Histiologische Untersuchungen über den feineren Bau des Centralnervensystems von *Esox Lucius* mit Berücksichtigung vergleichend-anatomischer und physiologischer Verhältnisse.

Von

Ludwig Neumayer,

Assistent für Histiologie an der anatomischen Anstalt in München.

Hierzu Tafel XXIII.

Im Verlaufe der andauernden Bestrebungen, auf Grund vergleichend-anatomischer und embryologischer Untersuchungen die Homologie des Fischgehirns mit dem der höheren Vertebraten darzulegen, trat die histiologische Untersuchung der einzelnen Gehirnabschnitte mehr und mehr in den Hintergrund. Erst die bewundernswerthen Erfolge der Golgi'schen Methode auf dem Gebiete der Morphologie des centralen Nervensystems der höheren Wirbelthiere gaben den Anstoss, dass in jüngster Zeit die Arbeiten von R. Fusari(1), Pedro Ramón y Cajal(2), F. Capobianco(3), A. Schaper (4) und van Gehuchten (5) die Ergebnisse früherer Untersuchungen am Teleostiergehirn, ich nenne hier nur die Abhandlungen von Carus (6), Gottsche (7), Stieda (8), Vialt (9), Rohon (10), Vignal (11), Fritsch (12), Mayser (13), Mauthner (14), Denissenko (15) zu erweitern strebten und im Sinne der jetzigen Ansichten über den Bau des Nervensystems zu deuten unternahmen.

Auf den Vorschlag von Herrn Professor von Kupffer unterzog ich das Centralnervensystem eines bei uns häufig vorkommenden Knochenfisches, des Hechtes, einer eingehenden Untersuchung. Ich erlaube mir an dieser Stelle meinem hochgeehrten Chef, Herrn Professor von Kupffer, für die mir von seiner Seite zu Theil gewordene Unterstützung und Förderung, sowie Herrn Prosektor A. A. Böhm für die aus seiner Bibliothek zur Verfügung gestellten Werke meinen ergebensten Dank zum Ausdruck zu bringen.

Bevor ich auf das Thema übergehe, seien kurz einige Bemerkungen über die angewandten Untersuchungsmethoden vorausgeschickt.

Untersuchungsmethoden.

Zur Anwendung kam neben der Weigert'schen sowie der Hämalaunfärbung ausschliesslich die rasche Golgi'sche Methode, zu deren Controle die beiden angeführten Schnittfärbungen dienten.

Die Chromosmiumsilbermethode benutzte ich zunächst in der von S. Ramón y Cajal (16) angegebenen Modifikation: Einlegen der Objekte in eine Mischung von 1 Theil 1% Osmiumsäure und 4 Theilen 3,5% Kaliumbichromatlösung. An Stelle dieser letzteren trat später mit Vortheil eine 2% Lösung des Kaliumbichromats, wodurch eine wesentliche Reduktion der Randniederschläge sowie eine quantitativ bessere Imprägnation der Nervenzellen erzielt wurde. Der von S. Ramón y Cajal zuerst angewandte und auch von v. Lenhossek (17) empfohlene Zusatz von einigen Tropfen Ameisensäure zur Silbernitratlösung wurde nie unterlassen und glaube ich den günstigen Einfluss derselben hinsichtlich der Vermeidung stärkerer Niederschläge bestätigen zu können.

Ein weiterer überaus wichtiger Faktor zur Erzielung brauchbarer Präparate ist Frische des Materials. Am besten bezieht man die Fische lebend und tödtet sie, wie es v. Lenhossek für *Lumbricus terr.* empfiehlt, durch Zusatz von Chloroform zum Wasser des Fischbehälters. Ein Zerlegen des Gehirns in mehrere Theile vor der Imprägnation ist nicht nothwendig, vielmehr zu widerathen, da hierdurch die spätere Orientirung beim Schneiden überaus erschwert wird und an den Schnittflächen, wohl in Folge der starken Quetschung der Hirnsubstanz beim Durchschneiden, ausgedehnte und tiefgreifende Niederschläge von Chromsilber hervorgerufen werden.

In der oben angegebenen Lösung von Osmiumsäure und Kaliumbichromat blieben die Objekte zwei Tage, wurden hierauf für zwei Tage in die 0,75% Silbernitratlösung unter Zusatz der Ameisensäure nach vorhergegangenem Abtrocknen mit Fliesspapier übergeführt. Eine zweite, selbst dritte Wiederholung des ganzen Processes, unter Belassung der Objekte in den Flüssigkeiten bis zu einem Tag, erwies sich als ausserordentlich günstig. Die Imprägnation wurde bei gewöhnlicher Zimmertemperatur, in gut

schliessenden Schalen und im Dunkeln vorgenommen. Nach Beendigung der Färbung wurden die Gehirne in toto auf eine Stunde in absoluten Alkohol gebracht, dann für 1—2 Stunden in eine mitteldicke Celloidinlösung und in 70% Alkohol geschnitten.

Wird in der angegebenen Weise verfahren, so gelingt es beim Teleostiergehirn ausnahmslos, gute Präparate zu erhalten.

Im Folgenden soll nun zunächst das Tectum loborum opticorum hinsichtlich seiner Schichtung und der dasselbe zusammensetzenden Nervelemente beschrieben werden, unter Berücksichtigung des feineren Baues der Homologa der höheren Wirbelthiere, speciell der von van Gehuchten und S. Ramón y Cajal geschilderten Lobi optici des Hühnerembryos und des Hühnchens.

