

Über den feineren Bau des schwach-elektrischen Organs von *Mormyrus oxyrhynchus* Geoffr.

(Aus dem anatomischen und zoologischen Institut der Königlichen Universität
Münster i. W.)

Von

Heinrich Schlichter

aus Ibbenbüren i. W.

Mit Tafel XXII—XXIV.

Von allen elektrischen Fischen sind die Mormyriden des Nils bis jetzt am wenigsten untersucht worden, so außerordentlich umfangreich auch sonst die Gesamtliteratur des In- und Auslandes über die elektrischen Fische ist.

Das meiste Interesse fanden selbstverständlich die stark-elektrischen Fische, das sind die Torpedines, der *Gymnotus electricus* und der *Malapterurus electricus*; um Material zu sammeln und diese Fische in ihrem Leben in der freien Natur zu beobachten, haben Forscher sogar weite, gefährvolle Reisen unternommen, wie z. B. der Deutsche SACHS in das Innere von Venezuela und der Russe BABUCHIN an den oberen Nil.

In den letzten Jahren sind auch die schwach-elektrischen *Raja*-Arten des öftern berücksichtigt worden; war es doch lange Zeit zweifelhaft, ob ihr Schwanzorgan aus wirklichem elektrischen Gewebe bestände, so daß es früher als pseudo-elektrisches Organ bezeichnet wurde.

Daß nun die gleichfalls schwach-elektrischen Mormyriden so wenig erforscht und besonders noch nicht nach den modernen Schnittmethoden untersucht sind, beruht wohl hauptsächlich auf der Schwierigkeit, das Material zu gewinnen, denn die Fische sind so zart, daß sie lebend nicht verschickt werden können, vielmehr an Ort und Stelle sogleich nach dem Fange konserviert werden müssen.

Herr Professor Dr. med. et phil. BALLOWITZ, Direktor des anatomischen und zoologischen Instituts in Münster i. W., hatte sich daher vor einigen Jahren durch die gütige Vermittlung des Herrn

Geheimen Hofrats Professor Dr. CHUN in Leipzig an den durch seine zoologischen Forschungen weithin bekannten Professor an der Medizinische in Kairo in Ägypten, Herrn Dr. phil. LOOSS, mit der Bitte gewandt, Material von frisch aus dem Nil gefangenen Mormyriden nach bestimmten, von Professor BALLOWITZ angegebenen Methoden zu fixieren und ihm in konserviertem Zustande zuzuschicken. Herr Professor Dr. LOOSS hat in höchst dankenswerter Weise diese Bitte erfüllt und ein sehr vollständiges Material für mikroskopische Untersuchungen eingeschickt.

Von diesem äußerst wertvollen Material hat Herr Professor BALLOWITZ, unter dessen wissenschaftlicher Anleitung die vorliegende Arbeit entstand, mir für diese meine Untersuchungen freigebigst alle Stücke zur Verfügung gestellt, welche die Species *Mormyrus oxyrhynchus* betrafen.

Ich gestatte mir, meinem verehrten Lehrer hierfür auch an dieser Stelle meinen tiefgefühlten Dank auszusprechen und schließe ein den Dank für jeden Wink, den er aus seiner reichen Erfahrung in den Untersuchungen über elektrische Gewebe mir bei meiner Arbeit zukommen ließ, und für das gütige Interesse, mit dem er den Fortgang derselben verfolgte.

Zum Vergleiche waren mir auch zahlreiche mikroskopische Präparate von den übrigen elektrischen Fischen, welche den von Herrn Professor BALLOWITZ veröffentlichten Untersuchungen zugrunde gelegen haben, für das Studium zugänglich.

Diese Untersuchungen wurden von mir in dem Laboratorium des oben genannten Instituts ausgeführt.

Sechs Jahrzehnte sind beinahe verflossen, seitdem die elektrischen Organe unsres *Mormyrus* zum ersten Male Gegenstand einer mikroskopischen Untersuchung wurden, und manches ist seitdem über sie veröffentlicht worden, was an dieser Stelle zu berücksichtigen sein wird. Ich gedenke nun, zunächst die eignen Befunde darzulegen und dann in einem besonderen Kapitel einen Überblick über die bis jetzt erschienene Literatur zu geben.

1. Material und Untersuchungsmethoden.

Herr Prof. Looss in Kairo hatte die Güte, die von den Fischern direkt vom Fange aus dem Nil auf den Markt gebrachten Fische zu präparieren und das Organgewebe nach den von Herrn Prof.

BALLOWITZ gemachten genauen Angaben zu konservieren. Von den Fischen wurde der Schwanzteil, der bekanntlich bei *Mormyrus* die elektrischen Organe enthält, in kleine Stücke von höchstens $\frac{1}{2}$ cm Länge zerlegt; diese Stücke wurden sodann in folgenden Flüssigkeiten konserviert:

- 1) MÜLLERsche Flüssigkeit;
- 2) Osmiumsäure 1%; nach etwa 24stündiger Einwirkung kamen die Stücke in ein Gemisch von Alkohol absolut, Glycerin und dest. Wasser zu gleichen Teilen und wurden darin konserviert;
- 3) Osmiumsäure 1%; nach etwa 24stündiger Einwirkung und kurzer Abspülung in dest. Wasser wurden die Stücke in 90% Alkohol konserviert;
- 4) HERMANNsche Lösung;
- 5) HERMANNsche Lösung — Alkohol 90%;
- 6) Schwache FLEMMINGSche Lösung.

Es waren nun behandelt:

nach 1)	Organstücke von einem	57 cm	langen	Exemplare
»	»	31	»	»
»	»	15	»	»
» 2)	»	57	»	»
»	»	mehr. 12—14	»	Exemplaren
» 3)	»	12—14	»	»
»	»	einem	57	Exemplare
» 4)	»	»	14	»
»	»	zwei	31	Exemplaren
» 5)	»	mehr. 57 u. 14	»	»
»	»	einem	14	Exemplare
» 6)	»	»	10	»
»	»	»	26	»
»	»	»	31	»

Die Vorteile einer derartig verschiedenen Behandlung liegen auf der Hand. Einmal ermöglicht sie es, Vergleiche mit den Strukturverhältnissen anderer elektrischer Fische, insbesondere des gewöhnlichen Rochen, des Zitterrochen, des Zitteraales und des Zitterwelses, von denen uns die eingehenden, an vielfach ähnlich konserviertem Material angestellten Untersuchungen von Prof. BALLOWITZ vorliegen, anzustellen, dann aber sind auch durch sie die Chancen für die Konservierung der einzelnen Gewebelemente bedeutend vermehrt. Die Erfahrung hat gerade in den Untersuchungen über die

elektrischen Organe der Fische hinlänglich gelehrt, daß Flüssigkeiten, die bei der einen Fischart vortrefflich konservierten, bei einer andern nicht die gleichen Erfolge erzielten. Zur Untersuchung gelangten Zupfpräparate — gefärbt und ungefärbt und untersucht in Kali aceticum oder in Wasser — und vor allem dünne, bis $5\ \mu$ dicke, mit dem Mikrotom angefertigte Schnitte, die nach den neueren Färbungsmethoden tingiert wurden. Auf die Untersuchung dieser Schnitte wurde ganz besonders Gewicht gelegt, da das *Mormyrus*-Organ nach diesen Methoden noch nicht genauer durchgearbeitet war. Wenn es geboten erschien, z. B. zur Untersuchung der Nervenansätze und der Verteilung der Stäbchen, wurden mit Wasser oder Eiweißglyzerin aufgeklebte Serien dünner Schnitte mit dem Mikrotom angefertigt. Zur Einbettung diente ausschließlich Paraffin von 53° Schmelzpunkt. Als Tinktionsmittel verwendete ich zuweilen Anilinfarben, meistens jedoch HANSENS Hämatoxylin und Eisenhämatoxylinbehandlung nach M. HEIDENHAIN, beides mit nachfolgender Eosinfärbung.

2. Allgemeiner Aufbau des elektrischen Organs.

Zur makroskopischen Untersuchung der elektrischen Organe von *Mormyrus oxyrhynchus* standen mir nur kleinere Partien der Schwanzregion zur Verfügung. Das von Herrn Prof. Dr. LOOSS gesammelte Material war, wie erwähnt, bevor es in die Konservierungsflüssigkeiten gelegt wurde, in kleinere Stücke von etwa $\frac{1}{2}$ cm Länge zerlegt worden. Ich will daher auf die Lage und den gröberen Aufbau der Organe nur ganz kurz eingehen, und muß ich mich dabei hauptsächlich an die Angaben früherer Autoren halten, welche hierüber übereinstimmend lauten. Erwähnt sei noch, daß schon von vielen Seiten auf den gröberen Bau bezügliche Abbildungen gebracht worden sind, und zwar sowohl Seitenansichten der Organregion des Fischkörpers mit freigelegtem Organ (MARKUSEN [13]), als auch Querschnitte durch dieselbe Gegend (MARKUSEN, l. c. und HARTMANN [8]).

Schon HARTMANN stellte fest, daß die Organe aus vier »länglichen, walzenförmigen« Körpern bestehen, von denen je zwei übereinander gelagert, links und rechts von den oberen und unteren Dornfortsätzen der Schwanzwirbel, sich finden. Die Bezeichnung »walzenförmig« ist nun allerdings weniger zutreffend, wovon ich mich auch an dem konservierten Material überzeugen konnte, als die Angabe OGNEFFS, der die Körper als dreiseitige Prismen mit

gekrümmter äußerer Oberfläche beschreibt. Nach OGNEFF fängt das Organ ungefähr auf der Höhe der Afterflosse an und erstreckt sich nach hinten bis zum Anfang der Schwanzflosse. Die vier Organkörper sind mit vorderem und hinterem stumpfspitzigem Ende in die Seitenrumpfmuskulatur eingefügt, erfüllen aber im übrigen den zwischen Bauchwand und Dornfortsätzen gebildeten Raum vollständig. Ja, sie dehnen diesen Raum noch über seine normale Größe aus, so daß die Gegend, in der die Organe liegen, am Fischkörper sich durch eine Anschwellung verrät. Jeder dieser vier prismenartigen Körper kann nun einer einzigen Säule im elektrischen Organe vom Zitterrochen verglichen werden, ein Vergleich, den schon KÖLLIKER gemacht hat, und der sich um so mehr empfiehlt, als der gröbere Aufbau des Rochenorgans wohl allgemein bekannt sein dürfte, da fast jedes Lehrbuch der Wirbeltieranatomie Abbildungen desselben bringt. Bekanntlich stellt im Rochenorgane jedes Säulchen zunächst ein von einer Bindegewebshülle gebildetes Rohr dar, das durch viele, senkrecht zur Achse des Rohres gerichtete Scheidewände, in einzelne Fächer geteilt wird; die Fächer enthalten dann je eine elektrische Platte. Dieselben Verhältnisse finden sich auch hier. Jeder Organkörper wird von einer bindegewebigen Hülle umgeben (Fig. 1 *H*), die in sein Inneres zahlreiche Querwände entsendet (Fig. 1 *S*). Die Ausdehnung der so entstehenden Fächer, gemessen nach den Abständen zweier Scheidewände voneinander, variiert natürlich mit dem Alter und der Größe des Tieres, ist an konservierten Stücken aber auch abhängig von der Reagenzwirkung; bei den in FLEMMINGScher Lösung aufbewahrten Stücken betrug sie an 26 cm langen Exemplaren 0,25—0,30 mm. Jedes Fach nun ist ausgefüllt von einer gallertartigen Masse, in welche das spezifisch-elektrische Element des Organs, ein, um das schon vorweg zu nehmen, blattartig ausgebreitetes Gebilde, eingebettet ist. Für das erwähnte elektrische Element, welches bei den verschiedenen Fischen verschiedene Formen annimmt, hat Prof. BALLOWITZ in der zuletzt erschienenen großen Monographie über den afrikanischen Zitterwels den Kollektivnamen »Elektroplax« eingeführt, »ein Wort, welches nach dem Vorbilde der Myeloplax gebildet ist. Die Anlehnung an diese, für die vielkernigen Riesenzellen des Knochenmarkes gebräuchliche Wortbildung, dürfte das Wort Elektroplax um so mehr empfehlen, als es sich in diesen Gebilden auch um mehr oder weniger modifizierte Riesenzellen handelt« (BALLOWITZ, l. c., S. 17).

Entsprechend soll nun auch hier in der vorliegenden Arbeit das in der Gallertschicht enthaltene Gebilde mit Elektroplox bezeichnet werden, wenn auch der bisher üblich gewesene Name »elektrische Platte« nicht ganz vermieden werden wird. Dabei sei aber ausdrücklich hervorgehoben, daß nach BABUCHIN (Archiv f. Anat. und Physiol. 1877) die elektrische Platte von *Mormyrus* nicht eine einzelne metamorphosierte, quergestreifte Muskelfaser darstellt, wie es für *Torpedo* und *Raja* durch entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen festgestellt ist. Vielmehr soll die *Mormyrus*-Platte nach BABUCHIN aus einem ganzen Bündel solcher kurzen quergestreiften Muskelfasern hervorgehen, wie sie die Seitenrumpfmuskeln der Fische bilden. Demnach könnte die Platte des *Mormyrus* auch nicht der elektrischen Platte der genannten andern elektrischen Fische gleichgestellt werden, man müßte sie im Gegenteil auffassen als entstanden durch Verschmelzung zahlreicher Elektroblasten, also als zusammengesetzte Platte oder zusammengesetzte Elektroplox.

Fig. 1 zeigt nun unter schwacher Vergrößerung ein Stück eines parallel zur Längsachse des Tieres, also auch des Organs, geführten Schnittes. Bei *H* ist die dicke Bindegewebshülle getroffen, die das ganze Organ, wenn wir jeden der vier prismenartigen Körper als ein Organ uns vorstellen, umgibt. Von dieser Hülle gehen mit kräftig verbreitertem Ansatz die fast ebenso starken Querscheidewände ab. Die Hülle des Organs wird gebildet von derben, fibrillären Bindegewebsbündeln. Dasselbe Bindegewebe zeigt die Querscheidewand, jedoch mit folgendem Unterschiede. Während die die Außenwand des Organs bildenden Fibrillen in ihrem welligen Verlaufe sich fast alle parallel bleiben, kreuzen sich in den Scheidewänden starke, isoliert verlaufende Bindegewebsbündel in der mannigfachsten Weise und geben so diesen Querwänden eine besondere Festigkeit (Fig. 6 *Bg*). Die Fibrillenbündel *Bg* durchqueren das Organ meistens von einem Rande zum andern. Schrägschnitte durch die Scheidewände lassen in dem Bindegewebe stets Kerne, die den Bindegewebszellen angehören, erkennen (Fig. 5 in *S*). An der Scheidewand, und zwar auf der dem Kopfende des Tieres zugewandten Seite derselben, verlaufen die zu den einzelnen Fächern gehörenden Nervenbündel (siehe Fig. 6 und die Fig. 1, 2 und 3, in denen die Querschnitte der Nervenbündel stets nur in der Nähe der Querwände angetroffen werden). Die Hinterseite der Elektroplox nun schiebt, wie wir sehen werden, diesen Bündeln einen eigentümlichen Apparat von sich reichlich verzweigenden Plattenfortsätzen entgegen,

die mit den Nerven eine innige Verbindung eingehen. Auf diese Weise ist die Elektroplax der Vorderseite der hinter ihr liegenden Bindegewebswand fester angeheftet, so daß es nicht leicht ist, eine vom Bindegewebe ganz befreite Elektroplax zu erhalten. Aber auch eine Scheidewand mit der zugehörigen Elektroplax aus dem Organ herauszupräparieren gelingt wegen der innigen Verbindung zwischen Bindegewebshülle und der Querwand nicht so leicht. Man muß schon größere Exemplare vor sich haben, an denen man mit der Schere den äußeren Organrand entlang schneiden kann.

Das von den bindegewebigen Wänden gebildete Fach wird nun ausgefüllt von einem gallertartigen Stützgewebe, mit Ausnahme des Raumes, den die erwähnte Elektroplax einnimmt. Der Organquerschnitt, der der Fig. 1 zugrunde lag, hat den unter der Haut gelegenen Rand des Organs getroffen. Hier reicht die Elektroplax nicht bis zur äußeren Begrenzungswand. Ihre Befestigung findet dieselbe vielmehr an der, den Dornfortsätzen der Wirbel zugewandten Seite. Somit ist durch das Hereinragen der Elektroplax in der Gallertschicht des Faches keine vollständige Trennung eingetreten, sondern geht der vor der elektrischen Platte gelegene Teil derselben, den wir vordere Gallertschicht (*VG* der Figuren) nennen wollen, an dem freien Rande in den hinter ihr gelegenen Teil (hintere Gallertschicht) (*HG* der Figuren) über. Der Raum der hinteren Gallertschicht ist reichlich doppelt so groß als der der vorderen. Auch über die Struktur der Elektroplax selbst zeigt dieses, unter schwacher Vergrößerung gesehene Präparat, schon manches. Man sieht an den Elektroplaxen zwei dunkle Streifen, die in der Nähe der Bindegewebshülle *H* noch eng aneinanderliegen, sich nach links hin immer mehr voneinander abbiegen. Dieses Klaffen entspricht nun nicht den natürlichen Verhältnissen, sondern war zufällig durch Reagenzwirkung in diesen Organen bedingt. Diese Erscheinung wird dadurch gefördert, daß die Elektroplax aus verschiedenen Schichten besteht, die sich leicht voneinander trennen können. Näher in die Struktur der elektrischen Platte einzudringen gelingt jedoch nur mit stärkeren Vergrößerungen. Es soll nun in einem besonderen Kapitel dargelegt werden, welches Bild man mit Hilfe der verschiedenen Untersuchungsmethoden von dem Aufbau der Platte bei Anwendung stärkerer Systeme erhält.

3. Die elektrische Platte (Elektroplax).

Die Untersuchungen über den histologischen Aufbau der Elektroplax wurden auf Grund von Zupf- und Schnittpräparaten angestellt. Von den Schnitten erwiesen sich senkrecht zu den Oberflächen der Platten und parallel dazu geführte (Flachschnitte) als am geeignetsten. Aber auch Schrägschnitte fanden Berücksichtigung. Diese Präparate, die in der Mehrzahl von aus HERMANNscher oder FLEMMINGScher Lösung stammendem Material angefertigt waren und die mit allen brauchbaren Systemen bis ZEISS hom. Imm. 1,5 mm Oc. 12, durchuntersucht wurden, ergaben nun folgende Einzelheiten.

Die Elektroplax des elektrischen Organs von *Mormyrus oxyrhynchus* baut sich aus drei Schichten auf, einer vorderen, mittleren und hinteren, die sich in charakteristischer Weise voneinander unterscheiden. Die gleiche Art der Zusammensetzung einer elektrischen Platte findet sich besonders ausgeprägt im Organe vom gewöhnlichen Rochen. Prof. BALLOWITZ hat hier die indifferenten Bezeichnungen

- 1) vordere Rindenschicht,
- 2) Innensubstanz,
- 3) hintere Rindenschicht,

eingeführt; eine Benennung, die auch hier sehr gut anwendbar ist. Auf Fig. 1 sind es die beiden äußeren, also die Rindenschichten, die so weit voneinander klaffen, während die mittlere durch eine Lage hier noch nicht genauer erkennbarer Fasern dargestellt wird. Fig. 2 zeigt bei etwas stärkerer Vergrößerung zwischen drei Bindegewebswänden *S* zwei Elektroplaxe; die beiden Rindenschichten, die sich hier wieder voneinander getrennt haben, erscheinen als dunkle Bänder von gleicher Breite, die nach innen eine Reihe von Kernen zeigen. Die beiden Rindenschichten sind im übrigen ganz gleich gebaut, nur ragen aus der hinteren Fortsätze heraus, die an der vorderen konstant fehlen. Dieser Unterschied wurde schon von BABUCHIN hervorgehoben; wir werden sehen, daß auch bei stärkeren Vergrößerungen die beiden Rindenschichten sich kaum weiter unterscheiden. Es wird sich die Schilderung des Plattenaufbaues daher vereinfachen, wenn ich mit der mittleren Schicht beginne und die beiden äußeren gemeinsam behandle.

