ob sich ein allmählicher Übergang des sarkoplasmatischen Teils der Faser in das Elektroplasma der Platte in allen Stadien verfolgen lässt. Die bisher vorliegenden histogenetischen Angaben drängen die Richtigkeit solchen Geschehens geradezu auf. Bevor ich auf diese kurz eingehe, will ich jedoch hervorheben, dass auch das Organ des erwachsenen Tieres einen solchen allmählichen Übergang deutlich erkennen lässt. Er findet sich an dem oben erwähnten Stiel der Platte bei *Raja clavata*. Dieser erhebt sich ungefähr aus der Mitte der Platte mit konischer Basis. Zunächst macht er einen rein plasmatischen Eindruck. In die Substanz sind zahlreiche Kerne von spindelförmiger, ovaler und runder Form eingelagert. Untersucht man aber eine Anzahl von diesen eigenartigen Plasmafäden genauer, so findet man stellenweise in das Plasma eingelagerte quergestreifte Substanz, immer nur einzelne Gruppen von Discs, zwischen welchen wieder von quergestreifter Masse völlig freie Regionen des Stieles liegen. Außer den der Mehrzahl nach ovalen, mit der Längsachse in der Richtung des Stieles liegenden Kernen, die ich einmal, wie oft die Plattenkerne, von helleren Zonen umgeben fand, enthält das Stielplasma dieselben in Osmiummischungen dunkel gewordenen Granula, welche sich in der Plattensubstanz finden. Es kann nicht dem geringsten Zweifel unterliegen, dass der Plattenstiel der kaudale Rest der Muskelfaser ist, aus deren den Nerveneintritt aufnehmendem kephalem und elektronegativen Teil die Platte hervorging. Der Stiel besteht deutlich aus den beiden Substanzen der Faser, von denen das Sarkoplasma mit den Kernen den Hauptteil, streckenweise den einzigen Teil und die kontraktile Substanz den untergeordneten und funktionslos gewordenen Bestandteil darstellt.

Das färberische und das optische Verhalten des sarkoplasmatischen Stielanteiles ist genau dasselbe wie das der Plattensubstanz; der Übergang des Sarkoplasmas des Stieles in die Plattensubstanz ist kontinuierlich, so dass das Sarkoplasma des Stieles einfach zu dem scheibenförmigen Elektroplasma gleichsam anschwillt. Am konischen Stielübergang in die Platte werden die ovalen Kerne des Stieles allmählich kugelförmig; die Granulierung des Stielplasmas geht ohne jede Grenze in die gleiche Granulierung der Platte über.

So lehrt also die Untersuchung des elektrischen Organes von *Raja clavata*, dass die Plattensubstanz — abgesehen von der mäandrischen oder Blätterschicht — dieselbe ist wie die, welche wir

in dem Plattenstiel als Sarkoplasma finden, und wir kommen schon ohne histogenetische Befunde zu der Auffassung, dass die Hauptmasse der elektrischen Platte ein zu hochgradiger Massenentwicklung gesteigertes kernreiches Sarkoplasma ist. Und wenn wir zu der einfachen Auffassung berechtigt sind, dass die typische Energieentwicklung in derjenigen Substanz des Organes erfolgt, welche seine Hauptmasse bildet, so liegt es nahe, in diesem Sarkoplasma den Sitz der elektromotorischen Wirksamkeit zu vermuten. Wir erinnern uns hierbei wieder der Worte Th. W. Engelmann's, dass bei der Umwandlung der Muskelfaser in die Platte mit der zunehmenden Steigerung der elektromotorischen Fähigkeiten auch die Substanz zunehmen müsse, an welche diese gebunden sind. Nach dieser meiner Auffassung kommen wir zu der, wie mir scheint, einfachen Auffassung, dass Muskelfaser und elektrische Platte in den beiden Hauptsubstanzen, Fibrillen und Sarkoplasma, eine entgegengesetzte Proportionalität zeigen: Die Muskelfaser — reichliche Fibrillensubstanz, weniger Sarkoplasma, reichliche mechanische, geringere elektrische Energie; die elektrische Platte — wenig oder keine Fibrillensubstanz, reichliches Sarkoplasma, kein Zuckungsvermögen, lebhaftere Umsetzung chemischer in elektrische Energie.

Ich bin mir wohl bewusst, dass über diese Auffassung, nach welcher der Umsatz der chemischen in elektrische Energie innerhalb der enormen Protoplasmanmassen des elektrischen Organes erfolgt, der Physiologie das definitive Urteil zusteht, worauf ich weiter unten noch eingehe, obwohl ich dies im allgemeinen Berufeneren überlasse. Hier will ich zunächst noch unsere bisherigen histogenetischen Kenntnisse der elektrischen Platte so weit berücksichtigen als sie die von mir begründete histologische Auffassung betreffen.