I. Schichten und Faserverlauf im Tectum loborum opticorum.

Ohne hier die zahlreichen, von einander stark abweichenden Eintheilungen des Tectums, wie sie von frühern Untersuchern des Teleostiergehirns aufgestellt wurden, zu berücksichtigen, sollen im Folgenden die Schichten beschrieben werden, wie sie sich nach der Imprägnation nach Golgi präsentiren, wobei ich im wesentlichen mit den von R. Fusari (1) für das Cyprinoiden- und Salmoniden-Gehirn erhaltenen Ergebnissen übereinstimmende Resultate erhielt.

Fusari unterscheidet am Tectum sieben Schichten und zwar von innen nach aussen gezählt:

1. Das cylindrische Flimmerepithel und seine darunter liegende Formation von Neuroglia und Gefässen.
2. Die granulöse Schicht.
3. Eine Nervenzellenschicht, durchzogen von Nervenfaserbündeln.
4. Eine Schicht, reich an spindelförmigen und ovalen Zellen.
5. Eine dem Optikusdache parallellaufende, längsgerichtete Nervenfaserschicht.
6. Eine Schicht mit rundlichen Nervenzellen und darüber
7. eine dünne Schicht vaskulären Bindegewebes.

Meine Untersuchungen ergaben die gleiche Anzahl von Zonen, doch weiche ich von Fusari's Deutung einzelner derselben ab und zähle seine 7. zur Pia mater, so dass ich von aussen nach innen gehend folgende Lagen finde:

1. Eine oberflächliche Nervenfaserschichte: Randplexusschichte.
2. Eine äussere Längsfaserschichte.
3. Eine plexiforme Schichte und zwar eine äussere und innere.
4. Eine innere Längsfaserschichte.
5. Eine Circulärfaserschichte.
6. Eine Nervenzellen- und
7. Eine Ependymzellen-Schichte.

Diese sieben Schichten treten vor allem an den median gelegenen Theilen des Tectums scharf gesondert auf, während sie lateral zunächst sich keilförmig zuspitzen, einzelne schliesslich in dem ventralwärts ziehenden Schenkel des Opticusdaches mit einander verschmelzen oder ihren Charakter ändern, worauf ich unten bei der Beschreibung der einzelnen Schichten zurückkommen werde.

Die 1. Schichte, Randplexusschichte, hat beim ausgewachsenen Hechte einen durchschnittlichen Höhendurchmesser von 30 μ . Dieselbe wird gebildet von den Telodendrien der bis an die Oberfläche ziehenden Ependymzellen, den letzten peripheren Verzweigungen von in der 2. und 3. Schichte liegenden Zellen und schliesslich durch die Ausläufer der in dieser Schicht selbst liegenden Zellen, die nur in geringer Zahl auftreten und daher dieser Randzone den Charakter einer im wesentlichen aus Nervenfasern bestehenden Lage verleihen. Die Fasern dieser Region imprägniren sich überaus leicht und ist es daher an gut gelungenen Präparaten wegen des unentwirrbaren Filzes, den sie bilden, unmöglich, eine Specificirung der einzelnen Endverzweigungen zu treffen; zu diesem Behufe eignen sich, wie ja bereits von verschiedenen Seiten für Golgi'sche Präparate hervorgehoben wurde, nur elektiv gefärbte Stellen, die dann mit Leichtigkeit alle Details erkennen lassen.

Die 2. Zone, die äussere Längsfaserschichte, ist durchschnittlich in ihrem medianen Theile 50 μ dick und besteht hier ausschliesslich aus längs verlaufenden Nervenfasern. Lateralwärts nimmt sie dann successive eine Reihe von der Circulärfaserschichte kommender, schief nach aussen und oben ziehender Nervenstränge auf. Hierdurch wandelt sie sich schliesslich in eine gemischte Bahn um. Diese letzteren, circulär verlaufenden Fasern nehmen gegen die lateralen Enden des Opticusdaches immer

mehr an Mächtigkeit zu und vereinigen sich mit den die 5., die Circulärfaserschichte bildenden Nervenfasern: es entsteht hierdurch die centrale Wurzel des Opticus. Einige spindelförmige, offenbar aus der 3. Region stammender und hierher vorgeschobener Zellen sollen in dem speciell den Zellen gewidmeten Theile ihre Berücksichtigung finden.

Die mächtigste Abtheilung des ganzen Tectums ist die 3. Zone, die plexiforme Schichte. Dieselbe bildet L. Stieda's dritte Schichte und wird von ihm als „in frischem Zustande grau erscheinend“ beschrieben und „granulirte Schicht“ benannt. Nach seinen Untersuchungen ist sie „0,28 mm breit und hat auf Längs- und Querschnitten ein gleiches Ansehen; sie besteht aus fein granulirter Grundsubstanz, welche jedoch häufig auch sehr deutlich in radiärer Richtung fein gestreift sich ausnimmt, und im Allgemeinen spärlichen Zellen. Letztere sind regellos zerstreut, zum Theil von grösserem Umfange, indem sie eine Länge von 0,016—0,020 mm und eine Breite von 0,004—0,008 mm, einen 0,004—0,006 mm grossen Kern nebst Kernkörperchen darbieten und oft so liegen, dass ihr grösserer Durchmesser der Breite der Schicht entspricht (Fig. 13, *l*); sie lassen dann gewöhnlich zwei in entgegengesetzter Richtung abgehende, lange Fortsätze wahrnehmen. Ausserdem finden sich auch kleinere, runde Zellen von 0,006—0,010 mm im Durchmesser, welche den in der Rindenschicht vorkommenden vollkommen gleichen (Fig. 13, *m*)“.