A. Innere Fibrillenschicht der Platte.

Untersucht man mit stärkeren Vergrößerungen Zupfpräparate von in HERMANNscher Lösung, Osmiumsäure oder FLEMMINGScher

Lösung konserviertem Material, so sieht man häufig über den Rand eines abgerissenen Plattenstückes Fetzen hervorragen, die eine unverkennbare Querstreifung zeigen. Ferner, nähert man einem von der Bindegewebswand befreiten Elektroplaxstückchen die Objektivlinse des Mikroskops, so stößt man meistens, nachdem man eine durch Kernreichtum auffallende Schicht passiert hat, auf eine centrale Lage deutlich quergestreifter Elemente. Nur Querschnitte, die ebenfalls mit stärkeren Systemen untersucht werden, sind geeignet, über diese Erscheinung näheren Aufschluß zu geben. Ein solcher Querschnitt ist in Fig. 9 abgebildet worden, er zeigt, daß es die mittlere Schicht war, die das Bild der Querstreifung hervorrief. Diese Figur ist nach einem mit Eisenhämatoxylin behandelten Präparate gezeichnet worden. Es ist nicht unwesentlich für die Erkenntnis der Art dieser Schicht, daß Eisenhämatoxylin auf sie genau so wirkt, wie auf quergestreiftes Muskelgewebe. Wir schließen leicht, daß sie muskulärer Natur sein muß. Ihre Zusammensetzung ist eine höchst komplizierte. Die Muskellage verläuft in Plattenquerschnitten, in denen die Schichten nicht auseinander gegangen sind, bei schwächerer Vergrößerung betrachtet, als ganz schmale Linie zwischen den wohl doppelt so breiten Rindenschichten. Bei Eisenhämatoxylinbehandlung nach HEIDENHAIN sticht diese Linie durch äußerst intensive Dunkelfärbung gegen die Rindenschichten scharf ab, wie letztere ja auch in Fig. 9 bedeutend blasser gehalten sind, als die Zwischenlage. Bei starker Anwendung des Eosins in der Doppelfärbung Hämatoxylin-Eosin färbt sich die Innensubstanz rot, die anliegenden Rindenschichten dagegen färben sich blau. Wie nun Schnitte, die vertikal zur Platte geführt sind, zeigen, besteht die mittlere Schicht aus zwei Lagen, deren jede sich aus einer dünnen Schicht von platten Fibrillenbündeln zusammensetzt. Die Fibrillenbündel der beiden Lagen breiten sich getrennt voneinander liegend in der Platte aus, so daß ihre Querschnitte, wie in Fig. 8 und Fig. 9, genau getrennt nebeneinander verlaufen. Ein Übertreten von Elementen der einen Lage in die andre, worauf alle Querschnitte durchsucht wurden, konnte ich nicht sehen. Schräg- bzw. Flachschnitte durch die Fibrillenschicht ergeben zunächst ein buntes Durcheinander von einzelnen Bündeln, deren jedes scharf quergestreift ist. Beobachtet man jedoch längere Zeit, so gelingt es, doch wenigstens einige Regelmäßigkeit in diesen Wirrwarr zu bringen. Es läßt sich zunächst für die Bündel eine Hauptrichtung konstatieren. Diese Richtung ist für jedes Blatt verschieden, wie z. B. in Fig. 5

der Verlauf der Bündel des oberen Blattes senkrecht zu dem der Bündel des unteren gerichtet ist. Eine solche Hauptrichtung wird nun nicht genau von einer jeden Faser eingehalten, sondern biegen sich stets benachbarte Bündel zueinander herüber und vereinigen sich mit ihren Enden, so daß eine Art Netzwerk entsteht. Dabei ist die Zusammensetzung der Bündel aus Fibrillen leicht festzustellen, da die Fibrillen sich oft von den Bündeln trennen und isoliert verlaufen. Bündel und Fibrillen erscheinen in den meist mit Eisenhämatoxylin behandelten Präparaten sehr deutlich quergestreift, wobei die doppeltlichtbrechende Substanz der Fibrillen sich mit Eisenhämatoxylin intensiv schwarzblau färbt. Noch eins zeigten die diesen Untersuchungen zugrunde liegenden Präparate fast alle gleichmäßig gut, nämlich die auch in Fig. 9 hervorgehobene Längsstreifung. So gibt unser Präparat den feineren Aufbau der kontraktiven Substanz der quergestreiften Muskelfasern in jeder nur wünschenswerten Deutlichkeit wieder. Das einzelne Bündel stellt sich dar aus feinsten, quergestreiften Fibrillen aufgebaut. Endlich sei erwähnt, daß die Querstreifung an verschiedenen Bündeln oft ein verschiedenes Aussehen zeigte. Während in einigen Bündeln die dunklen Querbänder an Breite die hellen übertrafen, war an andern das Gegenteil der Fall. Vergleiche in Fig. 9 die Bündel der oberen und der unteren Lage. Diese Erscheinung deutet auf die gleiche, an den quergestreiften gewöhnlichen Muskelfasern hin und ist vielleicht durch Kontraktionszustände bedingt. Alsdann wäre auf eine Kontraktionsfähigkeit der in der elektrischen *Mormyrus*-Platte gelegenen Fibrillenbündel zu schließen, eine Folgerung, welche die oben geschilderten histologischen Befunde der feineren Strukturen, besonders in den mit Eisenhämatoxylin gefärbten Präparaten, nur stützen kann. Wie beim gemeinen Rochen die mäandrische Innenschicht, so ist auch beim *Mormyrus* die Fibrillenschicht von den beiden benachbarten Rindenschichten an den Rändern der Platte vollständig umhüllt. Wenn die beiden äußeren Schichten auseinander klaffen, so ist es die Regel, daß jeder eine Fibrillenlage angeheftet ist, wenn auch zuweilen Ausnahmen vorkommen, in der Weise, daß der einen oder andern Schicht die ganze Lage mit anhaftet, oder daß dieselbe ohne Anhaftung den Zwischenraum durchsetzt. Die Tatsache, daß in meinen Präparaten, die mit FLEMMINGscher oder HERMANNscher Lösung behandelt waren, die Querstreifung der Fibrillen und Fibrillenschicht in der Regel sehr deutlich zu sehen war, sei besonders im Hinblick auf die Angaben OGNEFFS betont: »Um mittels

derselben ein gutes Präparat zu erhalten, muß man den Fisch ohne ihn anzurühren, in einer Schüssel mit Wasser sterben lassen.« Das hier zugrunde liegende Material hat gezeigt, daß die Konservierung der Innensubstanz auch ohne Anwendung solcher Vorsichtsmaßregeln sehr gut möglich ist.

B. Rindensubstanz der Platte.

Zur Untersuchung der Rindenschichten gehen wir wieder von ungefärbten Zupfpräparaten des Materials aus, welches aus Osmiumsäure oder HERMANN'Scher Lösung stammte. In MÜLLER'Scher Flüssigkeit konserviertes Material eignete sich zu diesen Untersuchungen weniger, da der Erhaltungszustand der feineren Strukturen kein guter war, wenn sich auch die Schichten leichter voneinander trennen ließen. Es wurde untersucht unter homogener Immersion (ZEISS, 2 mm mit stärkeren Ocularen [6—12]). Derartige Zupfpräparate nun geben stets reichlich Gelegenheit, isolierte Stücke, sei es der vorderen, sei es der hinteren Rindenschicht, von der Fläche zu untersuchen. Nähert man nun einem mit der Vorderseite nach oben gerichteten Stückchen der Platte die Objektivlinse des Mikroskops, so erscheint dem Auge zunächst auf einem körneligen Grunde eine einfache Lage nicht sehr großer und nicht sehr zahlreicher Kerne. Ein geringes Senken des Tubus läßt diese Kerne bald verschwinden, und es erscheint eine feiner und gröber granuliertete Schicht, die keine Kerne aufweist. Führt man die Objektivlinse nun noch tiefer, so tauchen jetzt zahlreiche runde Kerne auf, die an Größe die soeben gesehenen übertreffen. Diese Kerne bilden eine einfache Lage. Die Umgebung dieser Kerne, also die ganze jetzt eingestellte Ebene, erscheint homogen. Bei weiterem Drehen der Mikrometerschraube endlich erscheint die schon oben erwähnte Lage quergestreifter Fibrillenbündel. Da die verschiedenen Ebenen mit ihren Einzelheiten stets scharf getrennt nacheinander auftreten, so ist es nicht schwer zu folgern, daß die Rindenschicht wieder aus unterscheidbaren Schichten zusammengesetzt ist. Querschnitte durch die Elektropilax werden uns nun das gewonnene Bild bestätigen, uns über die Ausdehnung der einzelnen Lagen Aufschluß geben und außerdem noch wichtige Einzelheiten zeigen, welche zu sehen bei Beobachtung von der Fläche unmöglich war. Von den Querschnitten sind nur ganz genau senkrecht zur Plattenfläche gerichtete brauchbar. Die Dicke der Schnitte betrug 0,003 und 0,005 mm. Fig. 8 gibt nun einen derartigen gut gelungenen Querschnitt der Platte wieder. Es war

schön erwähnt, daß von der Hinterfläche der Elektroplax eigentümliche Fortsätze in die Gallertschicht hineinragen. Ein solcher Fortsatz tritt auch aus der unteren Seite der in Fig. 8 gezeichneten Platte hervor und charakterisiert dieselbe dadurch gleich als deren Hinterfläche. Auch Fig. 9 wird bei der Besprechung der Elektroplax mit heranzuziehen sein, man kann sich hier über Vorder- und Hinterseite wieder bequem durch den Fortsatz orientieren.

Die in den vorhergehenden Untersuchungen über die vordere Rindenschicht nun zuerst auftretenden Kerne erscheinen hier als die Kerne einer Auflagerung, die die Elektroplax auf ihrer ganzen Vorderseite überzieht (Fig. 5, 8, 9 *K*). Diese Auflagerung ist nicht ein eigentliches Häutchen — ihr Querschnitt erscheint nie als einheitliche Linie —, sondern scheint durch eine einschichtige dünne, zellige Auflagerung bedingt zu sein, vielleicht im Verein mit etwas verdichtetem Gallertgewebe; den Zellen gehören die oben beschriebenen kleineren Kerne an. Diese zellige Auflagerung erinnert an die ähnliche Bildung an der Vorderseite der elektrischen Platte vom *Malapterurus*. Sie findet sich auf der Vorderseite der Elektroplax stets, und ebenso regelmäßig zeigt sie ihre nicht sehr zahlreichen Kerne. Auf der Hinterseite der Platte wird sie immer vermißt. Die Kerne der Auflagerung sind scharf umrandet, meist etwas abgeplattet, rundlich und zeigen ein nicht sehr kleines Kernkörperchen. Unter dieser Auflagerung zieht sich nun eine scharfe Linie hin, der optische Ausdruck des Querschnittes eines die Elektroplax umhüllenden Häutchens. Prof. BALLOWITZ hat ein derartiges Begrenzungshäutchen an allen von ihm untersuchten elektrischen Organen nachgewiesen und für dasselbe den Namen Elektrolemm in die Literatur dieser Organe eingeführt. Das Elektrolemm beim *Mormyrus* zeigt im Bereiche der beiden Plattenflächen, von den Spitzen der hinteren Plattenfortsätze vielleicht abgesehen, nirgends Unterbrechungen. Es kam nicht selten vor, daß es sich blasenartig von der Elektroplax abgehoben hatte, aber gerissen war es auch dann noch nicht, so daß wir mit Recht auf eine hohe Festigkeit des Elektrolemmes bei unserm Fische schließen dürfen. Das Elektrolemm färbte sich sowohl mit HANSENSCHEM oder DELAFIELDSCHEM Hämatoxylin als auch mit EISENHÄMATOXYLIN, so daß es in beiden Figuren (Fig. 8 und 9) gleich gut zu erkennen ist. Dort, wo Kerne der Auflagerung sich befinden, umzieht es dieselben in einer kleinen Ausbuchtung; es ist aber deutlich zu erkennen, daß die Kerne selbst mit ihm nichts zu tun haben. Überhaupt fehlen dem

Elektrolemm, wie bei den andern elektrischen Fischen, so auch hier, Kerne stets. Der Querschnitt des Elektrolemms verläuft, abgesehen von ganz schwachen Biegungen, gerade, ohne irgend welche Ausbuchtungen, die etwa an die Papillen vom *Gymnotus* erinnern könnten, was OGNEFF gerade am *Mormyrus oxyrhynchus* beobachtet haben will und in Fig. 8 der seiner Arbeit beigegebenen Tafel abbildet. Den Raum zwischen Elektrolemm und Muskelfibrillenschicht nimmt nun der eigentliche Körper der Rindenschicht ein. Schon eine genauere Betrachtung eines der dunklen Bänder, die in Fig. 2 oder Fig. 3 die Rindenschichten repräsentieren, zeigt, daß diese Bänder aus zwei Lagen sich zusammensetzen. Die nach innen zur Muskelschicht hin gelegene weist viele Kerne auf und ist bedeutend heller gehalten als die über ihr verlaufende. In Fig. 8 prägt sich dieser Unterschied bei der stärkeren Vergrößerung natürlich bedeutend schärfer aus. Hier folgt auf das Elektrolemm eine Schicht, die eigentümliche Gebilde zeigt. Derjenige, der mit dem histologischen Aufbau einer Elektroplax einigermaßen vertraut ist, erkennt sogleich, daß wir es hier mit Stäbchenbildungen zu tun haben, wie sie auch von den Organen der andern elektrischen Fische beschrieben sind. Da diese Stäbchen gerade bei *Mormyrus* ihrer Größe und Deutlichkeit wegen ein besonderes Interesse beanspruchen, sollen sie in einem besonderen Kapitel besprochen werden. Hier sei nur erwähnt, daß die Stäbchen dem Elektrolemm anhaftend gegen die Innenschicht ragen. Zwischen den Stäbchen, die ziemlich nahe nebeneinander stehen, befindet sich eine Substanz, die sich mit Hämatoxylin etwas färbt, an der aber irgend welche Differenzierung nicht wahrzunehmen ist. Auffallend an ihr war nur die Neigung zur Körnchen- oder Tröpfchenbildung, welche nicht selten beobachtet wurde. So zeigen mit Eisenhämatoxylin nach HEIDENHAIN behandelte Präparate von Material, das in HERMANNscher oder FLEMMINGScher Lösung konserviert war, oft zwischen den Stäbchen eine grobe Körnelung, wie Fig. 9 sie wiedergibt. Die Körner oder Tröpfchen sind rundlich und von verschiedener Größe. Sowohl die Stäbchen als auch die Zwischensubstanz derselben sind nun die Ursachen, weshalb die äußere Zone der Rindenschichten gegenüber der inneren dunkler erscheint. Die Substanz der letzteren zeigte bei den von mir angewandten Tinktionen ebenfalls keine Differenzierung, wie sie auch in den ungefärbten Zupfpräparaten homogen erschienen war. Diese anscheinend mehr homogene Schicht, und zwar nur sie, enthält die zahlreichen Kerne der Platte. Die Kerne sind, wie die der vorderen Platten-

auflagerung, scharf umrandet, aber beträchtlich größer als jene. Auffallend groß in ihnen sind die Kernkörperchen, die sich in den Osmiumpräparaten stets gut gefärbt haben. In Größe und Aussehen erinnern die Kerne wohl an die Kerne von Ganglienzellen. Hämatoxylin färbte sie fast gar nicht, Methylenblau und andre Anilinfarben, besonders aber Eisenhämatoxylin dagegen färbten recht intensiv. Die Werte ihrer Durchmesser stehen denen der meisten andern elektrischen Fische bei weitem nach. Prof. BALLOWITZ gibt für die von ihm untersuchten Fische folgende Ausmaße der Kerne an: *Raja clavata* und *Torpedo* 0,0081—0,009 mm, *Gymnotus* 0,0054, *Malapterurus* 0,006—0,008 mm. Die Messungen an einem ausgewachsenen *Mormyrus*-Exemplare ergaben 0,0045—0,0054 mm. Der Größe nach nehmen die *Mormyrus*-Kerne also die letzte Stelle ein. In die sie umgebende homogene Masse sind die Kerne so eingebettet, daß für eine Hofbildung oder Protoplasmaanhäufung, wie sie für *Raja*, *Torpedo* und *Gymnotus* charakteristisch ist, kein Platz mehr bleibt. Nur in Präparaten, in denen sich eine Rindenschicht von der Elektroplox abgelöst hatte, hatte sich in der abgelösten Schicht um die Kerne oft ein freier Raum gebildet, was dann aber wohl stets auf die Behandlung, die das Objekt erfahren hatte, zurückzuführen war.

Die Gebilde der vorderen Rindenschicht finden sich nun in der hinteren sämtlich wieder. Unter der Muskelfibrillenschicht stoßen wir wieder auf eine einfache Lage der uns jetzt bekannten Elektroploxkerne. Die Kerne liegen hier ebenso zahlreich und ebenso regelmäßig, wie in der Vorderschicht, und ist es Zufall, daß in Fig. 8 rechts vom Plattenfortsatze kein einziger Kern sich befindet. Ferner die Stäbchenzone, die Zwischensubstanz der Stäbchen, das Elektrolemm, alles findet sich in derselben Art wieder, wie in der vorderen Rindenschicht. An die Hinterseite der Platte setzen sich nun die schon vielfach erwähnten Plattenfortsätze an, die schon bei schwacher Vergrößerung auf dem Übersichtsbilde Fig. 1 zu erkennen sind. Diese Fortsätze, die von KÖLLIKER an jedem Forscher aufgefallen und von jedem zum Gegenstand einer ganz speziellen Untersuchung gemacht worden sind, haben sich schon die verschiedenartigsten Deutungen gefallen lassen müssen, und gaben die einzelnen Beobachter ihrer Auffassung durch die verschiedensten Bezeichnungen wie: »Röhren, granulirte Fasern, Terminalröhren, Zapfen und blasse Fasern« Ausdruck. Die hier zugrunde liegenden Untersuchungen ergaben folgendes über diese Plattenfortsätze.

C. Plattenfortsätze.

Beobachtet man Plattenstücke, die von der Bindegewebswand befreit sind und mit ihrer hinteren Fläche nach oben liegen, so kann man beobachten, daß überall aus der Platte dünne, reiserartige Gebilde hervortreten, die sich bald mit benachbarten ähnlichen verbinden. So vereinigen sich vier bis sechs gleichartige Gebilde, um in einem längeren Zweige sich fortzusetzen. Auch solcher längerer Zweige treten nach und nach mehrere zusammen, welche schließlich zu einem Endast zusammenfließen, der einem dunkelgefärbten Nervenbündel entgegenstrebt. Hier kann er blind endigen (in Fig. 6 der untere der Plattenfortsätze). Meistens aber wendet er sich innerhalb des Nervenbündels bogenförmig um, um sich mit benachbarten zu vereinigen (siehe Fig. 6), und rückwärts stoßen wir wieder auf dieselben Bildungen wie vorhin, nur in umgekehrter Reihenfolge: längere Strahlen, die sich erst allmählich verzweigen, bis die Verzweigungen dann immer häufiger werden, und endlich das Ganze wieder in vier bis sechs Enden in die Elektroplax ausläuft. Das Ganze stellt dann also ein Bogensystem dar, das der Platte ansitzt, und an dessen hintersten Rundungen die Bündel markhaltiger Nerven sich anheften. Die erwähnte Art der Ausstrahlung, daß zwei Fortsätze sich zu einem einzigen großen Bogen vereinigen, ist die häufigste, wenn auch nicht die einzige. Auch wohl drei bis vier längere Strahlen treffen sich an der Stelle, an der ein Nervenbündel sich ansetzt. Von der Platte aus verlaufen die Fortsätze zunächst eine kurze Strecke in einer zur Elektroplax senkrechten Richtung in das hintere Gallertgewebe des Faches hinein (siehe die Fortsätze in den Fig. 1, 2, 3, sowie den Fortsatz von Fig. 8). Deshalb erscheinen ihre Ansatzstellen, wie es in Fig. 4 auch wiedergegeben ist, in Aufsicht auch als dunkle Kreise. Anfangs sind die Fortsätze noch recht dünn. Haben sich aber erst mehrere vereinigt, so nimmt ihr Durchmesser rasch zu, und kurz vor dem Nervenansatze beträgt er meist das Sechs- bis Siebenfache des Anfangswertes. Die Durchmesserwerte in nächster Nähe der Platte bewegten sich bei 57 cm langen Exemplaren zwischen 0,012 und 0,020 mm, dagegen in der Nähe der hinteren Scheidewand, also dort, wo die Nerven sich anzusetzen beginnen, zwischen 0,065 und 0,095 mm.

Zwischen den sich verzweigenden dünnen Plattenfortsätzen kommen auch netzförmige Verbindungen vor, indessen recht selten. Dieselben wurden leicht an Zupfpräparaten beobachtet. In Schnitten

trifft man sie naturgemäß nicht so häufig, da der Schnitt zufällig gerade die Ebene der Masche getroffen haben muß; doch fanden sich unter meinen Präparaten manche, die auch derartig günstige Stellen zeigten.