Schon Babuchin, der Entdecker der muskulären Anlage der elektrischen Organe, hat deutlich sprechende Angaben über die Entwicklung der Plattensubstanz gemacht<sup>1)</sup>. Er beschreibt, wie bei *Raja* das vordere Ende der Faser unter starker Vermehrung der Muskelkerne anschwillt und die zylindrischen Muskelfasern sich in birnförmige, „geschweifte“ Körper umwandeln. Später atrophieren die „Schweife“, und es bleiben so die späteren „Kästchen“. Der Rest des Protoplasmas, der nicht quergestreifte Substanz geworden, wandelt sich in den kernreichen Schwammkörper um, die Lamellensubstanz entsteht durch komplizierte Faltungen der quergestreiften Substanz.

Hiermit stimmen die Angaben von Ewart<sup>2)</sup> völlig überein;

1) Babuchin, Über die Bedeutung und Entwicklung der pseudoelektrischen Organe. Zentralblatt für die mediz. Wissenschaften. 1872 Nr. 35.

2) J. C. Ewart, The Electrical Organ of the Skate. On the Development

seine Abbildungen, ebenso wie diejenigen von Engelmann<sup>1)</sup>, welcher die Ewart'schen Präparate von *Raja radiata* und *Raja circularis* nachzuuntersuchen Gelegenheit hatte, und welchem außerdem von Muskens neu gefertigte Präparate von *Raja clavata* vorlagen, sprechen deutlich, so dass es geradezu auffallend ist, dass die sarkoplasmatische Natur der ganzen (nicht als Fibrillenreste zu deutenden) Plattensubstanz nicht deutlich ausgesprochen wurde.

Ewart's Mitteilungen beziehen sich vornehmlich auf *Raja batis*. Die ersten Spuren der Muskelumwandlung treten bei 7 cm langen kientragenden Embryonen auf. Das proximale Ende der Faser, die Nervenzutrittsstelle, schwillt kolbenförmig an, die Muskelkerne vermehren sich reichlich, nehmen Kugelform an und ordnen sich an der Nervenzutrittsstelle innerhalb des kolbigen Endes zu einer im Durchschnitt einreihigen Scheibe an. Sie wird zur vorderen Rindenschicht. Die Breitenzunahme des vorderen Faserendes steigert sich, und die kolbige Verdickung erscheint nun als eine dicke Platte, an welcher der kaudale, nicht veränderte Teil der Faser wie ein fadenförmiger Anhang erscheint. An der Stelle, wo dieser von dem scheibenartig umgebildeten Teil nach hinten abgeht, wuchert die kernreiche Masse und bildet durch Oberflächenvergrößerung in Form von Gruben umschließenden Leisten den Schwammkörper (d. h. die hintere Rindenschicht). Er wird von Ewart passend mit dem Bilde verglichen, welches der Anblick der Innenfläche der ausgedehnten Froschlunge bietet. Die Blätterschicht geht aus dem kontraktilem Teil des scheibenartig umgewandelten Faserteiles durch Breitenwachstum hervor.

Für *Torpedo*, bei dem das entwickelte Organ keinerlei genetische Beziehungen zu der Muskelfaser mehr erkennen lässt, haben außer Babuchin besonders die Untersuchungen von Fritsch<sup>2)</sup> und Ogneff<sup>3)</sup> uns Aufschluss gegeben. Nach Fritsch werden mit der Umbildung der Muskelfasern in die Platten die ursprünglich länglichen Kerne kugelförmig und ordnen sich zugleich in querer Richtung reihenweise bezw. scheibenförmig an. Die fibrilläre Längsstreifung verschwindet. Ogneff kam auf Grund seiner ein-

---

of the electrical organ of the *Raja batis*. Philosophical Transact. of the R. Soc. of London. Vol. 179. 1889, S. 399.

Derselbe, On the structure of the electrical Organ of *Raja circularis*. Philos. Transactions Vol. 179. 1889, S. 410. The electrical Organ of *Raja radiata*. Ebenda S. 539.

1) l. c.

2) G. Fritsch, Bericht über die Fortsetzung der Untersuchungen an elektrischen Fischen. Beiträge zur Embryologie von *Torpedo*. Arch. f. Anat. und Physiol. Phys. Abt. 1884. Derselbe, Die elektrischen Fische. 2. Abt. Die Torpedineen. Leipzig 1890.