Nach Fusari bildet diese Zone die 4. Schichte; er erklärt sie als die beträchtlichste und für die wichtigste. „Sie enthält zahlreiche Formen von Nervenzellen und ein dichtes Netz von Nervenfasern.“ Nachdem er die Formen der hier vorkommenden Zellen eingehend beschrieben, fährt er fort: „Um das bekannte Netz von Nervenfibrillen dieser Schicht zu bilden, treten ein:

1. Die Nervenfortsätze der Zellen, welche in der Zone existiren und die sich in toto theilen.
2. Die Zweigchen, welche, von den Nervenfortsätzen der Zellen des ersten Typus ausgehend, der Schicht angehören.
3. Die Endzweige der Fasern des zweiten Typus, die der dritten Zone angehören.
4. Die sekundären Fibrillen, die von einigen Fasern derselben dritten Zone ausgehen.

5. Die Endverzweigungen der Fasern, welche von der fünften Zone herrühren.

Aus diesen beiden eben angeführten Citaten ergibt sich die Vielseitigkeit der Beziehungen dieser Zone zu allen Regionen des Tectums und damit auch die Wichtigkeit derselben für den centralen Ursprung des Opticus wie auch ihre Bedeutung in physiologischer Hinsicht.

Aber auch vergleichend-anatomisch hochinteressante Gesichtspunkte bietet diese Schichte und möchte ich bereits hier den Hinweis darauf nicht unterlassen, der sich in dieser Richtung aus den Untersuchungen von S. Ramón y Cajal (18) und A. van Gehuchten (19) über diesen Punkt ergibt, die unter Anwendung der Golgi'schen Methode in den Jahren 1891 und 1892 die diesbezüglichen Verhältnisse, ersterer speciell am Hühnchen, letzterer am Hühnerembryo, untersuchten. Auf Grund dieser Arbeiten glaube ich die das gleiche Thema berührenden Abhandlungen von Stieda (20), Schulgin (21) und Bellonci (22), die zudem, wie S. Ramón y Cajal auch anführt „au moyen de méthodes incomplètes“ ausgeführt wurden, übergehen zu können.

Nicht minder verdienen die Untersuchungen Tartuferis (23) in dieser Hinsicht Berücksichtigung, der die eminentiae bigeminae anteriores unter Anwendung der Golgi'schen Methode untersuchte und aus dessen Befunden Fusari den Schluss zieht, dass dieselben auch in histologischer Hinsicht dem Dache des Lobus opticus der Fische homolog seien. Ich werde bei der Beschreibung der Nervenzellen auf diesen Punkt zurückkommen und gehe zur Beschreibung der Nervenfaservertheilung dieser Schichte über.

Diese Zone übertrifft beim Hechte alle übrigen in ihrem Dickendurchmesser, welcher im Durchschnitt beim ausgewachsenen Thiere 0,36 mm beträgt. Schon auf den ersten Blick lassen sich in derselben zwei besonders dichte Nervenfasergeflechte unterscheiden: ein äusseres, dicht unter der II. Zone gelegen — die äussere plexiforme Schicht — und ein inneres, das sich oberhalb der IV. Region ausbreitet — die innere plexiforme Schicht —. Diese beiden Nervenfaserzüge werden jedoch nicht durch eine faserlose Zwischenschicht getrennt, sondern dieser mittlere Theil der plexiformen Schicht weist nur weniger Nervenfasern auf, in deren Maschen die Mehrzahl der vielfach geformten Nervenzellen dieses Stratum eingelagert sind.

Die äussere plexiforme Schichte wird gebildet durch die centripetal ziehenden Dendriten von einigen wenigen, in der Zone II liegenden Zellen, in der Hauptsache aber von den Telodendrien der Zellen der Nervenzellenschichte sowie den Collateralen von in der III. Schichte befindlichen nervösen Elementen, welch' letztere auch das Hauptcontingent der Nervenfasern des obenerwähnten mittleren Theiles der plexiformen Schicht liefern.

Die innere plexiforme Schicht baut sich im wesentlichen aus den beiden zuletzt genannten Kategorien von Fasern auf.

Zone 4, innere Längsfaserschichte, besitzt eine Dicke von 40μ und wird ausschliesslich aus längsverlaufenden Nervenfasern gebildet. Dieselben sind zu verschiedenen breiten Bündeln angeordnet, in deren Zwischenräumen die oberflächenwärts ziehenden Fortsätze der tiefer gelegenen Zellen sowie die von der 5. zur 2. Zone gehenden Nervenfasern hindurchtreten.

Die 5. Lage, Circulärfaserschicht, wird gebildet aus einem etwa 20μ dicken Bündel markhaltiger Nervenfasern, welche von der Medianlinie gegen die Peripherie, sowie auch in umgekehrter Richtung ziehen. In der Medianlinie, wo die beiden Opticustekta zusammenstossen, findet ein Austausch der Fasern beider Seiten statt, wodurch, da die durchtretenden Fasern nicht im gleichen Sinne verlaufen, bereits central eine Kreuzung der Opticusfasern erfolgt. Wie oben erwähnt, bilden diese Fasern, lateral vereinigt mit Fasern der 2. Zone den centralen Ursprung des Opticus. Von diesem Bündel zweigt sich nach innen und unten ziehend ein ziemlich mächtiger Zug von Nervenfasern ab, welcher in den Thalamus opticus eintritt. Dieses Bündel ist auch von Mayser (13), Fritsch (12) und Fusari (1) beschrieben und nach Bellonci (22) soll der Opticus nur aus diesem Stamme allein entspringen. Jene oben erwähnte centrale Kreuzung der Fasern der 5. Schicht wird von Fritsch (12) als Commissur erklärt und zwar im Sinne seiner dem Fischgehirn zu Grunde liegenden Deutung als ein Homologon des Balkens. Mayser (13) erwähnt bei Beschreibung der hier behandelten Zone, welche von ihm Querfaserschicht benannt wurde, ebenfalls der die beiden Tecta verbindenden Fasern und sagt, dass sie, „soweit sie die Mittellinie überbrücken, keine Commissur, sondern wie auch der grössere Theil der hintern Commissur selbst, eine Kreuzung markhaltiger Fasern sind“.