An Schnitten nun, die genau senkrecht zur Elektroplaxfläche gerichtet sind und durch die Dicke eines Plattenfortsatzes gehen, ist es schon bei Vergrößerungen, die die Stäbchen überhaupt zeigen, nicht schwer, wahrzunehmen, daß die Stäbchen sich in die Öffnung des Fortsatzes nicht nur hineinbiegen, wie OGNEFF das beobachtet haben will, sondern daß die ganze Stäbchenschicht sich ununterbrochen in den Fortsatz hineinzieht (siehe Fig. 8).

Das Elektrolemm der Elektroplax wird, ohne in seiner Art sich irgendwie zu ändern, jetzt zum Begrenzungshäutchen des Fortsatzes und trägt hier seine Stäbchen genau so wie dort. Die Zwischen-substanz der Stäbchen ist dieselbe, wie die in der Platte, und wie dort findet sich im Plattenfortsatze, den Stäbchen vorgelagert, die mehr homogene Lage, die auch hier die typischen Plattenkerne enthält. Diese Lage nimmt hier die Mitte des Fortsatzes ein, und liegen daher die Kerne auf Schnitten durch den Anfangsteil von Plattenfortsätzen stets genau in der Mitte; z. B. die zwei Kerne in Fig. 8 am Ausgang des Plattenfortsatzes. Die Muskelfibrillenschicht der Elektroplax zieht über die Austrittsstelle eines Fortsatzes glatt hinweg, Fig. 9, nur selten beugt sich das hintere Blatt derselben ein wenig gegen die Öffnung vor, wie in Fig. 8, niemals erstrecken sich die quergestreckten Fibrillen in die Plattenfortsätze selbst hinein. Die Stäbchen sind noch eine Strecke weit im Fortsatze zu beobachten, hören aber alsdann bald auf. Auf die Form und Anordnung, die sie hier haben, wird noch zurückzukommen sein. Zu um so größerer Ausdehnung gelangt nun die bisher noch homogen erscheinende Substanz der Mitte des Fortsatzes. Die Kerne liegen jetzt nicht mehr in der Mitte, sondern haben den ihnen von den Stäbchen eingeräumten Platz eingenommen. Das Innere des Plattenfortsatzes erhält jetzt aber ein etwas andres Aussehen. Querschnitte zeigen hier eine Anhäufung von kleinen und kleinsten Körnchen oder Tröpfchen, die nur bei starken Vergrößerungen erkennbar sind. Längsschnitte dagegen zeigen eine äußerst zarte Längsstreifung. Diese zarte Längsstreifung ist oft auch dort wahrzunehmen, wo die Nerven den Fortsatzbogen umfassen, und macht hier dann, ohne aufzuhören, den ganzen Bogen, den der Fortsatz beschreibt, mit. Über die Kerne in den Fortsätzen wäre noch hinzuzufügen, daß sie

ihrer Form und ihrem Inhalte nach den Plattenkernen gleichen. Nur im Anfange der Fortsätze sind sie um ein wenig kleiner als die Plattenkerne, auch sind sie hier nicht so zahlreich wie in den Rindenschichten. Die Besonderheiten, die an ihnen dort auffallen, wo die Nervenbündel sich ansetzen, werden noch gelegentlich der Nervenendigungen besprochen werden. Sehr instruktiv sind Schrägschnitte durch den Fachraum mit seinem Inhalt, wie er in Fig. 5 wiedergegeben ist. Es gestatten hier die Fortsätze eine Einteilung dieses Raumes in verschiedene Zonen und zwar in folgender Weise. In Zone 1 liegen die Ursprünge der Fortsätze, die hier, entsprechend ihrer zur Elektropilax im allgemeinen senkrechten Richtung, quer abgeschnitten sind und noch Stäbchen zeigen. Zone 2 ist die Zone der Vereinigungen der benachbarten Fortsätze. In der dritten haben sie dann eine beträchtliche Dicke erlangt und nähern sich so den Nervenbündeln, die sich stets in der vierten, der Scheidewand benachbarten, halten.

D. Die Stäbchenbildung.

Die Stäbchen sind eines der merkwürdigsten Strukturelemente in den elektrischen Platten, und doch hat es lange gedauert, bis die wissenschaftliche Forschung uns mit diesen Bildungen genauer bekannt gemacht hat. BOLL legte den Grund zur Entdeckung dieser wichtigen Gebilde in seinen Untersuchungen, die er in den Jahren 1873—74 an den Organen von *Torpedo* und *Malapterurus* anstellte. Prof. BALLOWITZ konnte zuerst über die Art und Verteilung der Stäbchen bei den genannten Fischen genaue Einzelheiten bringen, und ferner hat er sie als erster für die Organe vom Zitteraal und gewöhnlichen Rochen nachgewiesen. Daß nun auch beim *Mormyrus* dieselben Stäbchenbildungen vorkommen, steht endgültig fest erst seit der zuletzt über ihn erschienenen Arbeit des russischen Forschers OGNEFF.

Die Ausbildung, die die Stäbchen in den Organen der einzelnen elektrischen Fische erlangt haben, und ihre Anordnung ist eine mannigfaltige und recht komplizierte. Bei *Raja*, *Torpedo* und *Gymnotus* zeigen sie nun wenigstens im selben Organe keine Verschiedenheiten mehr. *Malapterurus* und, wie wir jetzt sehen werden, auch *Mormyrus* dagegen sind Beispiele, daß in dieser Hinsicht noch Variationen vorkommen können. Drei Punkte sind es, die bei den Stäbchenbildungen hauptsächlich in Betracht kommen, Sitz, Anordnung und Gestalt. Was den ersten Punkt anbelangt, so haben

wir schon bei Besprechung der vorderen und hinteren Rindenschicht, sowie der Plattenfortsätze, gesehen, daß wir den Stäbchen in allen diesen Plattenpartien begegnen. Wie erwähnt, sind allerdings ziemlich dünne Schnitte erforderlich, um sie erkennbar zu machen. Bei solchen Schnitten genügt aber schon eine 300—400fache Vergrößerung, um zu sehen, wie der vordere und hintere Rand fein gestrichelt ist, und wie diese Strichelung in die Fortsätze hineingeht. Stärkere Systeme zeigen dann, daß die Strichelung hervorgerufen wird durch fädchenartige Bildungen, die in geringen Abständen voneinander senkrecht auf dem Elektrolemm stehen und so in das Innere der Elektrolax oder der Fortsätze hineinragen. Dort, wo die Fortsätze ausgehen, das Elektrolemm also eine Biegung macht, sind sie stets radiär auf dem gebogenen Elektrolemm gestellt. Demnach sind hier die nach innen ragenden freien Enden der Stäbchen weiter voneinander entfernt, als an irgend einer andern Stelle der Elektrolax, so daß man zum Studium über Form und Länge der Stäbchen am besten solche Stellen wählt. Vorausgesetzt ist immer, daß der Querschnitt, wie in Fig. 8, durch die Dicke des Fortsatzes geht. Andernfalls wird man natürlich nur ein »Einbiegen der Stäbchen in die Öffnung des Fortsatzes« bemerken können, was OGNEFF angibt. Aber auch dann, wenn der Schnitt durch die Peripherie eines Fortsatzes gegangen ist, ist es nicht schwer, festzustellen, daß auch im Fortsatze selbst Stäbchen sich befinden und zwar mit Hilfe einer Beobachtung, die überhaupt erst zur Entdeckung der Stäbchen geführt hat, nämlich der Beobachtung einer Punktierung. Untersucht man Schräg- oder Flachschnitte einer Platte, so trifft man in denselben stets ober- und unterhalb der beiden, durch die Muskelfibrillenschicht getrennten Kernzonen, je eine sehr deutliche Punktierung (siehe Fig. 5 *VPt* und *HPt*). Hier ist der Schnitt senkrecht durch die dem Elektrolemm aufsitzenden Stäbchen gegangen, und der Querschnitt eines jeden Stäbchens stellt sich jetzt demgemäß als ein einzelnes Pünktchen dar. Es sei an dieser Stelle darauf aufmerksam gemacht, daß nicht jede Tinktion geeignet ist, die Punktierung hervortreten zu lassen. Am besten eignete sich Material, das aus HERMANN'Scher Lösung stammte und mit HANSEN'Schem Hämatoxylin nicht zu stark gefärbt war (24 Stunden in ganz schwacher Farblösung). Genau dieselbe Punktierung, wie sie die beiden Plattenzonen zeigen, findet sich nun in der Ursprungsgegend eines Plattenfortsatzes, wenn derselbe in der letzterwähnten Weise angeschnitten ist. Es sind also auch hier Stäbchen im Querschnitt getroffen, die der Wandung des

Fortsatzes angesessen haben müssen. Aber nur die Anfangsstücke der Fortsätze im Bereiche der Zone 1 (Fig. 5) besitzen Stäbchen, den hinteren Verzweigungen und letzten dicken Fortsatzenden fehlen sie. Auch die Anordnung der Stäbchen im Organe ist bemerkenswert. Darüber zu entscheiden, ob Stäbchenkombinationen oder Gruppierungen vorkommen, sind nur Flachschnitte geeignet, die die Punktierung zeigen. Sieht man daraufhin in Fig. 5 die Stäbchengenden (*VPt* und *HPt*) an, so stellt man leicht fest, daß von derartigen Erscheinungen hier nichts zu bemerken ist. Ganz gleichmäßig findet sich Pünktchen bei Pünktchen. Nirgends stehen sie dichter, nirgends sind Lücken und auch von Anordnung in Reihen ist nichts zu bemerken. Auch daß die Stäbchen in der vorderen Rindenschicht dichter ständen als in der hinteren, ließ sich nicht mit Sicherheit beobachten, wenn es auch manchmal auf Querschnitten so den Anschein hatte. Querschnitte (Fig. 8) zeigen auch, daß der Abstand zwischen den Stäbchen, wenn er auch das Mehrfache der Stäbchendicke beträgt, doch ein recht geringer ist; ganz anders gestaltet sich dieser letzte Punkt, die Entfernung der Stäbchen voneinander, in den Fortsätzen. Der Querschnitt von Fig. 8 geht anfangs durch die Mitte des Fortsatzes und hält diese Mitte zunächst auch noch eine Weile inne; allmählich senkt sich aber der Fortsatz, wie an den blasser werdenden Konturen zu erkennen ist, nach unten, immer mehr, bis endlich sein letztes Viertel in einer raschen Biegung sich wieder nach oben wendet, die Schnittebene erreicht und hier quer abgeschnitten wird. An diesem Fortsatz nun treten in charakteristischer Weise die hier in Frage kommenden Einzelheiten hervor. An der Biegungsstelle ist nur der periphere Teil des Fortsatzes angeschnitten worden, so daß die Punktierung in die Erscheinung tritt. Es sei hier noch besonders darauf aufmerksam gemacht, daß die Punktierung dieser Figur nicht etwa mit der von Fig. 5 verglichen werden darf, da letztere unter bedeutend schwächerer Vergrößerung gezeichnet ist. Ganz im Anfange des Fortsatzes stehen die Stäbchen noch genau in demselben Abstände voneinander, wie in der Platte, aber noch während der Strecke, auf der sie noch in ihrer senkrechten Stellung zu erkennen sind, vergrößert sich dieser Abstand merklich. Allmählich geht nun die Stäbchenzeichnung zur Punktierung über, und immer mehr fällt auf, wie die Punkte weiter voneinander rücken, bis endlich der Fortsatzquerschnitt es zeigt, in welchem Maße die Entfernung zwischen den Stäbchen zugenommen hat. Hiermit ist die Grenze des Auseinanderrückens

jedoch noch nicht erreicht. Die Stäbchen werden immer noch spärlicher, bis sie dann endlich vollständig verschwinden. Überhaupt scheint die Anordnung der Stäbchen untereinander in den späteren Abschnitten der Plattenfortsätze keine regelmäßige mehr zu sein. So sieht man auf Fortsatzquerschnitten häufig Gruppen von vier bis sechs Stäbchen, die in unregelmäßigen Abständen nebeneinander stehen, zwischen solchen Gruppen aber größere, stäbchenfreie Stellen. Die interessantesten Einzelheiten endlich liefert uns die Untersuchung über die Form der Stäbchen. Besser als jede Beschreibung kann über so feine Strukturelemente, wie die Stäbchen es sind, wohl die Zeichnung informieren. In Fig. 8 ist nun genau der Eindruck wiedergegeben, den die Stäbchen unter starker Vergrößerung (ZEISS, hom. Imm. Ap. 1,40, 2 mm Oc. 12) machen. Die Stäbchen stehen senkrecht zum Elektrolemm und stecken in der kernfreien Zone der Rindenschicht. Wegen der Unregelmäßigkeit der Oberflächen der Elektropaxe, stehen die Stäbchen vielfach geneigt, und sind daher nicht stets die ganzen Stäbchen in den Schnitt gefallen; häufig sieht man, wie in unsrer Figur an der unteren Rindenschicht rechts vom Plattenfortsatz, nur abgeschnittene obere und untere Enden. Die Stäbchen machen nicht den Eindruck, als seien es starre, gerade gerichtete, etwa nadelartige Gebilde, sondern ihr ganz schwach gebogener Verlauf erinnert mehr an biegsame Fäden. Gut ließ sich ihre Form studieren an den Rundungen, die das Elektrolemm an den Austrittsstellen der Fortsätze machte, am besten aber an Stellen, an denen die Stäbchen aus der Plattensubstanz herausgezogen waren. In Präparaten nämlich, die von Material stammten, das in FLEMMINGScher Lösung konserviert gewesen war — nur an solchem Material ist die jetzt zu beschreibende Erscheinung zu beobachten gewesen — hatte sich häufig auf längere Strecken das Elektrolemm von der Rindenschicht und zuweilen auch von den Anfängen der Plattenfortsätze blasenförmig abgehoben. Es verlief dann die Linie, die den Querschnitt des Elektrolemms darstellte, in unregelmäßiger Weise sich der Elektropax nähernd und sich wieder von ihr entfernend, in ziemlichem Abstände den Plattenrand entlang. Solchen Elektropaxpartien waren nun stets noch die Stäbchen angeheftet, die dann also in den freien, zwischen Elektrolemm und Plattensubstanz befindlichen Raum hineinragten. Solche Stellen zeigen so recht deutlich, wie innig der Zusammenhang zwischen Elektrolemm und Stäbchen ist. Dem Elektrolemm saßen die Stäbchen mit etwas verdicktem Fuße auf, ihr freies Ende dagegen zeigte keine Anschwellung.

Die hier beschriebene Art der Abhebung des Elektrolemms habe ich stets nur an der Hinterseite der Elektroplax beobachtet, nie an der Vorderseite. Was bisher über die Gestalt der Stäbchen gesagt worden ist, trifft für beide Rindenschichten zu. Sucht man nach Unterschieden in der Stäbchenbildung der Vorder- und Hinterseite der Platte, so findet man zunächst, daß die Strichelung der vorderen Rindenschicht meist etwas undeutlicher ist als die der hinteren. Ob die Stäbchen hier noch dünner und noch feiner sind als hinten, läßt sich bei so zarten Bildungen mit Bestimmtheit nicht gut sagen. Wohl aber kann man den Befund OGNEFFS bestätigen, der schreibt, daß die Stäbchen der Vorderseite ein wenig länger seien als die der Hinterseite. Als Messungswerte der Stäbchen der Hinterseite der Platte ergaben sich Werte von 0,0047—0,0050 mm. Es über treffen diese Zellen die bei andern elektrischen Fischen gefundenen weit. Verfolgen wir die Stäbchen nun in die Fortsätze hinein, so sehen wir sie bald ganz ihre Form verändern. In dem Grade, wie sie seltener werden, werden sie auch kürzer und dicker. Ihre lang ausgezogene Form hört auf. Diese Formänderung schreitet um so weiter fort, je mehr wir uns von der Platte entfernen, und alsbald sieht man nur kurze, gedrungene Stümpfe die Fortsatzwand besetzen. Endlich dort, wo sie aufzuhören beginnen, übertrifft ihre Länge nur wenig mehr die Breite.

Fassen wir alles Gefundene noch einmal zusammen, so ergibt sich über die Stäbchenbildung im elektrischen Organ von *Mormyrus* kurz folgendes. Die zwei von BALLOWITZ definierten Stäbchenformen, die Fädchen- und die Stiftform, finden sich im *Mormyrus*-Organ beide in voller Deutlichkeit vor. Als ausgesprochen fädchenartige Gebilde überziehen die Stäbchen die Vorder- und Hinterfläche der Elektroplax in ungemein dichter Anordnung. In derselben Form betreten sie die Fortsätze, werden jetzt aber ganz allmählich seltener und verlieren ebenso nach und nach ihre feinfädige Natur: Immer mehr werden sie stiftartig, endlich sitzen nur noch spärliche, ausgesprochen stiftförmige Gebilde dem Elektrolemm der Fortsätze immer auf, bis auch diese dann verschwinden, und der Fortsatz und seine Verzweigungen stäbchenfrei dem Nervenansatze entgegentreten.

Die Befunde über das Vorkommen der Stäbchen in den Fortsätzen sind von nicht zu unterschätzender Bedeutung für die Beurteilung der Natur dieser Fortsätze. Dokumentieren sie doch, verbunden mit den erwähnten Resultaten über Elektrolemm und Kerne,

eine Zugehörigkeit derselben zur Platte, die den Namen Plattenfortsatz in jeder Weise rechtfertigt.

4. Die Gallertsubstanz der Fächer und die darin enthaltenen Blutgefäße.

Bevor wir an eine Besprechung der übrigen Gebilde, die außer der Elektrolax noch in dem Fache enthalten sind, herangehen, sei über die Füllmasse des Faches selbst das Nähere angegeben. Wie schon im ersten Kapitel dieser Ausführungen erwähnt war, ist das Fach vollständig erfüllt von einem gallertartigen Gewebe, das durch die Platte in eine vordere und eine hintere Gallertschicht zerfällt. BALLOWITZ nennt das Verhältnis der Elektrolax zur vorderen und hinteren Gallertschicht bei *Raja clavata* ein »Eingebettetsein zwischen zwei Wattlepolstern«. Auch hier könnte kein passenderes Bild gewählt werden. Das Gallertgewebe hatte sich in seiner Eigenart als fädiges Netzwerk bei jeder Konservierung gut erhalten. Bei Anwendung der Doppelfärbung Hämatoxylin-Eosin färbte es sich blau. Als geeignetstes Tinktionsmittel aber kann Eisenhämatoxylin nach M. HEIDENHAIN empfohlen werden. Präparate, die hiermit gefärbt wurden, zeigen stets ein feines Netzgerüst, dessen Maschen von zarten, dünnen, ein wenig körneligen Fäden gebildet werden. Diese Struktur zeigt das Gallertgewebe in derselben Weise vor und hinter der Platte. Bei der großen Ausdehnung des Gallertgewebes im *Mormyrus*-Organ ist es nicht zu verwundern, daß das Netzgerüst nicht überall im Fache gleichmäßig gut erhalten ist. Häufig sind kleinere und größere runde Lücken entstanden, besonders häufig aber waren auf längeren Strecken die Netzfäden zu dickeren Strängen zusammengeklebt. In Eisenhämatoxylin-Präparaten konnte man auch in solchen Strängen die isoliert gefärbten Maschenfädchen noch gut erkennen. Letztere Färbung war auch besonders geeignet, die Kerne des Gallertgewebes sichtbar zu machen. Diese Kerne sind rundlich, bedeutend kleiner als die Plattenkerne und in nicht sehr großer Anzahl im Gewebe verteilt. Meistens ist nach Eisenhämatoxylinbehandlung auch der Zelleib sichtbar, zu dem der Kern gehört. Derselbe tritt dann in verschiedenen Formen auf. Zuweilen umgibt er als rundliches Gebilde den Kern, meistens jedoch ist er mit längeren Fortsätzen versehen. So lassen ihn zuweilen zwei sich gegenüberliegende Fortsätze als spindelförmig erscheinen, oder er zeigt drei bis vier in eine dünne Spitze auslaufende Ausstrahlungen. Auffallend in dem Gallertgewebe war noch, daß statt des

engmaschigen Netzwerkes bisweilen große, polygonale, dünnwandige Vacuolen mit abgerundeten Ecken auftraten. Diese wabenartig aussehenden Bildungen fanden sich meistens in der vorderen Gallertschicht, bisweilen auch in der hinteren. Ferner zeigten sie sich nur an dem Material, das mit FLEMMINGScher Lösung konserviert war. Jedenfalls handelt es sich wohl um durch Reagenzwirkung entstandene Vacuolenbildungen ohne weitere Bedeutung. Das Gallertgewebe umgibt nun dicht angelagert die in ihm enthaltenen Gebilde, nämlich Elektroplox, Plattenfortsätze, Nerven und Blutgefäße. Es enthält die vordere Gallertschicht weder Nerven noch Blutgefäße. Was zunächst die Blutgefäße anbelangt, so betreten dieselben die Fächer an der Vorderseite der hinteren Scheidewand, nähern sich durch die vordere Gallertschicht der Hinterseite der Platte und verbreiten sich dann flächenhaft, der Platte dicht angelagert. Die Capillaren verbinden sich hier zu einem Netze mit weiten Netzlücken, wie das in Fig. 7 dargestellt ist. Bei stärkeren Vergrößerungen fallen die Capillaren sofort auf, einmal durch den Reichtum der Wandungen an länglich spindelförmigen Kernen, vor allem aber durch die immer noch in ihnen erhaltenen, in meinen Präparaten sehr gut konservierten Blutkörperchen. Letztere zeigen stets ihren großen, intensiv gefärbten Kern. OGNEFF zeichnet l. c. Fig. 7 am *Mormyrus cyprinoides* Blutgefäße auch in der vorderen Gallertschicht ab. Bei *Mormyrus oxyrhynchus* kommen Blutgefäße dort nach meinen Befunden nicht vor. Mit der Besprechung der weiter in der hinteren Gallertschicht enthaltenen Elemente nun, nämlich der Nerven, gelangen wir zu dem wichtigen und sehr schwierigen Kapitel der Nervenendigungen im elektrischen Organ unseres Tieres.