3) J. Ogneff, Über die Entwicklung des elektrischen Organs bei *Torpedo*. Arch. f. Anat. und Physiol. Phys. Abt. 1897.

gehenden Untersuchungen an *Torpedo* zu der Überzeugung, dass die Substanz der hellen, um die Kerne der Platte auftretenden Zone nicht wesentlich von der übrigen Plattensubstanz verschieden ist. Er wendet sich besonders gegen die falsche Auffassung, dass es sich um in die Platte eingelagerte Zellen handelt. Er beweist, dass die Platten ihrer Genese nach als vielkernige Riesenzellen aufgefasst werden können, und dass das Protoplasma der Platten direkt aus dem Sarkoplasma der Muskelfaser hervorgeht. So kommt Ogneff zu einem mit meinen Angaben völlig übereinstimmenden Resultat. Unsere Auffassung bedarf — das verhehle ich mir nicht —, obwohl sie sehr wahrscheinlich ist, einer nochmaligen genauen embryologischen Untersuchung, welche ich demnächst auszuführen gedenke.

Unter den Physiologen hat in den letzten beiden Jahrzehnten die Frage auf der Tagesordnung gestanden, ob die elektromotorische Wirkung in den Nervenendigungen des Organs oder in den von der Muskelfaser abstammenden Teilen, d. h. in der Plattensubstanz selbst zu suchen sei. Die letzte diese Frage auf Grund von experimenteller Untersuchung an *Torpedo* behandelnde Arbeit ist diejenige von S. Garten<sup>1)</sup>, die in Neapel entstand.

Garten lehrte uns das Verhalten des elektrischen Organs der Zitterrochen nach Durchschneidung der zutretenden Nerven (sowie nach Behandlung mit Curare und Veratrin) kennen. Die Nervendurchschneidung führte zu völliger Unerregbarkeit des Organs bei indirekter und direkter Reizung. Trotzdem waren mikroskopisch noch keine Veränderungen „an der Nervenendausbreitung oder an dem sarkoplastischen Teile des Organes zu beobachten“. Garten fasst seine Resultate wie folgt zusammen: „Alle am elektrischen Organ des Zitterrochens beobachteten Erscheinungen stehen jetzt mit der Annahme in Einklang, dass die Nervenendausbreitung selbst oder ein funktionell innig mit dieser verbundenes Gebilde, das elektromotorisch Wirksame im elektrischen Organ der Zitterrochen darstellt. Insbesondere ist es die nach der Nervendurchschneidung rasch auftretende indirekte und direkte Unerregbarkeit des Organes, welche die früher viel vertretene Annahme des muskulären Ursprungs der elektromotorisch wirksamen Bestandteile zu einer sehr unwahrscheinlichen machen.“

Ohne die Bedeutung der Garten'schen Experimentaluntersuchung im geringsten anzweifeln zu wollen, möchte ich doch die

1) S. Garten, Beiträge zur Physiologie des elektrischen Organes des Zitterrochen. Abh. d. kgl. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. Bd. 25. 1899. Hier findet sich auch eine umfassende Literaturzusammenstellung der Physiologie der elektrischen Organe.

Frage aufwerfen, ob denn überhaupt — wenigstens für *Torpedo*, um den es sich hier handelt — eine derartig scharfe Trennung von „Nervenausbreitung oder einem funktionell innig mit dieser verbundenem Gebilde“ einerseits und Teilen „muskulären Ursprungs“ andererseits statthaft ist. Jenes „funktionell innig mit der Nervenausbreitung verbundene Gebilde“ ist eben selbst Plattensubstanz, die ja auch nicht ohne Berechtigung als das Homologon einer motorischen Endplatte — nach meiner Überzeugung, histologisch ausgedrückt, einer starken Ansammlung von kernreichem Sarkoplasma — betrachtet wird. Die Plattensubstanz aber ist muskulären Ursprungs. In diese geht die Nervenausbreitung kontinuierlich über. Trotz der zahlreichen Arbeiten, welche über die Endigung der Nervenfasern in dem elektrischen Organ von *Torpedo* erschienen sind, ist eine definitive Einigung noch nicht erzielt. Als gesichert kann die bereits von Kölliker und meinem Vater beschriebene netzförmige Endigung betrachtet werden, die neuerdings auch von Ballowitz und zuletzt von Garten gut abgebildet ist. Sie ist an Osmiumpräparaten — aber nur an diesen gut — und auch am frischen Objekt, an den ersteren besonders gut nach Färbung mit Hämatoëin, vortrefflich zu sehen, und gelegentlich wieder auftauchende Behauptungen, dass die Nerven „frei“ endigen, beruhen auf mangelhafter Beobachtung oder Konservierung. Nicht gesichert aber ist bisher die Art der Beziehung dieses Nervenendnetzes zu der Plattensubstanz. Es hat dies meiner Überzeugung nach wesentlich seinen Grund darin, dass diese „Beziehung“ in einer zur Platte vertikalen Richtung erfolgt, also an der dem Untersucher auf dem Objektträger vorliegenden Platte in der Richtung der optischen Achse des Mikroskopes. Hier sieht man, wenn das der ventralen Plattenfläche entsprechende Nervenetz nach oben liegt, direkt darunter das Netz der Boll'schen Punktierung (Boll'sche Granula) oder das von Ballowitz genauer beschriebene Netz der normalerweise vertikal zur Platte gerichteten „elektrischen Stäbchen“ („cils électriques“ Ranvier.) Von diesen hat zuerst Boll in seiner vortrefflichen Arbeit über das *Torpedo*-Organ eine gute Beschreibung gegeben. Er sah von der Unterfläche des nervösen Terminalnetzes ein System „stiftförmiger Fäserchen“ ausgehen, „welche senkrecht in die Substanz der elektrischen Platte eindringen und somit alle frei aufhören.“ Ich habe nun bei meinen Plattenisolierungen eine bisher infolge ihrer außerordentlichen Zartheit kaum beachtete Stelle in der Platte gefunden, welche in schönster Weise an gefärbten oder ungefärbten *Osmium*-Präparaten bei Untersuchung in schwach lichtbrechenden Medien die Beziehungen zwischen Nervenendigungen und Plattensubstanz erkennen lässt. Es ist der äußerste schmale und dünne Saum der Platte, von welchem man auch bei vorsichtiger Präparation immer nur Teile im Zusammenhang mit der Platte