Erwähnt sei noch, dass von dem ventralen Theile dieses Stratum zahlreiche Faserbündel bis in die Valvula cerebelli hinein verfolgt werden können, die dann, soweit es aus dem mir zu Gebote stehenden Präparaten ersichtlich war, in das Nachhirn eintreten: es ist hierdurch eine direkte Verbindung zwischen Tectum resp. Kleinhirn und Nachhirn und, wie mit Sicherheit angenommen werden kann, auch mit dem Rückenmarke geschaffen.

Es erübrigt noch die innerste, die Ventrikel begrenzende Schichte der Ependymzellen sowie die, wie ich glaube, von der selben zu trennende 6., oder Nervenzellenschichte, hinsichtlich der Verbreitung der Nervenfasern zu betrachten.

Letztere hat eine Dicke von 50μ und beherbergt ausser den von den Ependymzellen kommenden Ausläufern zahlreiche Fortsätze der hier liegenden Nervenzellen, welche Fortsätze ihrem morphologischen Verhalten nach zum Theil als Neuriten anzusprechen sind. Vielfach sieht man nämlich einen dieser seitlich oder vom untern Pole entspringenden schlanken Ausläufer nach oben zur 5. Zone umbiegen, in deren Fasern er eine Strecke weit verfolgt werden kann.

Die letzte, innerste Schicht hat im allgemeinen eine Dicke von 100μ und wird ausschliesslich von den Ependymzellen gebildet. Sie enthält neben den peripherwärts ziehenden Fortsätzen derselben ein dickes Flechtwerk kürzerer Ausläufer dieser epithelialen Zellen, wodurch sie zu einem festen Gefüge vereinigt erscheinen. Die eben geschilderten Verhältnisse sind in Fig. 1a halbschematisch dargestellt. In diesem Frontalschnitt durch das Opticusdach sind die im vorhergehenden beschriebenen Schichten mit römischen Ziffern bezeichnet. Mit I ist die obere, an die Pia mater grenzende Fläche des Opticusdaches angegeben, II bezeichnet die obere, III die untere Grenzlinie der Ependymzellenschichte, IV einen den Basalsaum bildenden Fortsatz einer Ependymzelle. V ist eine von der Circulärfaserschichte zur Randplexuszone ziehende Opticusfaser; mit VI sind Opticusfasern bezeichnet, welche von den lateralen Partien der 2. Zone strahlenförmig nach innen gehend in der 1. Schichte frei enden. In VII und VIII sind typische Formen von Opticuszellen der plexiformen Schichte wiedergegeben, in N_1 und N_2 deren Neuriten.

Hat schon die gröbere histologische Struktur, der Aufbau Knochenfischtectums aus verschiedenen Schichten, mannigfache

Gelegenheit geboten, auf ähnliche Verhältnisse bei den höheren Vertebraten hinzuweisen, so gilt dies in noch viel höherem Grade für die nervösen Zellelemente, für ihren Bau und ihre Vertheilung auf die einzelnen Zonen.

II. Zellen des Opticusdaches.

Ich beginne mit der Beschreibung der Nervenzellen der obersten Schichte, der Randplexuszone.

Wie ich bereits oben ausgeführt habe, finden sich in diesem Stratum nur vereinzelte Formen und zwar lassen sich unter denselben zwei, wesentlich durch ihre Morphologie verschiedene Typen, unterscheiden:

1. Kleine Zellen mit fast kugelförmigem Zelleib, die in der ganzen Tiefenausdehnung dieser Zone zu sehen sind. Diese Form wird auch von Fusari (1) beschrieben und abgebildet. Von denselben entspringen drei bis vier vielfach verästelte Dendriten sowie ein schlanker, im Bogen verlaufender Neurit. Derselbe gibt während seines längeren oder kürzeren Verlaufes eine grosse Anzahl von Collateralen ab, theilt sich schliesslich in mehrere Endästchen, die ein zumeist in der II. Zone liegendes, bouquetförmiges Telodendrion bilden. Wie sich aus dem Verhalten des Axencylinders dieser Zellen ergibt, gehören dieselben dem von Golgi als Typus II bezeichneten Formen an (Fig. 1).

Die zweite Zellkategorie weist einen kugelförmigen, meist an der gegen die Ventrikel zu gelegenen Seite abgeplatteten Zellkörper auf. Von diesen Zellen entspringen oppositopol zwei, an der Basis dickere, gegen die Peripherie sich verjüngende Fortsätze, die zum Optikusdache quer gestellt verlaufen, parallel zu dessen oberer Grenze. Während ihres ziemlich weitausgedehnten Verlaufes geben dieselben nur wenige Seitenäste ab und enden meist mit gabelförmiger Theilung, spitz auslaufend. An einigen wenigen dieser Zellen konnte ein den Charakter eines Neuriten tragender Fortsatz gefunden werden, der jedoch nach kurzem Verlaufe sich in ein Telodendrion spaltete. Diese Zellen, welche den von Ramón y Cajal (24) in der Grosshirnrinde der Säugethiere beschriebenen und nach ihm benannten gleichen, wurden von van Gehuchten (19) auch im Optikusdache des Hühnchens gefunden, ebenso von Ramón y Cajal (18) auch beim Hühnerembryo. Nach van Gehuchten charakterisiren sich diese Zellen

durch die Länge ihrer protoplasmatischen Ausläufer. Auch konnte er bei einer grossen Zahl derselben einen Axencylinderfortsatz nicht erkennen; wenn er jedoch vorhanden war, so hatte er, wie die Protoplasmafortsätze, eine horizontale Richtung. Den Ort und die Art der Endigung konnte er jedoch nicht eruiren. Wie aus dieser Beschreibung v a n G e h u c h t e n 's hervorgeht, treten alle die von ihm beim Hühnchen gefundenen morphologischen Eigenschaften dieser Zellen genau in derselben Weise auch im Optikusdache der Teleostier auf. Fig. 2.