5. Die Nerven und Nervenendigungen.

Zur Untersuchung über den Ursprung der Nerven, die den elektrischen Apparat bei *Mormyrus oxyrhynchus* versorgen, stand mir kein Material zur Verfügung. Es konnte nur festgestellt werden, daß jedesmal dort, wo der Organkörper der Wirbelsäule anlag, je ein dicker Stamm markhaltiger Nerven an demselben verlief. Von diesem Nervenstrange tritt in jedes Fach ein Nervenbündel hinein und zwar, wie die Blutgefäße, an vorderen Teile der hinteren Scheidewand des Faches. Während die Blutgefäße sich aber bald durch die hintere Gallertschicht hindurch der Elektroplox nähern, bleibt dieses Nervenbündel mit allen seinen Verzweigungen in der Nähe der Scheidewand gelagert. Schon kurz nach seinem Eintritt

teilt es sich in zwei fast gleiche Äste. Diese Äste verzweigen sich weiter unter Anschwellungen an den Teilungsstellen. Die Anschwellungen treten besonders ausgebildet dort auf, wo zwei, drei oder vier Zweige auf einmal abgehen. Hier bildet sich durch Verflechtung der markhaltigen Nerven gleichsam eine Platte, von der die Zweige strahlenförmig auslaufen. Mit der dritten, höchstens vierten Ordnung hört die Verzweigung nun auf. Das aus der letzten Teilung hervorgegangene Bündel, welches durch die kurzen Marksegmente mit deutlichen RANVIERSchen Schnürringen ausgezeichnet ist, verläuft eine kürzere oder längere Strecke geraden Wegs und heftet sich dann direkt an die hinteren verdickten Enden und Endschlingen der Plattenfortsätze. Zu diesen Untersuchungen wurden zunächst Präparate benutzt, die unter intensiver Einwirkung der HERMANNschen Lösung gestanden hatten, deren Nervenmark sich also durch die Osmiumsäure der Lösung gut gefärbt hatte. Osmium-Präparate selber zu nehmen war nicht angängig, weil in ihnen auch die Umgebung der Nervenbündel zu dunkel tingiert war. Die Platten mit dem daran hängenden gesamten Inhalt des hinteren Flachraumes wurden präparatorisch isoliert und als Flächenbild untersucht. Diese Präparate wurden ohne jede weitere Färbung aufgehellt und in Kanadabalsam eingeschlossen. In Fig. 11 *a* ist die Stelle, an der ein Bündel markhaltiger Nerven in der erwähnten Weise aufzuhören beginnt, aus einem derartigen Flächenpräparat bei hoher und in Fig. 11 *b* dieselbe Stelle bei mittlerer Einstellung gezeichnet. Nach den Ausführungen über die Plattenfortsätze im vorigen Kapitel wissen wir, daß die Fortsätze den markhaltigen Nerven hier oft eine bogige Ansatzstelle bieten. Fig. 11 *a* illustriert nun, wie die Nerven hier an den Fortsatz sich ansetzen und Fig. 11 *b*, wie sich der Fortsatz innerhalb des Bündels verhält. Nach Fig. 11 *a* umfassen die Nerven den Bogen, treten quer über den Fortsatz hinweg und laufen eine kurze Strecke weiter dann am Fortsatz entlang. Dadurch, daß von der Unterseite des Fortsatzes dasselbe geschieht, wird ein gabelartiges Nervenrohr gebildet, das den Fortsatzbogen ganz umhüllt. Senkt man nun den Tubus ein wenig, wie es für Fig. 11 *b* geschehen ist, so verschwinden die aufliegenden Nerven, und es ist jetzt der darunter verlaufende Fortsatz eingestellt. Wie wir oben gesehen haben, gehen die Plattenfortsätze proportional ihrer Entfernung von der Elektroplox in die Breite. In den Fig. 11 *a* und 11 *b* ist der Durchmesser des Fortsatzes kurz vor dem Betreten des Nervenbündelinnern am größten; innerhalb des Nervenbündels selbst verkleinert er sich aber allmäh-

lich, so daß die hintersten von dem Nervenbündel trichterförmig umfaßten Enden des Fortsatzes sich verzüngen und eine Strecke weit in die Achse des Bündels nach hinten hin verlaufen. Es konnten Nervenbündelquerschnitte von 0,1 mm Durchmesser gemessen werden, in dessen Innern sich ein Fortsatzquerschnitt von 0,018 mm befand. Häufig kommt es vor, daß ein Nervenbündel einem aus mehreren, etwa drei bis vier Fortsätzen gebildeten Bogensystem sich ansetzen.

Querschnitte durch ein Nervenbündel zeigen, wie dasselbe zunächst von einer starken Bindegewebshülle umgeben ist. Von dieser gehen Bindegewebszüge in das Innere hinein. Kurz vor dem Ansatz an einen Fortsatzbogen zählt ein Nervenbündel meistens 40 bis 50 markhaltige Nerven. Dieselben sind, wie die Querschnitte lehren, von untereinander ganz verschiedener Dicke. In den bindegewebigen Scheidewänden des Nervenbündels verlaufen nicht selten Capillargefäße, kenntlich an den noch erhaltenen Blutkörperchen. Der einzelne Nerv des Bündels besteht hier aus Neurolemm, Markscheide und Achsenzylinder. Die RANVIERSchen Schnürringe sind gut zu erkennen. Was den Nerven im elektrischen Organ vom *Mormyrus* eine gewisse Eigenart verleiht, ist die Dicke der Markscheide und vor allem die kurze Aufeinanderfolge der Schnürringe. Besonders gegen die Ansatzstellen hin scheint der Abstand zwischen den Schnürringen noch abzunehmen, so daß die Nervenfasern dort unter nicht zu starker Vergrößerung wie eine Reihe nur lose zusammenhängender kurzer Stäbchen erscheinen (Fig. 11 a und 11 b). Ob hier nun genau auf jeden Abschnitt ein Neurolemmkern kommt, ließ sich nicht entscheiden. Längsschnitte durch ein Nervenbündel zeigen Kerne, die teilweise auf Rechnung des Neurolemms, teilweise auf Rechnung der Bindegewebswände und der Capillarwandungen zu setzen sind.

Wo und wie endigen nun die Nerven? Es sei gleich vorweg genommen, daß das von mir untersuchte Material mit einer gewissen Sicherheit nur die erste Frage zu beantworten gestattete, die zweite dagegen nicht. Schon der Analogieschluß von andern elektrischen Fischen ließ vermuten, daß die Nervenendigungen nicht in der Platte selbst zu suchen seien, wohin alle früheren Forscher sie verlegten. Prof. BALLOWITZ hat für *Torpedo*, *Raja clavata*, *Gymnotus* und *Malapterurus* als unzweifelhaft nachgewiesen, daß hier die Elektroplaxe einheitliche Gebilde sind, die sich von der Nachbarschaft durch ein Elektrolemm vollständig abschließen. Diesen Elektroplaxen

liegen dann die Nervenendigungen von außen an. Nicht anders treffen wir die Verhältnisse bei *Mormyrus oxyrhynchus*; auch hier überzieht, wie in dem Kapitel über den Plattenbau gezeigt wurde, ein Elektrolemm Platten und Fortsätze. Unterbrechungen des Elektrolemm, die einen Übertritt noch so feiner Nerven Elemente in die Platte gestattet hätten, fanden sich wenigstens an der Platte und den nervenfreien Fortsätzen derselben nicht. Ferner, das Innere der Plattenfortsätze zeigt nur Plattenstruktur, aber nichts, was auf eine Fortsetzung von Nerven hinweisen könnte. Somit unterliegt es wohl keinem Zweifel, daß, wie bei den oben erwähnten Fischen, so auch hier die Nerven außerhalb der Elektrolax endigen. Folgendes konnte nun über die Art der Endigungen eruiert werden. Jedes Rohr der oben beschriebenen Endgabel des Nervenbündels besteht aus mehreren Lagen markhaltiger Nerven, die sich konzentrisch um den verdünnten Fortsatz gruppieren. Jetzt zeigen die Fortsätze nicht mehr den geraden Verlauf, den wir im Bündel fanden, sondern sie scheinen sich zum Teil wenigstens um den Fortsatz spiralgig herumzulegen. Es kann diese Drehung zuweilen so stark werden, daß auf einen Querschnitt durch diese Stellen Nervenpartien im Längsschnitt getroffen werden (Fig. 13). Auch durch Teilungen können Unregelmäßigkeiten bedingt werden.

Die dem Fortsatz anliegenden Nerven verlieren nun, der eine eher, der andre später, plötzlich ihre Markscheide und damit die dunkle Färbung. Was nun weiter aus ihnen wird, ist nach meinen Präparaten mit Sicherheit nicht zu sagen. Nur so viel läßt sich in allen Schnittserien nachweisen, daß auf den Längs- und Querschnitten durch die Anheftungsstellen der Nervenfasern zwischen diesen und der Oberfläche der Plattenfortsatzenden helle, kreisrunde oder längliche Räume ringsherum auftreten, welche den Eindrücken der Fortsatzoberfläche entsprechen; dadurch erscheint die letztere sehr unregelmäßig eingebuchtet. In diesen hellen Räumen findet sich häufig Gerinsel und Kerne. Dadurch wird wahrscheinlich, daß die hellen Räume und Eindrücke den marklosen Nervenendigungen entsprechen, die aber in dem vorliegenden Material ihrer außerordentlichen Zartheit wegen nicht genügend fixiert und konserviert waren, um sie mit Bestimmtheit als Nervenendigungen zu erkennen. Sehen wir uns hiernach die Schnitte durch die Anheftungsstelle des Bündels markhaltiger Nerven Fig. 12 und 13 an. In Fig. 12 tritt von links das dicke Bündel an den Forsatz. Die Nerven im Bündel haben einen unregelmäßigen Verlauf. Hier verschwindet einer, dort taucht

ein anderer wieder auf, und wir bemerken besonders in dem Querschnitt, wie die Nerven stellenweise den Fortsatz umkreisen. An demselben selbst finden sich markhaltige Nervenfasern und können die auffälligen Eindrücke an seiner Wandung wohl nur durch irgend einen Endapparat der Nerven hervorgerufen werden. Bei der Anheftungsstelle der Nervenbündel an die Plattenfortsatzenden geht die bindegewebige Hülle des Nervenbündels auf den Plattenfortsatz über. Die Hülle wird von zart fibrillärem, lockigem Bindegewebe gebildet und wird, je weiter sie zur Platte geht, um so dünner, bis sie endlich ganz aufhört. In letzter Nähe der Platte ist sie auf den Fortsätzen nicht mehr zu bemerken.

Schließlich sei noch hervorgehoben, daß dort, wo die Nerven an den Fortsatz sich ansetzen und endigen, in demselben eine auffallende Kernvermehrung zu beobachten ist. Die Kerne befinden sich in der peripheren Schicht des Fortsatzes, sind nur wenig voneinander entfernt und, was besonders an ihnen auffällt, beträchtlich größer als die Kerne der Platte oder des Anfangsteiles der Plattenfortsätze. Während dort die Durchmesser der Kerne 0,0045 bis 0,0054 mm maßen, betragen die betreffenden Werte hier bis 0,0081 mm. Auch diese eigentümliche Kernvermehrung spricht dafür, daß hier die Stelle der außen angelagerten Nervenendigungen ist.

Literaturbesprechung.

Es wird nicht uninteressant sein, an dieser Stelle einmal aufzufrischen, wann und wie die Mormyriden der wissenschaftlichen Forschung zuerst zugänglich gemacht worden sind. Ich gebe hier nur kurze Daten. Eingehenderes hat MARKUSEN in seiner langen Abhandlung »Die Familie der Mormyriden« in den Memoiren der Petersburger Akademie veröffentlicht. Den Zoologen wurden die Mormyriden erst bekannt um die Mitte des 18. Jahrhunderts und zwar durch HASSELQUIST, der sie auf einer Reise nach Palästina zuerst gesehen und LINNÉ eine Beschreibung von ihnen gegeben hat. Bald nach ihm hatte FORSKAL ebenfalls auf einer Orientreise Gelegenheit, *Mormyrus*-Exemplare in die Hände zu bekommen, und hat er zuerst eine Beschreibung des uns vorliegenden *Mormyrus oxyrhynchus* gegeben, den er *M. Kanume* nannte. Vor allem aber erwarben sich große Verdienste um das Bekanntwerden dieser Fische GEOFFROY ST. HILAIRE und ED. RÜPPELL. Wie HASSELQUIST an LINNÉ, so hatten auch FORSKAL und G. ST. HILAIRE ihre Aufzeichnungen an andere Forscher zur Veröffentlichung übergeben, so erklärt

es sich, daß in der Charakterisierung der einzelnen Arten manche Verwechslungen unterliefen. Das hatte dann zur Folge, daß manche Species, die längst einen Namen hatte, später neu benannt wurde. Fast jede der aus jener Zeit benannten *Mormyrus*-Arten trägt so viel Namen, als Forscher dagewesen sind, die sie beschrieben haben. Unser *Mormyrus oxyrhynchus* tritt in verschiedenen Werken unter folgenden Benennungen auf:

Morm. *Kanume*: FORSKAL, Descriptiones animalium etc. edid. CARSTEN NIEBUHR.

- » *oxyrhynchus*: GEOFFROY ST. HILAIRE, Descript. de l'Égypt. B. XXIV, p. 256.
- » *Kanume*: BONATERRE, Encyklop. p. 184.
- » *oxyrhynchus*: LACEPÈDE, Histoire natur. d. poiss.
- » *Kanume*: LACEPÈDE, ebendort.
- » *oxyrhynchus*: CUVIER, Das Tierreich.
- » *Kanume*: CUVIER, ebendort.
- » *oxyrhynchus* (*Kanume*): VALENCIENNES s. CUVIER et VALENCIENNES, Hist. nat. d. poiss. Vol. XIX, p. 256.
- » *oxyrhynchus*: RÜPPELL, Fortsetzung der Beschreibung und Abbildung mehrerer neuer Fische, im Nil entdeckt.

Wir sehen, derselbe Fisch kehrt sogar in denselben Werken unter verschiedenen Namen wieder.

Es konnte nicht ausbleiben, daß den Forschern, die zum ersten Male einen *Mormyrus* vor sich hatten, auch bald die eigentümlichen Gebilde im Schwanz dieses Fisches auffielen, zumal dieselben, wie eingangs erwähnt, hier eine Verdickung hervorrufen. So erwähnt GEOFFROY ST. HILAIRE sie denn auch mit der Vermutung, es seien schleimabsondernde Organe. Ferner schreibt RÜPPELL, l. c., S. 9: er habe bei den von ihm entdeckten Mormyriden-Familien zu beiden Seiten der Wirbelsäule zwei Paar längliche, gallertige Massen gefunden. Eine spezielle Verbindung zwischen den benachbarten Körperteilen und diesen fremdartigen Organen habe er nicht bemerkt. Endlich ERDL und GEMMINGER, der unter ERDL'S Anleitung arbeitete, waren die ersten, die den makroskopischen Aufbau der Organe genauer studierten, und nach Vergleichung mit den elektrischen Organen der Zitteraale sich entschlossen, dieselben auch als elektrische zu bezeichnen.

Bevor wir nun an die Besprechung der eigentlichen hierher gehörenden Arbeiten herangehen, scheint es angebracht, einmal

zusammenhängend darzulegen, welche Vorstellung die ältesten Untersucher dieser elektrischen Organe von deren allgemeinem Aufbau hatten. Dabei soll auch auf einige besonders interessante Verschiedenheiten in den Strukturverhältnissen in Organen verschiedener *Mormyrus*-Arten hingewiesen werden.

Die von der Bindegewebshülle des einzelnen Organkörpers abgehenden bindegewebigen Scheidewände waren von Anfang an richtig gesehen worden. Diesen Scheidewänden ließ man nun die elektrische Platte — die oben beschriebene Elektroplax — als eine besondere Membran ohne Zwischenraum angelagert sein. Die so gebildeten Lamellen — je eine Scheidewand mit ihrer Membran — sollten dann durch Schleimschichten getrennt sein. Unterschiede bei den einzelnen *Mormyrus*-Arten fand man nun darin, daß bei einigen Familien die Membran der Kopfseite der Bindegewebswand angelagert sein sollte, bei andern der caudalen Seite. Zwischen Scheidewand und Platten, gab man an, verliefen die Nerven, die sich den Platten irgendwie ansetzten. Diese Angabe gibt uns die Erklärung zu der geschilderten Auffassung. Nach den Untersuchungen von FRITSCH und ECKER wissen wir, daß die Nervenbündel, die zu den einzelnen Fächern gehören, bei einigen *Mormyrus*-Species an der Hinterseite der vorderen Fachwand, nicht wie bei *M. oxyrhynchus* an der Vorderseite der hinteren Fachwand eintreten und von hier aus Verbindung mit den Elektroplaxen erstreben. Die Bündel markhaltiger Nerven sind der Bindegewebswand stets fest angeheftet. Löst man nun aus einem Organ eine Querwand heraus, so ziehen die in ihr verlaufenden Nerven die zugehörige Elektroplax mit, und das ist in einem Falle die vor ihr liegende (*oxyrhynchus*), im andern die hinter ihr liegende. Untersucht man ein so zusammenhängendes Ganze, Querwand mit Nervenausbreitung und Platte, so ist es natürlich nicht leicht, zwischen Wand und Platte noch eine Gallertschicht zu erkennen, und ist die oben dargelegte Auffassung dann erklärlich.

Die Art, in der die in der vorderen Gallertschicht eintretenden Nerven sich mit den Elektroplaxen verbinden, ist eine höchst eigentümliche. Im Organ von *Mormyrus oxyrhynchus* haben wir gesehen, daß die Nervenbündel sich an Plattenfortsätze ansetzen. Diese Fortsätze wurden bis jetzt von allen Forschern für nervöse Gebilde angesehen, indem man sie selbst für die Fortsetzung der marklos gewordenen Nervenfasern hielt oder sie als Träger von Nervenfortsetzungen auffaßte. OGNEFF nennt sie blasse Fasern.

Aus dieser Auffassung heraus schreibt OGNEFF: »Wie zuerst ECKERS, späterhin BABUCHINS und FRITSCH' Untersuchungen gezeigt haben, durchbohren bei allen denjenigen Mormyren, bei welchen die Nerven an die Platte von vorn treten, 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.«

Die Plattenfortsätze, als solche haben wir sicher auch hier die »blassen Fasern« aufzufassen, treten also auch in diesen Fällen aus der Hinterseite der Platte heraus.