erhält. In diesen Saum treten typische Endbüschel markloser Fasern ein, deren Äste radiär zum äußersten Plattenrand verlaufen. Der Saum ist aber so dünn, dass der Übergang der Endigungen in die Plattensubstanz nicht mehr, wie in der ganzen Platte vertikal zur Platte erfolgt, sondern den Plattenflächen parallel oder horizontal. Dadurch liegen bei Flächenansicht des intakten Plattensaumes die Endigungen der Nerven hier dem Beobachter in flacher Ausbreitung so klar vor, wie sie nicht der dünnste Horizontalschnitt (senkrecht zu der Säulenlängsachse geführte Schnitt) zeigen könnte, dies um so weniger, als der Rand nicht genau horizontal verläuft. Schon mit einem guten starken Trockensystem, besser mit der Ölimmersion, sieht man nun die Endigungen, welche radiär und fast parallel verlaufend aus den in den Plattensaum eintretenden Ästchen hervorgehen, in die Boll'sche Punktierung kontinuierlich übergehen, derart, dass die Endigungen sich einfach in die feinen Granula auflösen. Diese Beobachtung wird dadurch erleichtert, dass die Boll'schen Granula genau in der Richtung der Nervenendigungen weiter nach dem Plattenrande aufgereiht verlaufen. Jedes Fäserchen setzt sich, einen deutlich granulierten Bau annehmend, in eine gleichgereimte Boll'sche Pünktchenreihe fort. Schließlich gehen diese Pünktchenreihen am Rande des Saumes kontinuierlich und arkadenförmig ineinander über. Ein ganz schmaler Teil des Saumes — der äußerste — bleibt noch jenseits dieser Arkaden frei. Diese Bilder sind so klar, dass ich es für unbedingt nötig halte, dass in Zukunft jeder, der sich mit der Untersuchung des *Torpedo*-Organes befasst, sein besonderes Augenmerk auf diesen Rand des Organs richtet. Vorbedingung für deutliche Bilder ist möglichst glatte Konservierung der Platten in Omniämsäure und Isolierung von zwei zusammenhängenden Platten. Dann wird das Objekt in zwei Hälften oder vier Quadranten mit der Scheere geteilt und von der Mitte aus wird unter dem Präpariermikroskop vollends gespalten. Freilich bedarf es besonderer Vorsicht am Rande; aber die Mühe wird reichlich belohnt durch den Einblick in die Art und Weise, wie hier feinste Nervenenden kontinuierlich in Protoplasma übergehen. Als Medium benutzte ich entweder Wasser oder, wenn das Präparat aufgehoben werden soll, eine Mischung von konzentrierter wässriger Lösung von Kalium aceticum, Methylalkohol und Wasser zu gleichen Teilen.

---

#### Berichtigung.

In Bd. XXVI, p. 455 ist das t in Gätze zu streichen, p. 539, III. Abs. ist zu lesen „größere“ statt „größer“, und p. 544 soll stehen: „4300 Liter Raupen und Puppen“ statt „4300 tote Puppen“.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1906

Band/Volume: [26](#)

Autor(en)/Author(s): Schultze Oskar

Artikel/Article: [Zur Frage von dem feineren Bau der elektrischen Organe der Fische. 640-656](#)