In der äusseren Längsfaserschichte beobachtete ich nur eine Form von Zellen. Dieselben liegen zwischen den zu Bündeln angeordneten Fasern der zweiten Schichte und zwar in sehr geringer Zahl. Ihr Zellleib hat eine ausgesprochen spindelförmige Gestalt. An den beiden sich stark verjüngenden Enden entspringen Fortsätze, von denen der eine, nach oben ziehend, in der Randplexusschichte, der andere gegen unten gewendet, in der plexiformen Schichte sich verzweigt. Die Verästelungen des peripherwärts ziehenden Fortsatzes in der obersten Schichte sind sehr zahlreich und bilden mit den daselbst endigenden Fasern ein dichtes Filzwerk von feinsten Nervenästchen. Der vom untern Ende der Zelle entspringende Fortsatz theilt sich ebenfalls, meist schon in der äusseren plexiformen Schichte, in ein Endbäumchen, dessen Zweige weniger zahlreich und etwas dicker sind als die des zuerst beschriebenen Fortsatzes. Diese beiden, oppositopol entspringenden Ausläufer sind protoplasmatischer Natur. Doch konnte ich an wenigen Zellen einen feinen, fast gradlinig nach unten verlaufenden Fortsatz entdecken. Derselbe nahm dann seinen Ursprung nicht direkt von der Nervenzelle, sondern etwas entfernt von derselben, von dem centralwärts ziehenden Dendriten. Es handelt sich hier unzweifelhaft um einen Neuriten, der jedoch nur in der geringsten Anzahl der Fälle zur Beobachtung gelangte. Ueber seinen Verlauf konnte ich eruiren, dass derselbe unter Abgabe von wenigen, kleinsten Collateralen bis zur Längsfaserschichte zieht, wo ich ihn jedoch nicht weiter verfolgen konnte. Fig. 3. (Der nur in einigen Fällen beobachtete Neurit ist punktirt eingetragen.)

Die meisten und interessantesten Zellformen treten in der dritten Zone, der plexiformen Schichte auf. Ich konnte unter den oft ausserordentlich dicht liegenden Zellen fünf verschiedene Formen erkennen.

Schon Stieda (8) beschreibt eine sehr häufig auftretende Form von Zellen der III. Schichte im Tectum, die einen spindelförmigen Zellleib besitzen. Dieselben lassen sich mit der Golgi'schen Methode sehr leicht imprägniren und sind, wie aus den Abbildungen leicht ersichtlich ist, identisch mit den zuletzt in der II. Schichte geschilderten. Es sind Zellen mit ausgesprochen spindelförmigen Zellkörpern. Die beiden oppositopol entspringenden Fortsätze verzweigen sich in der äusseren und inneren plexiformen Schichte unter Bildung eines reichverzweigten Telodendrions. Der Körper dieser Zellen ist stets innerhalb der beiden erwähnten Zonen gelegen. Ein Neurit hatte sich nur bei einigen der Zellen imprägnirt. Er nimmt seinen Ursprung entweder direkt aus dem Zellkörper oder, wie es bei den Zellen der äusseren Längsfaserschichte immer der Fall ist, von dem ventrikelwärts verlaufenden Dendriten. In seinem nach unten gerichteten Verlauf beschreibt derselbe leichte Wellenlinien, entsendet einige kurze, horizontal verlaufende Collateralen und tritt schliesslich in die Circulärfaserschichte ein. Fig. 4.

Die charakteristischsten Nervegebilde dieser Zone sind die Optikuszellen. Diese Formen, von van Gehuchten (19) ebenso wie von Ramon y Cajal (18) beim Hühnchen gesehen, finden sich in der ganzen Ausdehnung der plexiformen Schichte. Diese Zellen präsentiren sich als ziemlich grosse Nervelemente mit einem spindel- oder walzenförmigen Körper. Von den beiden Polen entspringen protoplasmatische Fortsätze, welche, der eine central, der andere peripher ziehend, unter Bildung einer reichen bouquetförmigen Verzweigung enden. Der nach aussen, d. h. nach oben ziehende protoplasmatische Ausläufer endet in der Randplexusschichte, mit den hier sich aufsplitternden Nervenfasern anderer Herkunft ein dichtes Geflecht bildend. Der central gerichtete Fortsatz theilt sich in der Regel bald nach seinem Ursprung in zwei bis drei Stämme, welche, jeder für sich, eine fast ebenso reichliche Endverästelung wie der periphere Ausläufer bilden, in der inneren plexiformen Zone enden und im wesentlichen zur Bildung dieser beitragen. Von ganz besonderem Interesse erscheint das Verhalten des von diesen Zellen stammenden Neuriten, nicht nur in morphologischer sondern auch in phylogenetischer Hinsicht. Nach den Untersuchungen von Ramón y Cajal und van Gehuchten entspringt der Axencylinder-

fortsatz nicht direkt vom Zelleib, sondern von den protoplasmatischen Fortsätzen, und zwar den peripheren.

Van Gehuchten beschreibt diese Art Ursprung von nervösen Fortsätzen im lobus opticus vom Hühnchen wie folgt: „Le prolongement cylindraxil ne naît pas du corps cellulaire; on le voit constamment partir du prolongement protoplasmatique périphérique, à une distance quelquefois considérable du corps cellulaire. A partir de son origine, il se recourbe sur lui même, redescend parallèlement à l'élément nerveux dont il provient, traverse la couche moyenne en émettant de nombreuses collatérales et enfin, devient une fibre nerveuse de la couche blanche interne.“

Im Optikusdache des Hechtgehirnes ist das Verhalten des Neuriten dieser Zellform in fast allen Beziehungen dieser von van Gehuchten für das Huhn gegebenen Schilderung conform.