Hiernach sind nun die Angaben ECKERS leicht verständlich, wenn er in den Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. Br. zusammenfassend schreibt: »Somit stellt sich heraus, daß bei allen untersuchten Arten von *Mormyrus*, nämlich *oxyrhynchus*, *longipinnis*, *cyprinoides*, *dorsalis*, *anguilloides*, *elongatus* und *labiatus* die Nerven von der hinteren Seite der elektrischen Platten eintreten. Diese Platte selbst liegt entweder auf der vorderen Seite der Bindegewebsplatte — die Nerven treten, zwischen beiden Platten sich ausbreitend, von hinten an die Nervenmembran an — (*Mormyrus oxyrhynchus*, *longipinnis*, *cyprinoides* L. sive *bané* GEOFFROY ST. HILAIRE), oder die elektrische Platte liegt auf der vorderen Seite, die Nerven treten aber von der vorderen freien Fläche an dieselbe heran, gehen durch die Löcher derselben an die hintere Fläche und senken sich in diese ein (*labiatus*), oder endlich, die elektrische Platte liegt auf der hinteren Seite der Bindegewebsplatte. Die Nerven, zwischen beiden Platten sich ausbreitend, treten durch die Löcher der elektrischen Platte an die hintere Fläche derselben und senken sich in diese ein (*Mormyrus dorsalis*, *anguilloides* und *elongatus*).« Unklar bleibt hier nur der zweite der drei Fälle: Die Platte liegt auf der vorderen Seite, die Nerven treten aber von der vorderen freien Fläche an dieselbe heran, gehen usw. . . . (*labiatus*). Man hätte hier erwarten sollen, daß die Nerven die Elektroplax an die vordere Fachwand festgeheftet hätten. Doch kommt uns hier sehr die Beobachtung OGNEFFS zu statten, daß bei einigen *Mormyrus*-Species die Bündel der Myelinfasern bei weitem nicht so fest an der Scheidewand liegen, als bei *Mormyrus oxyrhynchus*. So ist vielleicht auch beim *Mormyrus labiatus* ECKERS die Verbindung zwischen Nervenbündel und Scheidewand eine so lockere gewesen, daß Nerven und Elektroplax bei Ablösung der hinteren Fachwand mitgegangen sind.

Richtig sah man stets, daß dort, wo die markhaltigen Nerven

sich ansetzen, eine Verdickung stattfand, so daß von dieser Stelle bei KÖLLIKER, ECKER u. a. stets als von einer Anschwellung oder einem »Kölbchen« die Rede ist.

Kehren wir nach diesen etwas abschweifenden Ausführungen, die uns jedoch das Verständnis für das Folgende an manchen Punkten wesentlich erleichtern werden, zum Thema dieses Kapitels zurück. Die Ausführungen KÖLLIKERS, der als erster die mikroskopische Untersuchung des *Mormyrus*-Organs unternommen hat, habe ich leider nicht zur Hand bekommen können. KÖLLIKER hat nur Weingeistexemplare zur Verfügung gehabt, und deshalb liegt der Schwerpunkt seiner Resultate in seinen Angaben über den gröberen Aufbau der Organe. Wie spätere Autoren berichten, hat er diesen anschaulich und zutreffend geschildert. Zwischen die Primitivnervenfaser sah er Röhren eindringen, die er für Nervenendigungen hielt, »wie sie aber zu den Primitivfasern sich verhielten, konnte er nicht ausfindig machen«.

»Er fand auch, daß die feinsten Röhren untereinander anastomosieren.« »Die von ihm gegebenen Abbildungen sind sehr gut und sicher konnte durch Untersuchungen an Weingeist-Exemplaren nicht mehr gefunden werden.« So berichtet MARKUSEN in seiner Arbeit »Die Familie der Mormyriden.«

Im Jahre 1853 veröffentlichte dann MARKUSEN einige kleine Notizen über den Nervenapparat in den Fächern der Organe. »Die von der Anschwellung austretenden Nervenfasern«, nämlich die Plattenfortsätze, »zeigen nicht mehr die Beschaffenheit der Primitivnervenfaser. Sie bestehen aus einer grauen Masse, die von einer durchsichtigen Scheide umgeben ist«. Die doppelt kontourierten Nervenfasern sollten dort, wo die neuen Nervenfasern aufträten, in Schlingen endigen. Dieser letzten Bemerkung widersprachen aber bald ECKER, KUPFFER, KEFERSTEIN und mehrere andre, und berichtete MARKUSEN dieselbe später auch selbst. MARKUSEN hatte sich offenbar durch den oben erwähnten unregelmäßigen, teilweise spiraligen Verlauf der Nervenfasern an der Anheftungsstelle täuschen lassen.

Einer eingehenden Untersuchung unterzog den elektrischen Apparat unsrer Mormyriden dann Prof. ECKER in Freiburg. ECKER hatte Weingeist- und in Chromsäure aufbewahrte Exemplare von Prof. BILHARZ in Kairo erhalten und veröffentlichte, nachdem er einige kurze Notizen im Jahre 1855 hatte erscheinen lassen, seine Befunde in der gelegentlich der Feier des 250jährigen Bestehens

der Universität Freiburg erschienenen Festschrift: »Untersuchungen zur Ichthyologie« Freiburg i. Br. 1857. ECKER hatte sechs *Mormyrus*-Species zur Verfügung. Die oben geschilderte Vorstellung von dem Aufbau der Organe, die bis BABUCHIN die herrschende war, entwickelt ECKER in folgenden Worten: »Jede Querwand — des Organs — besteht aus 1) einer Sehnen- oder Bindegewebshaut, welche von der äußeren Hülle abgeht. 2) Nach hinten auf dieser liegt eine körnige Membran, die wesentlich aus der Ausbreitung der Nervenenden besteht und die ich Nervenmembran nenne . . . Dieselbe scheint in den meisten Fällen getragen von einem, zwischen derselben und der Sehnenhaut gelegenen strukturlosen Häutchen. In dieses Häutchen sind kleine, sternförmige Zellen mit Ausläufern (Bindegewebskörperchen? ECKER) eingebettet.« Wahrscheinlich hat ECKER die Zellen der zwischen Elektroplax und Querwand gelegenen Gallertschicht gesehen und diese Schicht selbst für ein eignes Häutchen gehalten. An die Septa treten nun, gibt ECKER an, Nervenäste heran, die anfänglich weiß und opak sind und aus deutlichen dunkelrandigen Nervenfasern bestehen. »Ziemlich plötzlich verliert er jedoch diese Beschaffenheit und an dieser Stelle scheint der Nerv, mit dem unbewaffneten Auge betrachtet, kolbig zu enden, indem die von hier abgehenden Ästchen durchsichtig und von ganz andrer Beschaffenheit sind. Man bemerkt nämlich im weiteren Verlaufe, innerhalb der Bindegewebsseide, statt dunkelrandiger Primitivnervenfasern, eigentümliche, strukturlose, mit Kernen besetzte und in ihrer Achse mit feinkörnigem Inhalte gefüllte Röhren, welche schließlich, indem ihr feinkörniger Inhalt sich unmittelbar in die feinkörnige Grundsubstanz der Nervenmembran fortsetzt, vollständig in diese übergeht.« Diesen Ausführungen haben die folgenden Forscher, bis auf BABUCHIN, zunächst wenig hinzuzufügen gewußt. Es hätte dies auch seine großen Schwierigkeiten gehabt, zumal zu jener Zeit untersuchungsfähige Schnitte durch so weiche Gewebe, wie die der elektrischen Organe, noch nicht hergestellt werden konnten.

Als der besonders schwierige Punkt der Untersuchung erschien naturgemäß den Forschern immer das Verhalten der dunkelrandigen Nervenprimitivfasern zu den »Röhren«. ECKER hatte eigens Prof. BILHARZ in Kairo gebeten, an frischem Material dieses Verhalten zu untersuchen. BILHARZ antwortet ihm: »Über den angeregten Punkt habe ich mich gleich gemacht und habe dann die Überzeugung gewonnen, daß die dunkelrandigen Nervenfasern in den kolbigen Anschwellungen nicht etwa in Schlingen umbiegen (siehe oben die

Angaben MARKUSENS), sondern wirklich in das blasse Bündel übergehen. An frischen Exemplaren besteht das Zweiglein, welches von der kolbigen Anschwellung abgeht, aus zwei Hüllen: 1) einer äußeren feinfaserigen bindegewebigen und 2) einer homogenen, mit Kernen besetzten, deren Lumen mit einer blassen, fein granulierten Masse gefüllt ist.« In Chromsäurepräparaten will BILHARZ in dieser Masse eine Faserung wahrgenommen haben, und ECKER gibt an, nach BILHARZ' Anschauung sei das blasse Nervenzweiglein — unser Plattenfortsatz — ein Bündel zusammengebackener Achsenzylinder. Nach unsern Ausführungen braucht auf das Irrige dieser Ansicht wohl nicht weiter eingegangen zu werden. Da dieselbe aber von jetzt an in der Literatur häufig wiederkehrt, möge hier erläutert werden, wie sie entstehen konnte. Die Substanz der vorderen und hinteren Rindenschicht der Elektroplax zeigt, wie wir gesehen haben, besonders zwischen den Stäbchen eine starke Neigung zur Körnchenbildung. Die Plattenfortsätze nun enthalten dieselbe Substanz wie die Platten und zeigen daher auch häufig Körnelung. Eine solche Körnelung nun läßt, besonders wenn sie etwas dicht ist, leicht das Bild entstehen, als lägen die Körnchen in Längsreihen, so daß dadurch leicht eine Faserung in den Fortsätzen vorgetäuscht werden kann. Daß die Nerven des Bündels nicht auf einmal ihr Mark verlieren, sondern nach und nach, mit andern Worten, daß die »Röhren« in das Innere der Bündel eindringen, sah schon ECKER. Die Nerven dachte sich ECKER mit BILHARZ innerhalb der »Röhren« als nackte Achsenzylinder fortgesetzt, und er nahm nun an, die Platte sei eine membranöse Ausbreitung des Röhreninhaltes, also von Nervensubstanz, wie man es damals ja auch noch vom *Malapterurus* annahm. ECKER setzt, wenn er von der Grundsubstanz der Platte spricht, stets eingeklammert, das Wörtchen »Ganglienzelleninhalt« dahinter. Das Einsenken der »Röhren« in die Platten, die Kerne derselben, sowie der Platten, alles dies wurde schon von ECKER richtig beobachtet. Stets aber sah er nur eine Lage von Kernen, wohl eine Folge davon, daß ECKER in seinen Zupfpräparaten stets nur eine der Rindenschichten der Elektroplax im Mikroskope vor sich hatte, die er dann für die ganze Platte hielt. Die Zusammensetzung der Elektroplax aus verschiedenen Schichten war ihm ja noch nicht bekannt.

Besondere Erwähnung verdient nun noch folgende Beobachtung ECKERS, die er bei *Mormyrus dorsalis* G. machte: »Mehrfach sah ich in der Nervenmembran bei starken Vergrößerungen stellenweise

eine deutliche Querstreifung, wie am animalen Muskel, ohne jedoch irgendwie Fasern deutlich unterscheiden zu können.« Ferner bei *Mormyrus labiatus*, bei dem, wie wir gesehen haben, die Plattenfortsätze durch die Platten auf deren Vorderseite treten, und um die Durchtrittsstelle sich ein Muskelwall bildet, gibt er an: »Dieser Wall ist in radiärer Richtung quergestreift. Die Querstreifung ist außerordentlich deutlich und vollkommen der Muskelsubstanz gleich, so daß ich nicht anstehe, diesen Wall als aus Muskelsubstanz bestehend zu betrachten.« Somit hat ECKER schon lange vor BABUCHIN Muskelemente in der Platte gesehen, nur fehlten ihm Schnitte, um das Gesehene richtig zu kombinieren.

Die Untersuchungen KUPFFERS und KEFERSTEINS haben unsere Kenntnisse über die Zusammensetzung des *Mormyrus*-Organs wenig erweitert. Über die elektrische Platte geben sie an, dieselbe bestehe aus feingranulierter Masse, mit eingesprenkelten Kernen und einer völlig durchsichtigen, feingestrichelten Substanz. Also auch sie sahen die Muskelsubstanz, erkannten sie aber nicht als solche. Ihre Bemerkung, die feinsten Verzweigungen der Capillaren seien Vasa serosa, wies schon HARTMANN zurück. Endlich ihre irrtümliche Angabe, in der Platte selbst verliefen Blutgefäße, erklärt sich leicht dadurch, daß sie die Platten, denen die Capillaren ja dicht aufliegen, nur in Aufsicht, nicht in Querschnitten untersucht haben. In Wirklichkeit kommen Blutgefäße in der Elektroplax selbst nie vor.

Das Jahr 1858 brachte noch eine dritte Veröffentlichung über das elektrische Organ der Mormyriden, nämlich eine Notiz von E. MUNK in den Nachrichten von der G. A. Universität und der Königl. Ges. d. Wiss. zu Göttingen. Dieselbe verdient deshalb besonderes Interesse, weil sie sich speziell mit den Muskelementen der Elektroplax befaßt. MUNK stellt in diesem Aufsatz eine besondere Theorie über den Aufbau einer quergestreiften Muskelfaser und das Zustandekommen der Kontraktionen derselben auf. Nun beobachtet er, daß zwischen Plattensubstanz und quergestreiften Muskeln in Gestalt, Lichtbrechung und chemischem Verhalten die größte Übereinstimmung herrsche und folgert: »somit ist die Analogie zwischen Muskel und elektrischem Organ, für welche bisher nur allerlei Vermutungen vorlagen, sicher bewiesen«. MUNK geht sogar so weit, zu behaupten: »Die von ECKER bei *Mormyrus dorsalis* und von KUPFFER und KEFERSTEIN bei *Mormyrus oxyrhynchus* beobachtete Substanz ist die elektrische Platte selbst.«

Nicht lange ruhten nach den Veröffentlichungen des Jahres 1858 die Untersuchungen über das elektrische Organ der Mormyriden. HARTMANN hatte sich im Jahre 1858 in Ägypten aufgehalten und hier Gelegenheit gehabt, lebensfrische Exemplare von *Mormyrus oxyrhynchus* zu untersuchen. Seine Befunde unterzog er dann an Material, welches konserviert war, einer näheren Prüfung und veröffentlichte sie im Jahre 1861. Die Untersuchungen und Angaben HARTMANN'S über den mikroskopischen Aufbau der Organe sind ganz zutreffend, und hat er seiner Abhandlung recht instructive Körperquerschnitte beigegeben. Seine mikroskopischen Untersuchungen dagegen haben nicht viel Neues gebracht. Zunächst ist er mit den Befunden seiner Vorgänger im allgemeinen einverstanden, nur in der Deutung der von jenen gesehenen Strichelung oder Querstreifung ist er anderer Meinung. »Man beobachtet bei in doppelt-chromsaurem Kali erhärteten Präparaten auf der vorderen Fläche der Platte eine helle, zarte, mit spärlichen Granulis versehene Schicht, welche leicht sehr feine Fältchen schlägt . . . Derartige Fältchen der äußeren Plattenschicht haben, wie ich vermute, KUPFFER und KEFERSTEIN zur Annahme einer, die vordere freie Fläche kontinuierlich begleitenden, feingestrichelten Substanz geführt.« HARTMANN hat die Querstreifung wohl gar nicht gesehen, sonst hätte er diese zierliche, regelmäßige Zeichnung sicher nicht durch »Fältchenbildung in verdorbenem Material« erklären können.

Bezüglich der »Röhren« war HARTMANN nahe daran, das Richtige zu treffen, nämlich sie nicht als Fortsetzungen der Nervenfasern zu betrachten. BILHARZ hatte (siehe oben) angegeben, in den Röhren sei eine Faserung wahrzunehmen und hält die Fasern für Fortsetzungen der Achsenylinder der markhaltigen Nerven. Richtiger Weise folgert nun HARTMANN, es müßten dann bei Querbrüchen derselben und Zupfpräparaten aus den Bruchstellen Fasern herausragen. Eine derartige Auffaserung nun findet HARTMANN nie; stets sind die Bruchstellen scharf begrenzt. Dennoch vermag er sich nicht für eine bloße Aneinanderlagerung der beiden ein so verschiedenes mikroskopisches Verhalten zeigenden Gebilde auszusprechen, da er eine Vermischung des Inhalts der granulierten Fasern und der dunkelrandigen Fasern gesehen zu haben glaubt. So langt er denn zum Schlusse wieder auf dem Standpunkt ECKERS an, wenn er schreibt, er möchte sich für einen direkten Übergang der beiden Faserarten ineinander entscheiden. »Betrachten wir nun die granulierten Fasern als ein Kompositum der Achsenylinder der dunkelrandigen Fasern.

so erscheint uns die Platte als eine membranöse Ausbreitung der in sie hineintretenden granulierten Faser.«

Bezüglich der Lagerung der Kerne in den Fortsätzen und der Platte sind HARTMANN manche Irrtümer unterlaufen. Unrichtig ist zunächst seine Angabe, die Kerne träten am Zapfen, also dort, wo die markhaltigen Nerven sich ansetzen, nur vereinzelt auf. Es sind ihm die Kerne wohl durch die aufliegenden Nerven hier verdeckt worden, sonst hätte ihm der Kernreichtum gerade an dieser Stelle nicht entgehen können. Dann hat er an den granulierten Fasern unter der, wie wir wissen, von dem Nervenbündel stammenden Bindegewebshülle eine besondere Membran, wohl unser Elektrolemm, gesehen und dieser Membran sollen die in den Fasern auftretenden Kerne angehören. Unsre Figuren 12 u. 13 zeigen aber, daß diese Kerne mit dem Elektrolemm nichts zu tun haben. Sie kommen nur im Innern der Fortsätze vor, und nur dort, wo die Stäbchen fehlen, nähern sie sich dem Elektrolemm. Die Kerne der Platte sollen nach HARTMANN nur in einer hinteren Grenzschicht derselben vorkommen.

M. SCHULTZE (1862) sah sich veranlaßt, mehrere der Beobachtungen HARTMANNS richtig zu stellen. Er hat zunächst gesehen, daß die Kerne in den Platten und den Nervenröhren »in allen möglichen Tiefen« vorkommen. Vor allem aber glaubt er die von ECKER u. a. gesehene Querstreifung verteidigen zu müssen, denn er ist von einem Zusammenhang zwischen Muskulatur und elektrischen Organen überzeugt, wenn er auch über die Art desselben noch keine rechte Vorstellung hat. »Ist es nicht von hohem Interesse, zu erfahren, daß gerade die nur sogenannten pseudoelektrischen Organe es sind, denen diese Streifung zukommt, während sie an echten elektrischen Platten fehlt? Verdient es nicht weitere Überlegung, daß, wie wir an der Muskelsubstanz, die offenbar unter allen Geweben dem der elektrischen Platte am nächsten steht, eine gestreifte, geschichtete Form und eine nicht gestreifte, nicht geschichtete unterscheiden, daß dasselbe auch an der Substanz der elektrischen Platte möglich ist, und daß die gestreiften Platten gerade diejenigen sind, an denen elektromotorische Erscheinungen bisher nicht zur Beobachtung gebracht werden konnten, während solche den glatten in so ausgezeichnetem Maße zukommen?«

In der bald darauf erschienenen Erwiderung wiederholt HARTMANN nur seine Behauptungen ohne neue Belege für dieselben zu bringen.

1864 erschien nun die große, schon gelegentlich der kleineren Veröffentlichungen MARKUSENS erwähnte Arbeit »Die Familie der Mormyriden«. Dieselbe war hauptsächlich der allgemeinen Zoologie und Anatomie der Mormyriden-Species gewidmet, doch hat der Verfasser es nicht unterlassen, auch an dem elektrischen Apparat dieser Fische spezielle Untersuchungen anzustellen. MARKUSEN hatte viele unverletzte *Mormyrus*-Exemplare zur Verfügung, und war es ihm daher leicht, die Organe ganz herauszupräparieren und die Anzahl der Platten derselben festzustellen. Solche Zählungen hat er an *Phagrus dorsalis* (*Mormyrus dorsalis* G.), *Mormyrus longipinnis* und auch an *oxyrhynchus* angestellt. Er fand nun bei *Phagrus dorsalis* in einem $4\frac{3}{4}$ cm langen Organe 160 Plättchen (Scheidewand mit Elektropilax) in jedem der vier Organkörper bei *oxyrhynchus* ebenso viele und bei *Mormyrus longipinnis* bei einer Organlänge von 6 cm 154—160 Platten in jedem Organkörper. Als Durchschnitt gibt er 150—200 Plättchen für jedes Organ an. OGNEFF hat später (siehe unten) diese Angaben am *Mormyrus cyprinoides* und *bane* nachgeprüft und ähnliche Zahlen erhalten.