Nachdem der Neurit von dem peripher ziehenden Dendriten seinen Ursprung genommen, zieht dieser Fortsatz in leichtgeschwungenem Bogen an der Zelle vorbei. Während seines Verlaufes in der 3. Zone sowie beim Durchtritt durch die 4. entspringen eine grössere Anzahl von Collateralen, die sämtlich nach meist gabelförmiger Theilung in kürzester Frist enden. Der Neurit konnte in der Mehrzahl der Fälle bis zur inneren Circulärfaserschichte verfolgt werden, an deren Bildung er wesentlichen Antheil nimmt. Fig. 5.

Von der eben beschriebenen Zellform leitet sich eine nur in Bezug auf das Verhalten des Neuriten verschiedene dritte ab. Der Neurit entspringt bei dieser Art direkt aus dem Zelleib und zieht unter Abgabe einiger weniger Collateralen centripetal zur Circulärfaserschichte. Fig. 6.

Da nunmehr die drei geschilderten Zellformen im Gehirne des Knochenfisches wie des Vogels vorkommen, so erscheint die Annahme berechtigt, dass dieselben, wohl auch functionell eine der wichtigsten Zellen, ebenfalls bei Schlangen, wie Reptilien und Amphibien nachzuweisen sein müssten. In den von Pedro Ramón y Cajal hierüber veröffentlichten Arbeiten finden sich nun die in erster Reihe beschriebenen spindelförmigen Zellen der plexiformen Schichte abgebildet, während die beiden letzten Formen weder beschrieben noch in den Zeichnungen zu erkennen sind. Um über diese Frage Gewissheit zu verschaffen, werde ich in

meinen das Gehirn der erwähnten Thiere betreffenden Untersuchungen speciell mein Augenmerk hierauf richten und seiner Zeit das Ergebniss mittheilen.

Eine vierte Zellform der plexiformen Zone gehört Golgi's Typus II an. Es sind dies Zellen mit auffallend grossem Körper, von welchem nach allen Richtungen eine grössere Anzahl Fortsätze, meist sind es fünf bis sechs, ausstrahlen. Von diesen besitzt keiner den Charakter eines echten Neuriten, sondern sämtliche Ausläufer verlieren meist nach kürzerem Verlaufe unter vielfacher gabelförmiger Theilung ihre Individualität und senden ihre Endausläufer in die äussere und innere Zone des Stratum plexiforme, in seltenen Fällen auch in die diesem zunächst liegenden Gebiete der 2. und 4. Schichte. Die von diesen Zellen entspringenden Fortsätze zeichnen sich vor allen anderen durch ihre Stärke aus, so dass es leicht ist, diese Nervelemente im dichtesten Gewirre von Fasern herauszufinden. Der Metallimprägnation sind sie ausserordentlich schwer zugänglich, weshalb ich über die Häufigkeit des Vorkommens dieser Zellen keine bestimmten Angaben machen kann. Fig. 7.

Eine fünfte in der plexiformen Schichte vorkommende Form von Zellen wurden ebenfalls schon von den Untersuchern des Hühnergehirnes im Optikusdache gefunden und zeigen hier genau dieselben morphologischen Eigenschaften wie beim Hechte. Van Gehuchten (19), welcher dieselben mehrfach abbildet, beschreibt sie folgendermassen: „Enfin, on trouve encore à tous les niveaux de la couche moyenne des éléments nerveux triangulaires et fusiformes, à direction oblique ou horizontale, pourvus de prolongements protoplasmique divergents, qui s'entrelacent par leurs ramifications terminales avec les arborisations rétiennes et d'un prolongement cylindraxil, qui deviendra une fibre constitutive de la couche interne. Fig. 1, h, 5, a, 7. Comme les cellules nerveuses de la zone ganglionnaire, elles ont probablement pour fonction de recueillir l'ébranlement nerveux dans des arborisations rétiennes très éloignées l'une de l'autre.“

Im Optikusdache des Hechtes finden sich diese Zellen ziemlich häufig und gleicht ihr Zellkörper an Form und Grösse genau der im vorhergehenden beschriebenen Art. Der Neurit entspringt vom Zellleibe als mässig dicker Ausläufer und geht dann unter Abgabe

von einigen kurzen Collateralen centripetal ziehend in die Circulärfaserschichte über.

Dieselben Zellen werden von Pedro Ramón y Cajal (25) im Tectum der Eidechse beschrieben. Er nennt sie *Cellulas ganglionares*; dieselben liegen nach ihm in der achten Schichte, welche der inneren plexiformen Schichte nach meiner Bezeichnung entspricht. Beim Hechte finden sie sich jedoch in der ganzen Tiefe der 3. Zone zerstreut vor, vor allem in deren centralen Theilen. Hervorgehoben sei noch, dass die beschriebenen Zellen bei den Säugethieren in den corpora quadrigemina, ferner im Tectum der Frösche sowie von Fusari auch bereits bei den Knochenfischen gesehen wurden.

In den nun folgenden beiden Schichten, in der inneren Längsfaserschichte sowie der Circulärfaserzone konnte ich keine Nervenzellen imprägnirt erhalten; um so zahlreicher und in um so grösseren Formenreichthum treten sie in der VI., in der Nervenzellenschichte, auf.

Es sind im Wesentlichen drei Grundtypen von Zellen, welche hier zu betrachten sind; neben diesen finden sich eine Reihe von Uebergangsformen, die alle charakteristischen Merkmale einer jener drei Formen zeigen und nur in einzelnen morphologischen Eigenschaften Variationen der drei Grundformen darstellen.

Am häufigsten kommen Zellen zur Beobachtung, von deren birnförmigen oder ovalen Zellkörpern ein schlanker, gerade nach oben steigender Dendrit entspringt, der sich nach kürzerem oder längerem Verlaufe in ein reichverzweigtes Telodendrion auflöst. Diese Endverästelung breitet sich bei den kürzeren Formen in der inneren, bei den Zellen mit längeren Dendriten in der äusseren plexiformen Schichte aus und bildet in der Hauptsache diese beiden aus Nervenfasern bestehenden Zonen. An vielen Zellen dieser Art bemerkt man lateral vom Zellkörper entspringende, schlanke Protoplasmafortsätze, welche nach kurzem Verlauf unter vielfachen Gabelungen enden. Vom unteren, meist stumpfen Pole der Zelle nimmt der Neurit seinen Ursprung und zieht einen kleinen Bogen bildend ohne Abgabe von Collateralen eine kurze Strecke centripetal und dann zur Circulärfaserschichte. Fig. 9.

Eine mit den eben geschilderten Zellen in vielen Beziehungen ähnliche Form haben die nunmehr zu beschreibenden Nerven-

elemente. Bei denselben splittert der centrifugal verlaufende Dendrit nach kürzestem Verlaufe in seine Endverästelung auf, so dass derselbe sein Verbreitungsgebiet theils schon in der Zellschichte, theils in der V. und IV. Zone findet. Hier verlaufen die Endästchen zwischen den längs- und circular ziehenden Nervenbündeln, umspinnen dieselben oder geben einzelne parallel mit denselben verlaufende Aeste ab. Fig. 10 und Fig. 11.

Nummehr erübrigt noch, die die Ventrikelwände auskleiden, epitelialen Gebilde, die Ependymzellen, einer eingehenden Betrachtung zu unterziehen.

Unter denselben sind im Wesentlichen zwei besonders charakteristische Formen hervorzuheben, welche sich bei Anwendung der Golgi'schen Methode leicht in grosser Zahl imprägniren. Es sind:

1. Ependymzellen mit moosartig besetzten, peripher ziehenden Fortsätzen und Zellkörpern ohne Ausläufer.

2. Ependymzellen mit glattem, peripheren Fortsatz und einem Zellleib, von dessen Seiten eine Unzahl feinsten, nach allen Seiten ausstrahlender Ausläufer entspringt.

Die erste Form dieser Zellen zeigt einen vielfach eingekerbten, manchmal gleichsam abgeschnürten Zellkörper, von welchem ich niemals Fortsätze ausgehen sah. Von seinem peripheren Ende entspringt ein mächtiger, gegen die Oberfläche des Tectums ziehender Ausläufer, der in einem leicht geschwungenen Bogen alle Schichten des Optikusdaches durchbricht. Er endet unter T-förmiger Theilung in der Randplexuszone. In seinem ganzen Verlauf ist dieser Fortsatz besetzt von kurzen, manchmal auch etwas längeren Seitenästen, die ihm das charakteristische, auch bei höheren Wirbelthieren beobachtete Aussehen einer „moosartigen“ Ependymfaser verleihen. Die Basis dieser Zellen ist nach unten hin in einen stiftähnlichen Fortsatz ausgezogen, welcher gegen den Ventrikel hin verfolgt, umbiegt, am unteren Rande der Zellen eine kurze Strecke hinzieht und eine Art von Basalsaum zu bilden scheint. Fig. 12.

Die zweite Art von Ependymzellen zeigt einen glatten, schlanken, peripheren Fortsatz. Derselbe endet entweder unter T-förmiger Theilung oder unter Bildung einer reichen bouquetförmigen Endverästelung in der Randzone; in anderen Fällen zieht er nur bis zu einer der tiefergelegenen Schichten, namentlich bis zur plexiformen Zone; er endet unter Bildung einer reichen End-

verästelung. Der Zelleib besitzt eine eiförmige oder — und so trifft man ihn in den meisten Fällen — eine langgezogene, vielfach eingeschnürte Form. Von dem stumpfen, basalen Ende entspringt ein feiner, leicht geschlängelter Fortsatz, der gegen den Ventrikel hinziehend ebenfalls, wie ich dies bereits bei der oben erwähnten Form der Ependymzellen hervorgehoben habe, einen Basalsaum des Ependyms bildet. Vom Zellkörper selbst, und das ist das charakteristische dieser Formen, entspringen bündelweise feinste Aestchen, welche dem Ganzen das Aussehen eines dicht-behaarten Wurzelstockes verleihen. Liegen mehrere Zellen dieser Art nahe neben einander, so erscheinen sie durch das unentwirrbare Schlingwerk ihrer Ausläufer zu einem, als Stützpunkt für das ganze Tectum dienenden, festen Gefüge vereinigt. Fig. 13.