Die Verteilung der Nerven auf den Plättchen hat MARKUSEN richtig gesehen und auch übersichtlich abgebildet. Interessant ist, daß er schon in einem Falle den Bogen gesehen hat, den die Fortsätze innerhalb des Nervenbündels, wie oben bei *Mormyrus* beschrieben wurde, bilden. Nämlich bei *Mormyrus Caschive* sah er »einen in der Mitte schmaleren Cylinder entstehen, der nach beiden Seiten breiter wurde«. »Von diesen Seiten gehen dann die Teilungen ab.«

Quergestreifte Elemente sieht auch MARKUSEN in der Platte, doch ist er mit der Deutung derselben als Muskelsubstanz nicht einverstanden. »Wo die Querstreifung sichtbar ist, stellt es sich heraus, daß ihr Bild durch kleine Wärzchen hervorgebracht wird, die nebeneinander liegen und vermutlich durch eine zusammenziehende Wirkung der Chromsäure sich bilden.«

BABUCHIN nun hat u. a. das hohe Verdienst, in dieser wichtigen Frage, ob die in den Platten zu beobachtende Querstreifung auf Täuschung beruhe oder wirklich von Muskelementen hervorgerufen wurde, endlich Klarheit geschaffen zu haben. BABUCHIN ist mehrfach in der Heimat unsres Fisches gewesen und hat dort unter den schwierigsten Verhältnissen — Interessantes hierüber findet sich in der Veröffentlichung vom Jahre 1877 — an frischem sowie konserviertem Material seine Untersuchungen angestellt. Schon im Jahre

1872 nun konnte BABUCHIN mitteilen (14): »Ich habe gefunden, daß die elektrischen Platten aus drei nur schwer voneinander trennbaren Schichten zusammengesetzt sind. Die zwei äußeren Schichten (die hintere und die vordere) sind ganz gleich gebaut; sie bestehen aus körniger Substanz, in welche runde Kerne in regelmäßigen Abständen eingeprengt sind. Die mittlere Schicht ist dünn, sehr durchsichtig und hat einen komplizierten Bau, den man sich am besten veranschaulicht, wenn man sich eine Menge, wie Holzsplitterchen, neben- und durcheinanderliegender Muskelbänder von verschiedener Größe und Länge vorstellt, welche zu einer Platte zusammengeklebt sind.« Auf einer der Abhandlung des Jahres 1877 beigegebenen Tafel hat BABUCHIN in Fig. 6 wiedergegeben, wie er sich den Aufbau der Muskellage vorgestellt hat. Es kreuzen und durchflechten sich hier Muskelbänder in den verschiedensten Richtungen. Ein solches Bild entspricht nach meinen Untersuchungen wohl nicht den wirklichen Verhältnissen. Die Fibrillenbündel derselben Schicht bleiben wohl stets in derselben Ebene, sie bilden ein Netzwerk, aber nicht ein Flechtwerk. Zupfpräparate, und nur solche konnte BABUCHIN untersuchen, sind allerdings auch nicht geeignet, hierüber genügend zu informieren, es gelingt das nur mit Hilfe von dünnen Quer- und Flachschnitten. Dennoch bleibt es das hohe Verdienst BABUCHINS, endgültig und unanfechtbar nachgewiesen zu haben, daß, besonders aber, wo Muskelemente in der Platte vorkommen, und die Bedeutung derselben für die Entwicklung des *Mormyrus*-Organs erkannt zu haben. Wir wissen jetzt, daß die quergestreiften Muskelfasern als Plattenbildner zu betrachten sind. An sehr kleinen Exemplaren von *Mormyrus oxyrhynchus* hat BABUCHIN in den Fächern der Organe statt der Platten »birnförmige, geschweifte quergestreifte« Körper gefunden. Solche Körper stellen, wie wir auch aus der Entwicklung von *Torpedo* und *Raja* wissen, ein Zwischenstadium in der Entwicklung einer Muskelfaser zur Elektropilax dar. BABUCHIN folgert, daß die Entstehung der elektrischen Organe beim *Mormyrus* dieselbe ist wie beim *Torpedo* und den *Raja*-Arten, aber während bei diesen die Elektropilax aus einer einzigen Muskelfaser entsteht, sollen zu deren Bildung im *Mormyrus*-Organ mehrere zusammenwirken.

Weiter verdanken wir BABUCHIN die endgültige Beseitigung der Bezeichnung »pseudoelektrisch« für die *Mormyrus*-Organe. Ihm ist es gelungen, endlich elektrische Wirkungen dieser Organe nachzuweisen, und formuliert er am Schlusse der Abhandlung des Jahres

1877 seine Ansicht dahin: »Es existieren keine pseudoelektrischen Organe, es gibt nur große und starke, und kleine und schwache elektrische Organe. Sie sind alle gleich entstanden und der allgemeine Plan ihres Baues ist derselbe, ungeachtet des Unterschiedes in Einzelheiten, welche also Nebensachen sind.« Bezüglich der Nervenendigungen ist er der schon mehrfach zurückgewiesenen Ansicht, die Achsenfibrillen leiteten sich in den blassen Fasern fort.

Im Jahre 1891 fuhr Prof. FRITSCH eigens zu dem Zwecke nach Ägypten, um seine 10 Jahre früher am *Malapterurus* und den verschiedenen *Mormyrus*-Species begonnenen Untersuchungen dort fortzusetzen. Von den Resultaten dieser Reise verdienen besonders Interesse die physiologischen Ergebnisse, die sich ihm bei seinen Untersuchungen über die Stromesrichtung in den Organen ergaben. PACINI hatte bekanntlich die Beziehung zwischen Nervenendigung und Schlagrichtung im elektrischen Organe angegeben, wonach die Elektroplassseite, der sich die Nervenendigungen ansetzen, im Moment des Schlages elektronegativ würden. Dieser Regel fügt sich, wie FRITSCH nachweisen konnte, auch das elektrische Organ vom *Mormyrus*. Die Nerven setzen sich hier an der caudalen Seite der Platte an und der Versuch ergab, daß auch hier wirklich der Strom vom Schwanz zum Kopf verläuft. Aber auch histologische Untersuchungen am elektrischen Organ des *Mormyrus* hat FRITSCH angestellt, und zwar war er der erste, der Schnitte durch das Organ anfertigte, die ihn darüber orientieren konnten, in welcher Lagebeziehung die Elektroplass zu den Fachwänden steht. Um so weniger ist verständlich, daß er (17) S. 956 schreibt: »Es finden sich nämlich bei den kleineren *Mormyrus*-Arten, wie *Mormyrus isidori* und *bovei*, vielleicht bei allen, nicht selten Verbindungen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Platten, besonders gegen die Organoberfläche hin. Dabei geht ohne scharfe Grenze die vordere Schicht der einen Platte in die hintere der nächstfolgenden Platte über und umgekehrt, während die abgewandten Seiten der kommunizierenden Platten glatt über die Verbindungsstelle hinwegziehen.« Daß in dieser Weise Platten zusammenwachsen, ist wohl unmöglich; liegt doch jede Platte isoliert in ihrem Fache, getrennt von der benachbarten durch eine Bindegewebswand und zwei Gallertschichten. Bezüglich der Plattenfortsätze glaubt sich FRITSCH mit seinen Vorgängern in einen besonderen Gegensatz zu stellen, wenn er dieselben als Nerventräger auffaßt, in welchen feinste Elemente aus dem Achsenraum des Nervenbündels weiterziehen sollen. In Wirklichkeit haben die früheren Beobachter nichts

andres behauptet, und vor allem haben sie dieselben nicht für Fortsetzungen einer einzigen Nervenfasern gehalten, was er ihnen supponiert, wenn er fragt: »Welche von den fünfzig herantretenden Nerven soll denn wohl in dem Zapfen ihre Fortsetzung finden?« Die Zusammensetzung der Platte aus drei Schichten, die BABUCHIN schon durch Untersuchung von der Fläche in Zupfpräparaten nachgewiesen hatte, sah FRITSCH auch an Schnitten.

In der Textfig. 4 seiner Abhandlung bildet FRITSCH unter dem cuticularen Saum auch eine Strichelung ab, die er folgendermaßen beschreibt:

Es ordnen sich hier die groben, durch Osmium ziemlich dunkel färbbaren Körnchen zu lockergestellten, kurzen und wenig deutlichen Reihen, aus spärlichen Elementen gebildet, welche Bildung nach der durchaus irrthümlichen Ansicht, welche FRITSCH vom Bau der *Torpedo*-Platte hat, der entsprechenden, von ihm beschriebenen Struktur der *Torpedo*-Platte gleichwertig sein soll. Die, wie oben von mir erwähnt, vielfach körnige Zwischensubstanz der Stäbchen ordnet ihre Körnchen allerdings zu durch die Stäbchen bedingten Reihen, die den von FRITSCH beschriebenen wohl ähnlich sind. Diese Reihen sind aber nicht die Stäbchen selbst; letztere sind in meinen Präparaten nie in Körnchen zerfallen gewesen, auch in Osmium-Präparaten nicht.

Den von ECKER zuerst nachgewiesenen Durchbohrungen der Platte durch ihre Fortsätze vermochte FRITSCH noch eine dritte Art hinzuzufügen, nämlich eine Doppeldurchbohrung in folgender Art. Die »Zapfen« setzen sich im hinteren Fachraume der Platte an, durchbohren dieselbe, in den vorderen tretend, kehren aber sofort wieder zurück und verschmelzen dann mit der Hinterseite der Platte (*Mormyrus isidori* und *bovei*).

An nach neueren Methoden konserviertem Material endlich stellte der russische Forscher OGNEFF im Jahre 1898 seine Untersuchungen an den *Mormyrus*-Species *oxyrhynchus*, *cyprinoides* und *bane* an. Auf OGNEFFS Resultate wurde im ersten Abschnitte dieser Arbeit schon mehrfach hingewiesen. OGNEFF hat die Kenntnisse über den feineren Ausbau des *Mormyrus*-Organs um viele wichtige Einzelheiten erweitern können und doch hätte sein gut konserviert gewesenes Material noch mehr bringen müssen, hätte er auch die modernen Schnittmethoden angewandt. Schnitte, die mit dem Rasiermesser durch die Organstücke ohne vorhergehende Durchtränkung mit Paraffin oder Celloidin angestellt werden, sind bei den zarten Geweben dieser Organe für die Untersuchung wohl wenig geeignet. Die

Abbildungen OGNEFFS zeigen es denn auch, daß die Schnitte, die ihnen zugrunde gelegen haben, nicht sehr dünn gewesen sind. Z. B. zeichnet er in den Fig 7 und 12 der Tafel seiner Abhandlung, daß der Rand der Platte glatt über die Eintrittsstellen der Plattenfortsätze hinwegzieht. Ein solches Bild entsteht nur bei dicken Schnitten. Überhaupt scheinen die Zeichnungen wenig sorgfältig ausgeführt zu sein, denn sie stehen häufig im Widerspruch mit der viel richtigeren Beschreibung OGNEFFS. So finden wir in den Fig. 7, 8, 10 und 12 die Plattenkerne meistens in der Stäbchenschicht, obwohl er im Text ausdrücklich und richtig angibt, daß dieselben nur oberhalb des »Palisadensaums« in einer einzigen Lage sich anordnen.

Aus seinen Ausführungen möchte ich nur folgende Punkte herausgreifen, die mir einer Berichtigung zu bedürfen scheinen. Die Beschreibung, die OGNEFF von den blassen Fasern gibt, ist wenig zutreffend. Mit seinen Vorgängern hat er das bindegewebige Häutchen derselben richtig gesehen. Unter demselben soll nun ein dünnes, durchsichtiges Häutchen (Elektrolemm) verlaufen, das »an seiner inneren Seite zahlreiche ovale Kerne trägt«. Wie wir oben gesehen, haben die Kerne mit dem Elektrolemm nichts zu tun. Sie liegen in der Substanz des Fortsatzes und zwar anfangs (siehe Zone 1 und 2 des Schrägschnitts der Fig. 5) in der Tiefe desselben und nähern sich nur späterhin dem Elektrolemm; siehe besonders die Fig. 12 und 13. Auf das Irrige der Behauptung: »Interessant ist es noch, zu bemerken, daß sich in der Platte Stäbchen nur dort befinden, wo es quergestreifte Muskeln gibt, und daß auf den blassen Fasern keine zu finden sind, obgleich dieselben von dem Elektrolemm ganz bedeckt sind«, braucht nach unsern Ausführungen in dem Kapitel über die Plattenfortsätze nicht weiter eingegangen zu werden.

Mit dem großen Vorzug, auf vitalem Wege nach Belieben Elektrizität erzeugen zu können, hat die Natur nur wenige Gruppen der Klasse der Fische ausgestattet. Seit den sechziger Jahren des 17. Jahrhunderts (FRANCESCO REDI, 1666) nun weiß man, daß dieses Vermögen an besondere Apparate gebunden ist. Wie jedoch die Elektrizität in diesen Apparaten, den elektrischen Organen zustande kommt, ist bis auf den heutigen Tag noch nicht bekannt. Mit Recht sagt aber Prof. BALLOWITZ auf S. 65 der Monographie über den afrikanischen Zitterwels: »Für die Physiologie der elektrischen Organe und eine zu begründende Theorie des Zitter-

fischschlages dürfte zunächst der Nachweis der Einheitlichkeit aller wesentlichen Strukturen bei sämtlichen elektrischen Fischen von Bedeutung sein, da die Einheitlichkeit der Strukturen erstes Postulat ist, um bestimmtere Schlußfolgerungen über die intimeren physiologischen Vorgänge zu ermöglichen.«

Prof. BALLOWITZ hat denn auch durch Vergleiche den Nachweis führen können, daß bestimmte Strukturelemente einmal sich in allen elektrischen Organen finden, zum andern aber nur in solchen auftreten. Ich verweise hier auf die Ausführungen der Schlußbetrachtung in der *Raja*-Arbeit und das V. Kapitel der Monographie über den *Malapterurus*. Hier stellt Prof. BALLOWITZ als wesentliche, gemeinschaftliche Strukturen der Elektroplaxe hin eine feinfädige Gerüstsubstanz, die Plattenkerne, die Stäbchen und das Elektrolemm.

Ein Elektrolemm überzieht auch hier, wie wir gesehen haben, die ganze Platte mit ihren Fortsätzen.

Daß es sich in den Stäbchen um ein wichtiges, für die Anatomie und Physiologie des Organs wesentliches Strukturelement handeln muß, dessen Bedeutung schon wegen seiner enormen numerischen Ausbildung nicht gering anzuschlagen ist, führt Prof. BALLOWITZ schon in der *Raja*-Arbeit S. 307 aus. Die interessanten Einzelheiten, die die Stäbchen im elektrischen Organ vom *Mormyrus* zeigen, wurden schon oben dargelegt. Daß die Stäbchen mit den Nervenendigungen nichts zu tun haben, eine Ansicht, die Prof. BALLOWITZ schon nach seinen ersten Untersuchungen über elektrische Organe aussprach (19), läßt sich auch hier feststellen.

Ferner finden sich auch in der *Mormyrus*-Elektroplax die Plattenkerne in ihrer typischen rundlichen Form mit den großen Kernkörperchen.

Ob auch das Netzgerüst, das Prof. BALLOWITZ bei *Gymnotus* und *Malapterurus* so stark ausgebildet vorgefunden, aber auch bei *Torpedo* und *Raja* nachgewiesen hat, hier vorkommt, ließ sich nach meinem Material nicht entscheiden. Jedenfalls, wenn es vorkommt, so kann seine Ausdehnung nur gering sein, da in der Elektroplax des *Mormyrus* Muskelfibrillenschicht, Stäbchen und Kerne den meisten Platz beanspruchen. Den Nervenendapparat bei den Mormyriden mit den Nervenendigungen der andern elektrischen Fische zu vergleichen, ist noch nicht möglich, da wir denselben hier zu wenig kennen. So viel ist aber sicher, daß hier wie dort Nerven erst ganz kurz vor ihrem Aufhören ihr Mark verlieren, eine Tatsache, die für das Zustandekommen des Zitterfischschlages vielleicht nicht unwesentlich

ist. Wenn es nun auch keinem Zweifel unterliegt, daß sich in den Organen der andern *Mormyrus*-Arten im allgemeinen dieselben Verhältnisse finden werden, wie beim *Mormyrus oxyrhynchus*, so haben doch weitere Untersuchungen hier noch manche wichtige Frage zu lösen, z. B. das genauere Verhalten der Muskelfibrillenschicht an den Durchbohrungsstellen.

Ibbenbüren i. W., im Februar 1906.

Verzeichnis der benutzten Literatur.

Die Arbeiten von GEMMINGER und KÖLLIKER waren mir leider nicht zugänglich, und kenne ich deren Inhalt nur, soweit spätere Forscher darüber referieren.

1. GEMMINGER, Elektrisches Organ von *Mormyrus oxyrhynchus* und *dorsalis*. Diss. inaug. München 1847.
2. KÖLLIKER, Über die elektrischen Organe von *Mormyrus longipinnis* Rüp. Berichte von der Königl. zool. Anstalt zu Würzburg, zweiter Bericht für das Schuljahr 1847/48. Leipzig 1849.
3. ECKER, Über das elektrische Organ von *Mormyrus dorsalis*. Berichte über die Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Br. August 1855. Bd. I. Heft 2.
4. — Die Nervenendigungen im elektrischen Organ der *Mormyri*. Untersuch. zur Ichthyologie. Freiburg 1857.
5. — Über das elektrische Organ der *Mormyri*. Berichte über die Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. Br. März 1858. Bd. I. Heft 4.
6. KUPFFER u. KEFERSTEIN, Über den feineren Bau des elektrischen Organs beim Zitteraal, *Gymnotus electricus*, mit Rücksicht auf den Bau bei andern elektrischen Fischen, insbesondere bei *Mormyrus oxyrhynchus*. Nachrichten von der G. A.-Universität und der Kgl. Gesellsch. d. Wiss. zu Göttingen. 1857. Nr. 19.
7. MUNK, Zur Anatomie und Physiologie der quergestreiften Muskelfaser der Wirbelthiere mit Anschluß von Beobachtungen über die elektrischen Organe. Nachrichten von der Universität und der Königl. Gesellschaft d. Wiss. zu Göttingen. 1858. Nr. 1.
8. HARTMANN, Bemerkungen über die elektrischen Organe der Fische. Archiv f. Anat. u. Phys. Jahrg. 1861. S. 646 u. Jahrg. 1862. S. 762. Torpedo, Malapterus, *Mormyrus oxyrhynchus*.
9. M. SCHULTZE, Über die elektrischen Organe der Fische. Bericht über die Sitzungen der Naturf. Gesellsch. zu Halle im Jahre 1857. In den Abhandlungen d. Naturf. Ges. zu Halle. Bd. IV. 1858.
10. — Über die elektrischen Organe der Fische. Arch. f. Anat., Physiol. u. wiss. Medizin. Jahrg. 1862. S. 470.
11. MARKUSEN, Sur quelques particularités relatives à l'organisation des *Mormyres*. Gazette médicale de Paris. T. VIII. 1853.

12. MARKUSEN, Vergleichende Mittheilungen aus einer Arbeit über die Familie der Mormyren. *Bullet. de la Classe physico-mathem. de l'Académie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg.* T. XII. Nr. 1. 1853.
13. — Die Familie der Mormyren. *Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg. Série VIII. T. VIII. Nr. 4.* 1864.
14. BABUCHIN, Über die Bedeutung und Entwicklung der pseudo-elektrischen Organe (Mormyrus, Raja). *Centralblatt für die med. Wissenschaften.* 1872.
15. — Übersicht der neueren Untersuchungen über Entwicklung, Bau und physiol. Verhältnisse der elektr. und pseudo-elekt. Organe. *Arch. f. Anat., Phys. u. wiss. Medizin.* 1876.
16. — Beobachtungen und Versuche am Zitterwelse und Mormyrus des Nils. *Arch. f. Anat. u. Phys. Phys. Abtheilung.* 1877. S. 250.
17. FRITSCH, Weitere Beiträge zur Kenntnis der schwach elektrischen Fische. *Sitzungsber. der königl. preuß. Akad. d. Wissensch. zu Berlin.* Jahrg. 1891. II. Halbl. S. 941 fg.
18. OGNEFF, Einige Bemerkungen über den Bau des schwachen elektrischen Organs bei den Mormyriden. *Diese Zeitschr. Bd. LXIV.* 1898.
19. BALLOWITZ, Über den Bau des elektrischen Organs von Torpedo, mit bes. Berücksichtigung der Nervenendigungen in demselben. *Arch. f. mikr. Anat. Bd. XIII.* 1893.
20. — Über den feineren Bau des elektrischen Organs des gewöhl. Rochen Raja clavata. *Anatom. Hefte. Abt. I. Heft 23.*
21. — Zur Anatomie des Zitterraales (Gymnotus electricus). *Anat. Anz. Bd. XIII.* 1897.
22. — Das elektr. Organ des afrikanischen Zitterwelses (Malapt. electr. Lacepède), anatomisch untersucht von Dr. E. BALLOWITZ. *Jena 1899.*
23. BIEDERMANN, Elektrophysiologie. *Abth. II. Jena 1895.*

Erklärung der Abbildungen.

Alle Zeichnungen beziehen sich auf das elektrische Organ von *Mormyrus oxyrhynchus* Geoffr.

In allen Figuren bedeutet:

<p><i>P</i>, die elektrische Platte;</p> <p><i>VG</i>, vorderes Gallertgewebe;</p> <p><i>HG</i>, hinteres Gallertgewebe;</p> <p><i>MN</i>, markhaltige Nervenfasern;</p> <p><i>S</i>, bindegewebige Scheidewand der Fächer;</p>	<p><i>VR</i>, vordere,</p> <p><i>HR</i>, hintere Rindensubstanz;</p> <p><i>F</i>, Doppellage der quergestreiften Brillenbündel;</p> <p><i>VE</i>, vorderes,</p> <p><i>HE</i>, hinteres Elektrolemm.</p>
---	---

Da besonderes Gewicht auf genaue Abbildung der durch Zeichnung nicht so leicht wiederzugebenden Strukturbilder zu legen war, so wurden die schwierigeren Zeichnungen von der Meisterhand des Herrn EW. H. RÜBSAAMEN ausgeführt.

Tafel XXII.

Fig. 1. Schnitt durch den lateralen Teil von fünf Fächern mit ihrem Inhalt, senkrecht zu den Plattenoberflächen. *P*, die elektrische Platte; die Fibrillenschicht hat sich gelockert, die beiden Rindenschichten haben sich stellenweise voneinander entfernt; *H*, äußere Hülle des elektrischen Organs. ZEISS, Obj. A. Oc. 1. FLEMMINGSche Lösung (Exemplar 26 cm) Eisenhämatoxylin nach M. HEIDENHAIN.

Fig. 2. Schnitt durch zwei Fächer mit Inhalt, senkrecht zu der Oberfläche der Platten. Die Fibrillenschicht der elektrischen Platte (*F*) hat sich gelockert; *N*, Querschnitte durch größere Nervenbündel markhaltiger Nerven. Der größte Querschnitt links im ersten Fach zeigt in der Mitte den Querschnitt durch das Ende des zugehörigen Plattenfortsatzes. LEITZ, Obj. 3, Oc. 3. Tubus ausgezogen; FLEMMINGSche Lösung; 26 cm; Eisenhämatoxylin.

Fig. 3. Schnitt senkrecht zu der Oberfläche der elektrischen Platten. Unvollständiges Fach zwischen zwei vollständigen Fächern. Die Scheidewand (*US*) und die elektrische Platte (*UP*) hören frei auf, an dem freien Ende der Platte gehen die Rindenschichten ineinander über. Die Fibrillenschicht (*F*) hat sich gelockert, so daß sich die beiden Rindenschichten zum Teil weit voneinander entfernt haben. LEITZ, Obj. 3, Oc. 3. Tubus ausgezogen; FLEMMINGSche Lösung; 26 cm.

Fig. 4. Flächenansicht der Verästelungen der Plattenfortsätze mit den zugehörigen markhaltigen Nerven von der Hinterseite einer elektrischen Platte. *MN*, markhaltige Nervenfasern; *G*, Grenze der markhaltigen Nervenmasse an den dicken hinteren Endästen der Plattenfortsätze; *E*, dicke hintere Endäste der Plattenfortsätze, welche sich gegen die Platte hin in feinere Verzweigungen (*FV*) auflösen; *SU*, senkrecht von der Plattenhinterfläche entspringende Ursprungsweige der Plattenfortsätze. Da diese im Flächenpräparat senkrecht oder nahezu senkrecht gestellt sind, erscheinen sie als dunkle Punkte. Zupfpräparate von einem mit Osmiumsäure (1%) fixierten, in Mixtur (Alkohol, Glyzerin, Aqua dest. zu gleichen Teilen) konservierten Organstücke, Untersuchung in Glyzerin. LEITZ, Obj. 3, Oc. 1.

Fig. 5. Schrägschnitt durch eine mit HERMANNScher Lösung fixierte, in Alkohol konservierte und mit Eisenhämatoxylin gefärbte Platte mit ihren Fortsätzen und dem ganzen Inhalt des hinter der Platte gelegenen Fachraumes. *P*, Plattenschrägschnitt; *HF*, hinterer Fachraum mit seinem Inhalt und mit der hinteren Scheidewand *S*. Es sei bemerkt, daß im Verhältnis zu dem Plattenschrägschnitt *P* der Schrägschnitt durch den hinteren Fachraum *HF* zu kurz gezeichnet worden ist, um ihn überhaupt auf der Tafel plazieren zu können; er hätte etwa noch einmal so lang gezeichnet werden müssen; *K*, kernhaltige Auflagerung der glatten Vorderfläche der Platte; *VP*, den vorderen Stäbchen entsprechende Punktierung; *VKZ*, kernhaltige Zone der vorderen Rindenschicht; *F*, Schrägschnitt durch die beiden Lagen quergestreifter Fibrillenbündel; *HKZ*, kernhaltige Zone der hinteren Rindenschicht; *HPI*, den hinteren Stäbchen entsprechende Punktierung. Die kernhaltigen Ursprünge zweier Plattenfortsätze sind schräg getroffen und lassen die Stäbchen erkennen; *C*, Kapillare mit Blutkörperchen im Innern in der Nähe der Plattenhinterfläche; *HG*, hinteres Gallertgewebe mit Zellen und Kernen; *Z₁*, Zone der dünnen senkrecht oder nahezu senkrecht von der Plattenhinterfläche entspringenden Ursprünge der kernhaltigen

Plattenfortsätze; in einigen Schrägschnitten der letzteren sind die Stäbchen sichtbar; Z_2 , Zone der stäbchenlosen Verzweigungen der Plattenfortsätze; Z_3 , Zone der hinteren, dickeren, mit den markhaltigen Nerven in Verbindung tretenden Enden der Plattenfortsätze; in dem Schrägschnitt ist nur ein solches Ende getroffen; Z_4 , Zone der markhaltigen Nervenfaserbündel; in dem Schrägschnitt ist ein dünneres Nervenfaserbündel angeschnitten; S , hintere bindegewebige Scheidewand des Faches. ZEISS, homogene Immersion 2,0 mm, Apert. 1,40, Kompens.-Oc. 4, Tubuslänge 160.

Tafel XXIII.

Fig. 6. Flächenbild (57 cm großes Exemplar) aus einem nicht gefärbten, in Kanadabalsam eingeschlossenem Zupfpräparat von mit HERMANNScher Lösung fixiertem, in Alkohol aufbewahrtem Material. Die derben Bindegewebsbündel (Bg) der hinteren Scheidewand, die Verzweigungen dieser markhaltigen Nervenbündel und die damit zusammenhängenden dickeren Enden und Endschlingen der Plattenfortsätze sind sichtbar; die Grenzen der durch Osmiumsäure geschwärzten Markmasse an den Enden der Plattenfortsätze sind deutlich. Nicht sichtbar infolge der starken Aufhellung und der tieferen Lage sind die feineren Verzweigungen der Plattenfortsätze in dem vorderen Abschnitt des hinter der Platte gelegenen Fachraumes. Vgl. Fig. 4 auf Tafel XXII. LEIZ, Obj. 3, Oc. 1.

Fig. 7. Dicht hinter der Platte gelegene Capillarverzweigungen, Präp. von Fig. 4. ZEISS, Obj. 3, Oc. 4.

Fig. 8. Stücke einer elektrischen Platte (P) mit einem Teil des vorderen (VG) und des hinteren (UG) Gallertgewebes, aus einem senkrecht zu den Plattenflächen ausgeführten Schnitt. An der Hinterfläche der Platte ist der Ursprung eines Plattenfortsatzes getroffen worden in der Art, daß in demselben der Schnitt oben die Mitte des Fortsatzes getroffen, nach unten (hinten) hin aber allmählich die Oberfläche desselben gestreift hat; der Schnitt schließt dann unten ab mit dem Schrägschnitt durch den sich umbiegenden, eine andre Richtung einschlagenden Fortsatz. Infolgedessen ist an dem Plattenfortsatz zu sehen, wie die Stäbchen der hinteren Rindenschicht auf den Plattenfortsatz übertreten und allmählich an den der Oberfläche nach getroffenen Stellen das Bild der Punktierung verursachen. Auch auf dem unteren Schrägschnitt des Plattenfortsatzes sind noch vereinzelte Stäbchen sichtbar; letztere sind kürzer, dicker und spärlicher gestellt, als an der Rindenschicht der Platte und am Anfang des Plattenfortsatzes. K , kernhaltige Auflagerung der vorderen glatten Plattenfläche; $VStZ$, stäbchenhaltige Zone der vorderen Rindenschicht; VKZ , kernhaltige, stäbchenfreie Zone der vorderen Rindenschicht; F , die beiden Lagen der quer gestreiften Fibrillenschicht; die Querstreifung war an dieser Stelle nicht deutlich; HKZ , kernhaltige, stäbchenfreie Zone der hinteren Rindenschicht; $HStZ$, stäbchenhaltige Zone der hinteren Rindenschicht; VE , Elektrolemm der Vorderseite; HE , Elektrolemm der Hinterseite der Platte. In dem hinteren Gallertgewebe un deutlich begrenzte Zellen mit je einem ründlichen Kern. HERMANNSche Lösung 57 cm. Alkohol, Hämatoxylin nach HANSEN, Eosin, Kanadabalsam; aus einer Schnittserie. ZEISS, homogene Immersion 2,0 mm, Apert. 1,40, Kompens.-Oc. 12, Tubus ausgezogen.

Tafel XXIV.

Fig. 9. Bezeichnung und Vergrößerung wie in der vorigen Figur. HERMANNSche Lösung 57 cm; Schnitt senkrecht zur Oberfläche der Platte, Färbung

mit Eisenhämatoxylin nach M. HEIDENHAIN. Stück einer Platte mit dem Anfang eines Plattenfortsatzes an der Hinterfläche; die vordere und hintere Gallertschicht sind fortgelassen. Bei dieser Färbung zeigte die Substanz der vorderen und hinteren Rindenschicht zwischen den Stäbchen zahlreiche tröpfchenartige Kügelchen; die Stäbchen selbst waren erhalten und sichtbar, aber durch die Tröpfchen zum Teil verdeckt und undeutlich geworden. Die Querstreifung der Fibrillen in den beiden Fibrillenlagern (*F'*) sehr deutlich.

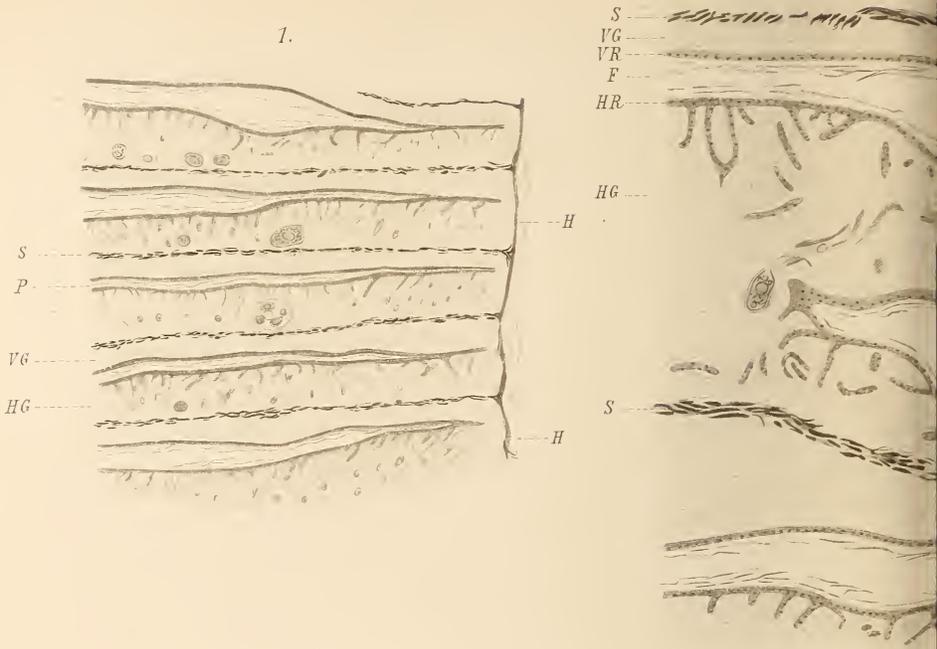
Fig. 10 *a-d*. Querschnitt durch vier Ursprünge von Plattenfortsätzen in der Nähe der Hinterfläche der Platte mit deutlichen kurzen Stäbchen. Hämatoxylin nach HANSEN, Eosin, Kanadabalsam. ZEISS, homogene Immersion 2,0 mm, Apert. 1,40, Tubus nicht ausgezogen, Kompens.-Oc. 6.

Fig. 11 *a u. b*. Aus einem mit HERMANN'Scher Lösung behandelten, angeführten, in Kanadabalsam eingeschlossenen Flächenbild einer isolierten elektrischen Platte. Länge des Exemplars 57 cm. Anheftung eines Bündels markhaltiger Nerven an eine von zwei dicken hinteren Plattenfortsatzenden gebildete Endschlinge. *a*, bei oberflächlicher Einstellung; *b*, bei mittlerer Einstellung. Die kurzen markhaltigen Segmente zwischen den RANVIERSchen Einschnürungen sehr deutlich. Bei *a* sind sie der Endschlinge aufgelagert und verdecken letztere; bei *b* ist die Endschlinge deutlich; *M.N*, Bündel der markhaltigen Nerven; *PFPF*, die hinteren Enden zweier Plattenfortsätze, welche die Endschlingen bilden.

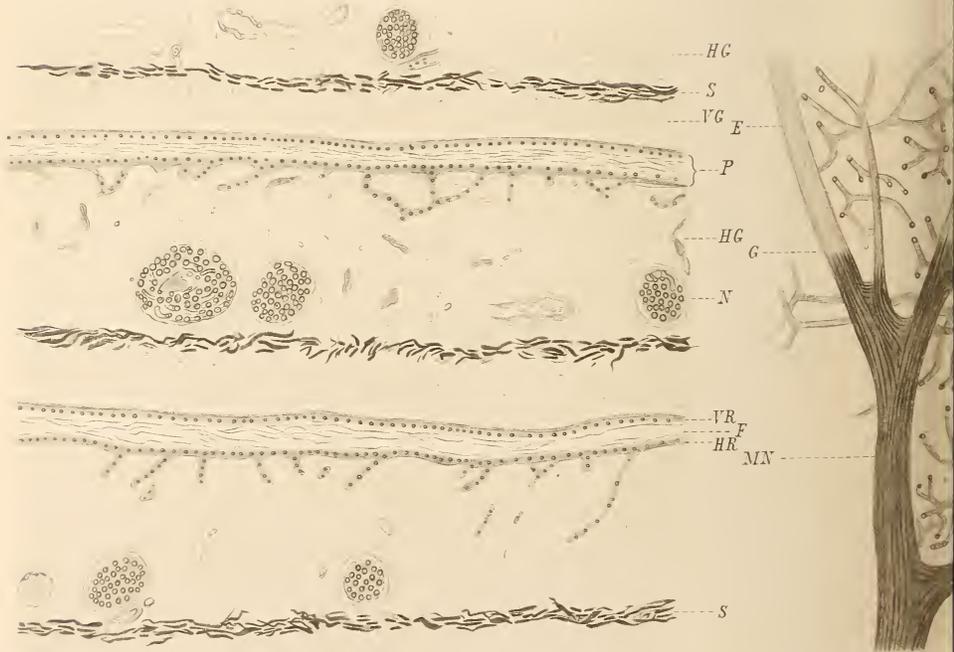
Fig. 12. Längsschnitt durch die Anheftungsstelle eines Bündels markhaltiger Nervenfasern an das Ende eines Plattenfortsatzes; der letztere zieht sich in der Achse des Nervenbündels nach hinten fein aus. Dort, wo er von den Nerven umgeben wird, sind zwischen Fortsatzoberfläche und Nervenfasern längliche, helle Räume sichtbar, welchen Einschnitte und Einbuchtungen an der Oberfläche des Plattenfortsatzes entsprechen; in diesen Räumen hier und da Gerinnsel und Kerne. In der Nähe dieser hellen Räume Kernvermehrung in der oberflächlichen Schicht des Plattenfortsatzes; *FT*, hinteres dickeres Ende des Plattenfortsatzes. FLEMING'Sche Lösung, 31 cm, Alkohol, Eisenhämatoxylin nach M. HEIDENHAIN, Kanadabalsam; aus einer Schnittserie. ZEISS, homogene Immersion 2,0 mm, Apert. 1,40, Oc. 12, Tubus nicht ausgezogen.

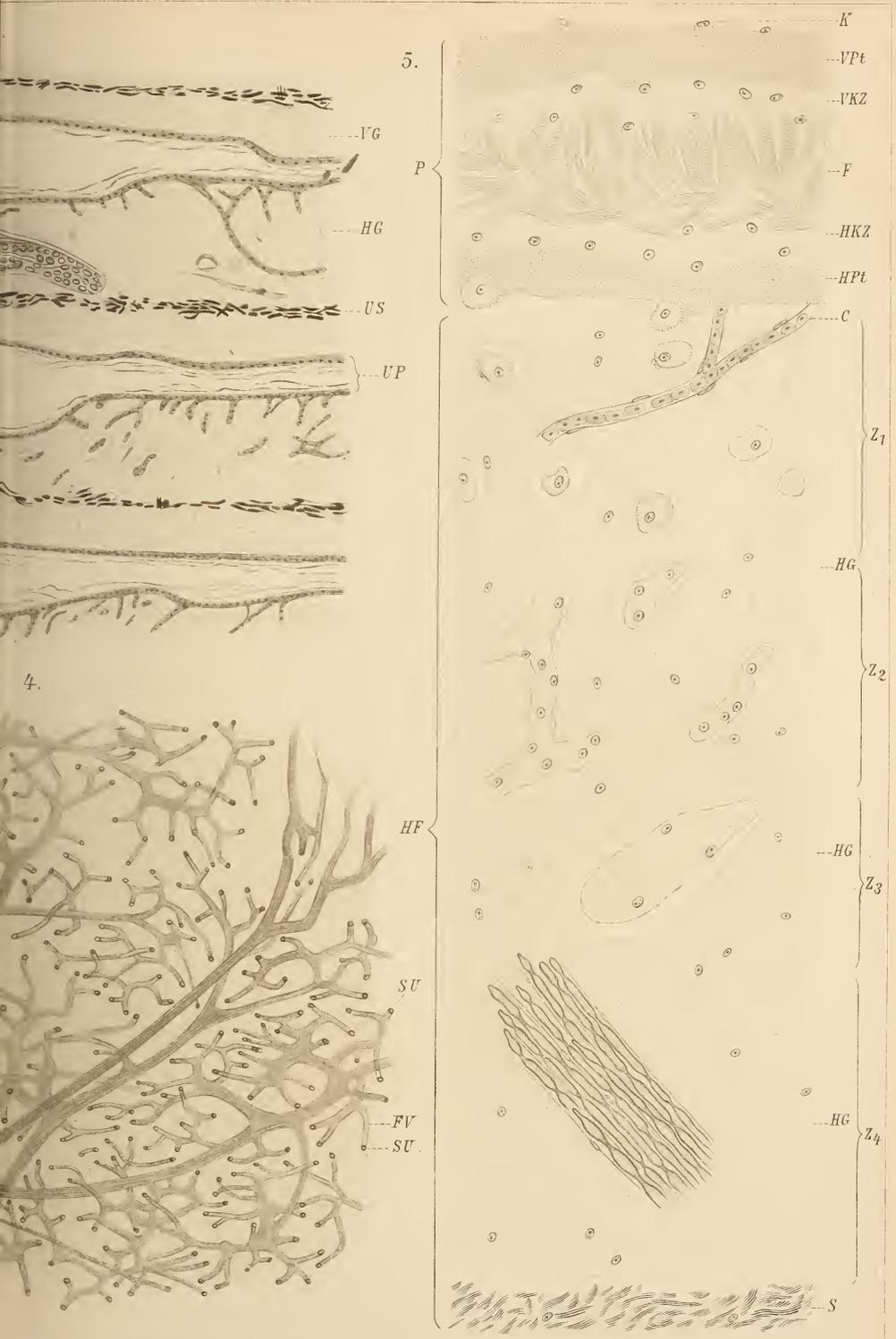
Fig. 13. Material, Behandlung und Vergrößerung wie in voriger Figur. Querschnitt durch die Anheftungsstelle eines Bündels markhaltiger Nervenfasern an das von ihnen angeschlossene, verjüngte Ende eines Plattenfortsatzes. Zwischen den Nervenfasern und der Oberfläche des Plattenfortsatzes die hellen, in Einschnitten der Oberfläche des Plattenfortsatzes liegenden Räume, welche schon in der vorigen Figur erwähnt wurden. Vermehrung der Kerne im Plattenfortsatze an dieser Stelle.

1.



2.

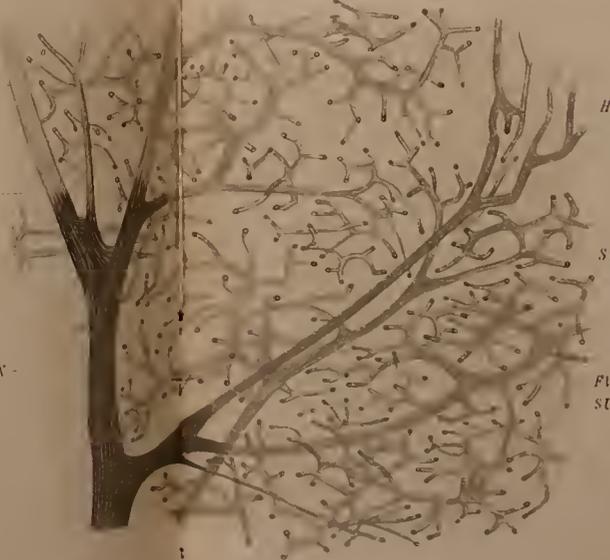
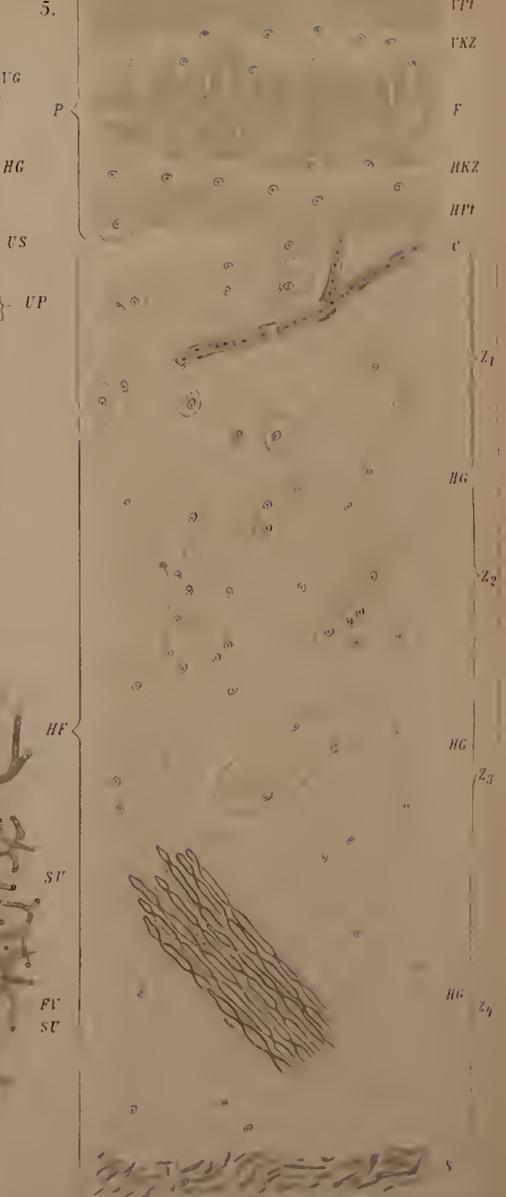
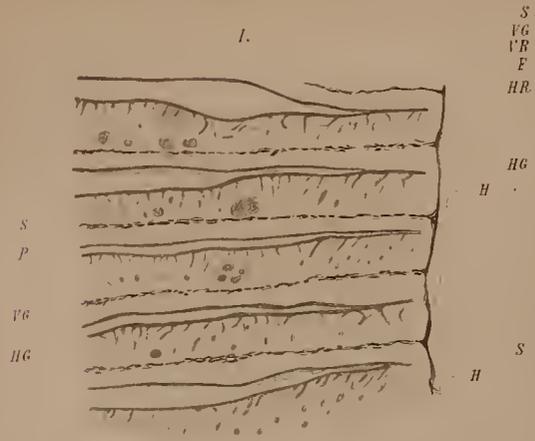




3.

4.

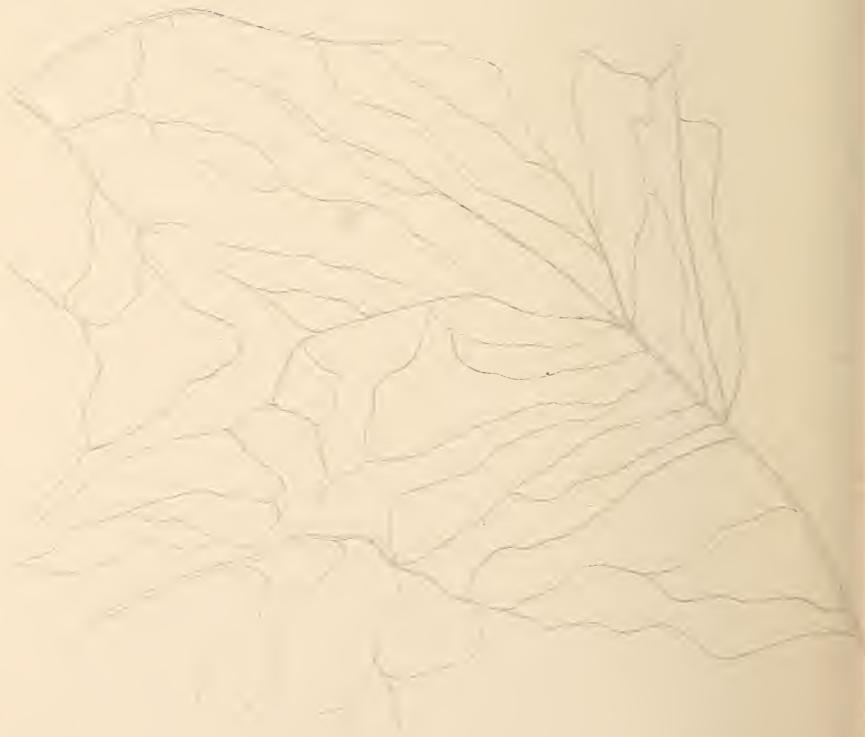
5.



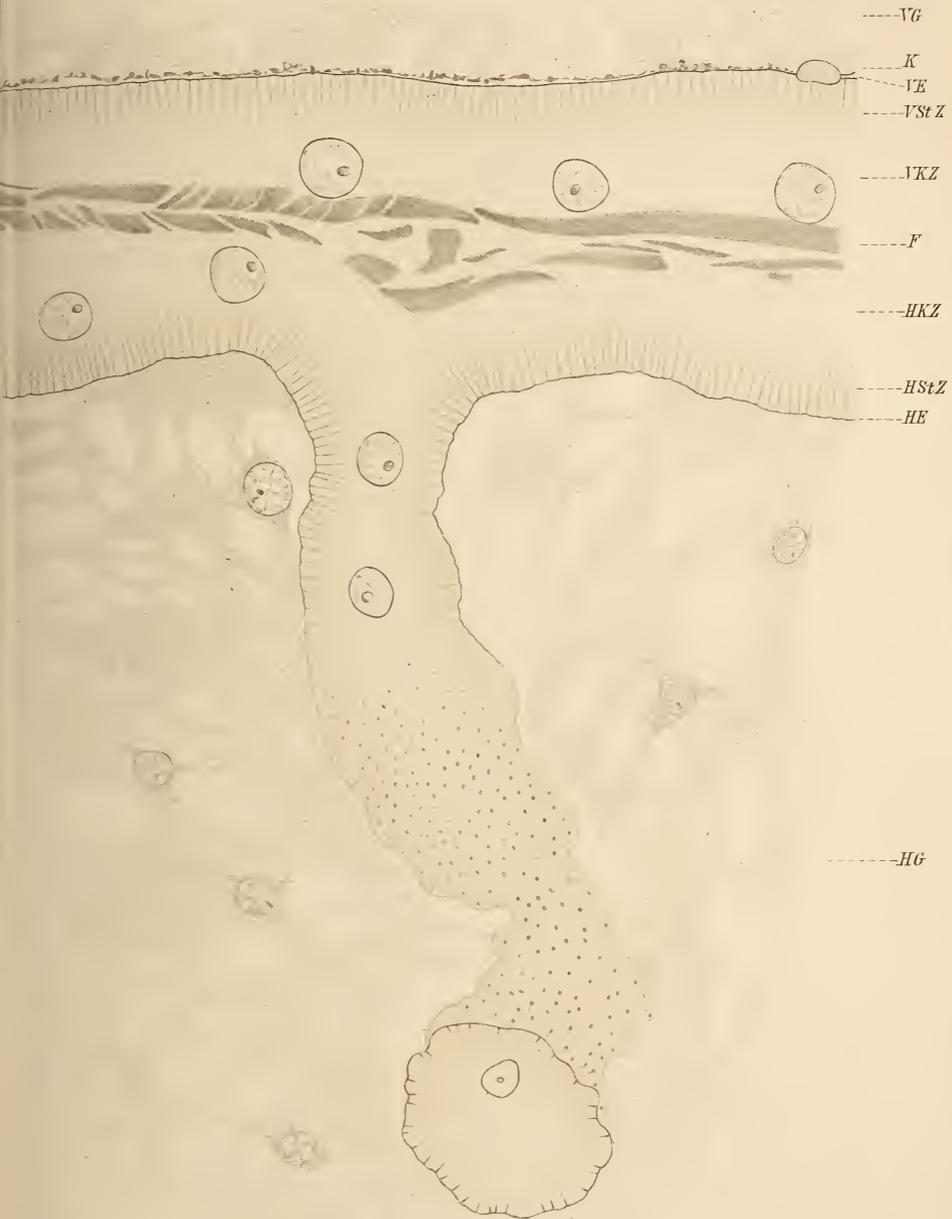
6.



7.



8.



6.

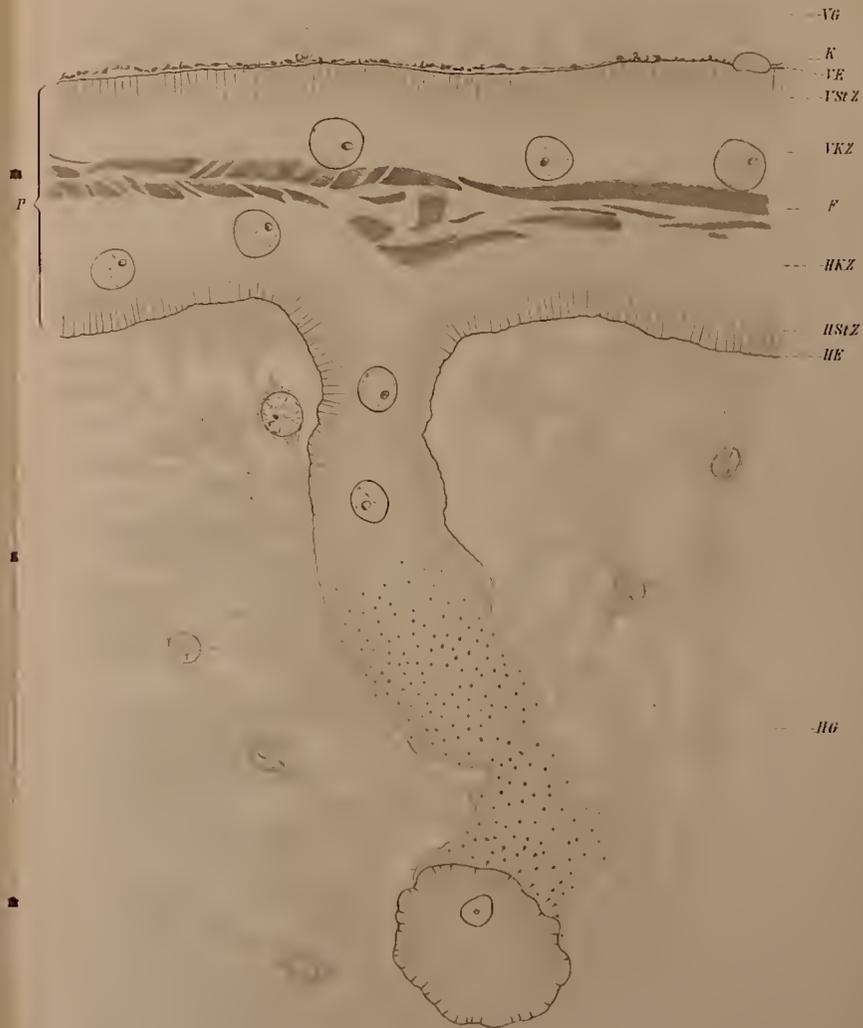


K

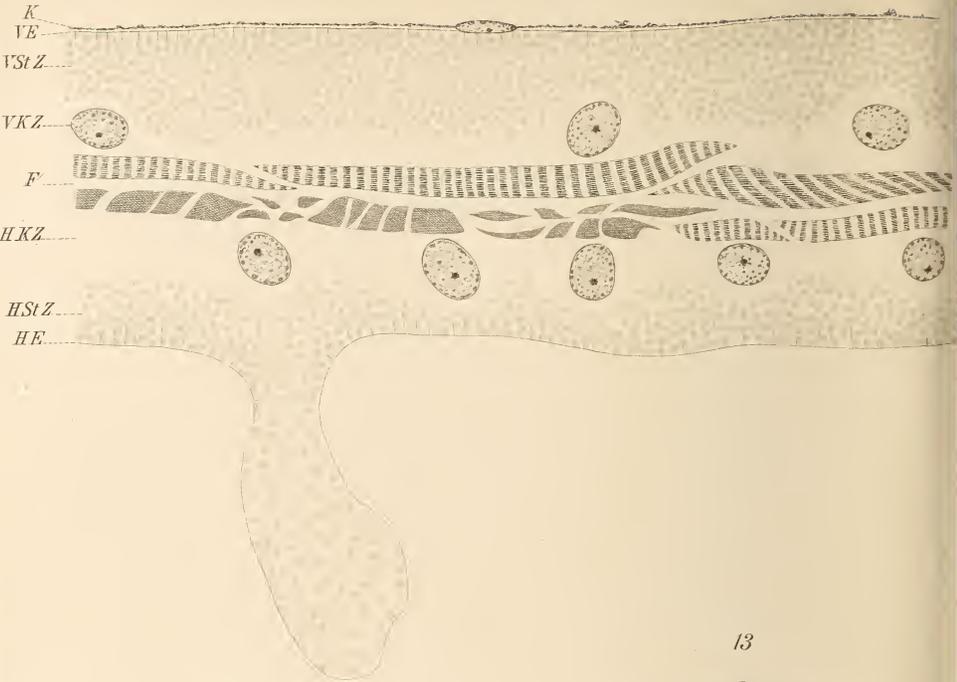
7.



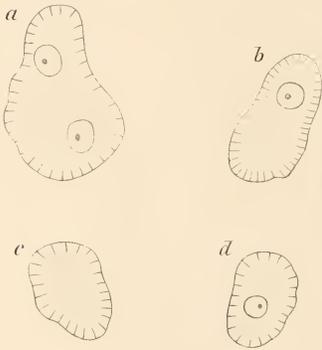
8.



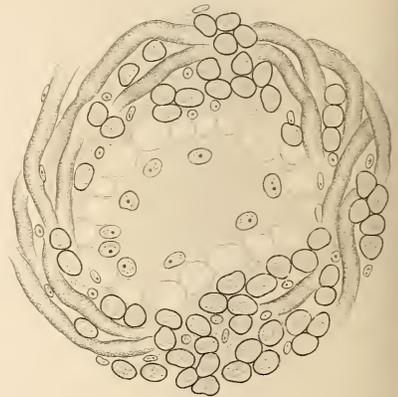
9



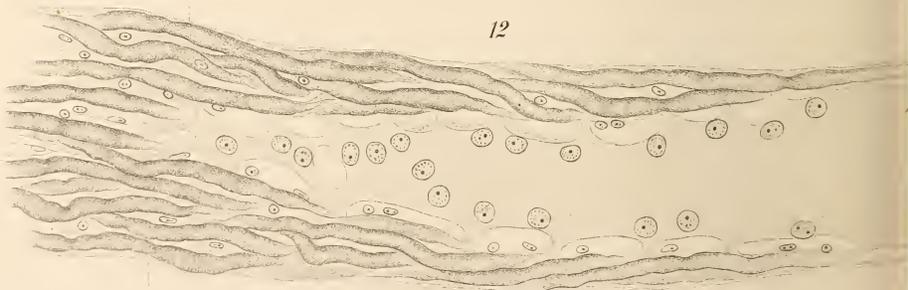
10



13



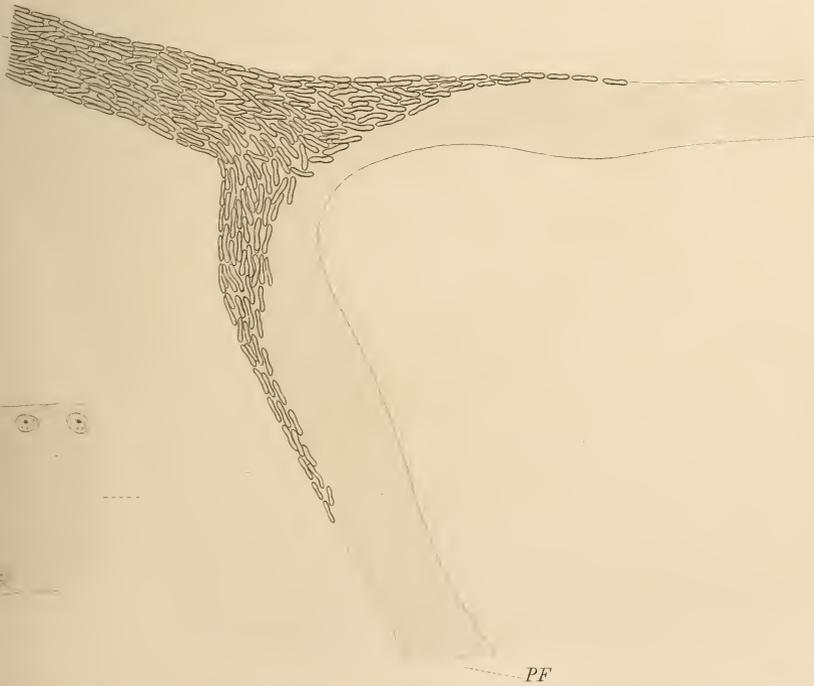
12



II a



II b



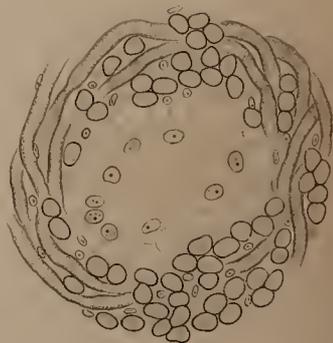
PF

PF

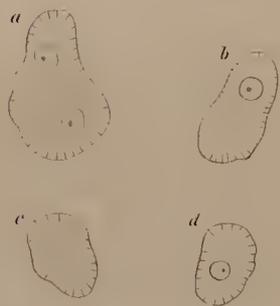
9



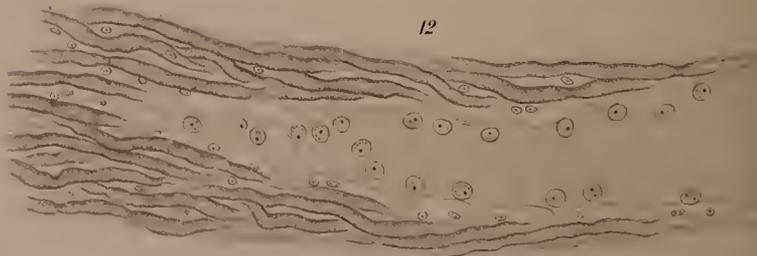
13



10



12



IIa



IIb

PF

MI



PF