An einer Reihe von Ependymzellen beiderlei Art beobachtete ich eine Erscheinung, die ich, obwohl mir deren Deutung noch nicht möglich ist, nicht unerwähnt lassen möchte. An einzelnen der mir zur Verfügung stehenden, nach Golgi behandelten Frontalschnitten des Tectums vom Hechte, sieht man nämlich den oben als stiftförmigen, von der Basis der Ependymzellen entspringenden Fortsatz als einen feinen, fadenförmigen, weithin ziehenden Ausläufer erscheinen. Beim genaueren Studium der Präparate ergibt sich nun, dass diese, den Charakter eines Neuriten tragenden Fortsätze namentlich an einer Stelle auftreten: nämlich da, wo der Torus longitudinalis unmittelbar am Optikusdache entlang zieht. Man sieht hier diese charakteristischen Fasern zu dreien und auch mehrere beisammen liegen, im Bogen zum Torus einbiegen und hier frei enden. Es war mir nun leider nicht möglich, weitere Anhaltspunkte über ihren Verlauf und ihr ferneres Schicksal zu eruiren. Doch sei im Anschluss hieran auf ein ähnliches Verhalten der Neurogliazellen im Kleinhirn von Säugethieren und des Menschen hingewiesen. Retzius (26) und in jüngster Zeit v a n G e h u c h t e n (27) beschreiben, letzterer speciell am Neugeborenen in der Molecularzone und der äusseren Hälfte der granulären Schichte des Kleinhirnes, Neurogliazellen, mit inneren und äusseren Fortsätzen. Die inneren Fortsätze sind kurz und dick und enden meist in unmittelbarer Nähe der Ursprungszelle. Manchmal aber finden sich unter diesen dickere und längere Ausläufer, welche selbst bis zur inneren weissen Substanz des Kleinhirns vordringen und hier verschieden enden. V a n G e h u c h t e n

schliesst seine Darstellung dieser Fortsätze: „Ce prolongement interne présente quelquefois des contours à ce point réguliers qu'on pourrait le confondre à première vue avec un prolongement cylindraxyl, ainsi que Retzius l'a fait remarquer le premier.“ Es ist wohl möglich, dass es sich bei den oben beschriebenen Neurogliazellen des Hechtes um ähnliche Verhältnisse handelt, doch ergiebt ein Vergleich der Abbildungen, dass die besprochenen Fortsätze in letzterem Falle noch in weit höherem Grade den Eindruck von Neuriten hervorzurufen im Stande sind. Fig. 14.

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen.

Aus dieser Untersuchung des Optikusdaches von *Esox L.* ergeben sich eine Reihe von Schlussfolgerungen morphologischer wie physiologischer Natur.

Am Tectum des Hechtes lassen sich sieben scharf von einander getrennte Schichten unterscheiden, die in allen Beziehungen Homologa im Optikusdache höherer Wirbelthiere erkennen lassen. So sind die I. und II. Schichte des Tectums vom Hechte zu vergleichen mit der von van Gehuchten (19) beim Hühnchen mit „couche des fibres réiniennes“ bezeichneten Zone. Hier wie dort enden die Optikusfasern sowohl wie die peripheren Fortsätze der beim Hechte in Zone III, beim Hühnchen in der Nervenzellenschichte gelegenen Nervenzellen mit freien Endbäumchen. Unter diesen Endverzweigungen kommen niemals direkte Verbindungen zu Stande, die Nervenfasern treten zu einander in Beziehung einzig und allein durch Kontakt. Die in der Randplexusschichte beschriebenen, horizontal gelegenen Zellen stellen mit ihren sich weithin ziehenden Fortsätzen Verbindungsglieder entfernt liegender Theile des Optikusdaches dar. Ich möchte an dieser Stelle den Hinweis nicht unterlassen, dass ähnliche Zellformen von P. Ramón y Cajal sowie auch von G. Retzius in der Grosshirnrinde des Menschen und vieler Säugethiere beschrieben wurden und dass diese von P. Ramón y Cajal bei Thieren gefundenen Zellenelemente von ihm mit den Spongioblasten der Retina verglichen werden. Jedenfalls haben wir es hier mit wirklichen nervösen Elementen zu thun und nicht wie Retzius zuerst annahm mit einer „eigenthümlichen Art von Neurogliazellen“, eine Hypothese, von welcher er im Verfolge seiner Untersuchungen wieder abkam. Da bekanntlich der grössere Theil der Optikus-

fasern aus Zellen in der Retina hervorgeht, so ist bei denselben den Gesetzen der Neurenlehre entsprechend eine freie Endigung zu erwarten, ein Postulat, welches, wie bei Beschreibung der beiden äussersten Tektumzonen hervorgehoben wurde, erfüllt wird. Es hat also der grösste Theil der Optikusfasern im Tektum nicht seinen Ursprung sondern sein Ende, eine Thatsache, die auch van Gehuchten (19) beim Hühnchen hervorhebt, indem er schreibt: „Du fait que les fibres du nerf optique se terminent librement dans la couche externe du lobe se dégage une conclusion importante: contrairement à ce qu'on avait toujours cru jusqu'ici, le nerf optique n'a pas son origine dans le lobe optique, mais bien sa terminaison.“

Nun endet aber eine geringe Zahl von Nerven in der Retina frei, d. h. unter Bildung von Telodendrien, und für diese ist also central ein Ursprung aus einer Zelle vorauszusetzen. Ich glaube nun in einem Theile der Zellen der III. Zone des Optikusdaches beim Hechte die correspondirenden Ursprungszellen erkennen zu müssen und zwar aus folgendem Grunde.

Wie bei der Beschreibung der Schichten und späterhin der Zellelemente hervorgehoben wurde, geht ein grosser Theil der Neuriten der plexiformen Schichte sowie der Nervenzellschichte in das peripherwärts ziehende Stratum der V. Zone über. Dieses vereinigt sich, wie ebenfalls erwähnt, mit Fasern der II. Zone, die in ihrem medianen Theil longitudinale, gegen die Peripherie hin aber mehr circuläre Verlaufsrichtung der Nervenbündel zeigt. Von diesem vereinigten Nervenstamme gehört der grössere Theil der Nervenfasern den eigentlichen Optikusfasern der Zone II an, der kleinere kommt aus der Zone V, die die Hauptmasse ihrer Bündel centralwärts schickt. Nach der Definition muss einer peripher frei endenden Neura, hier den in der Retina frei endenden Fasern des Optikus, eine central gelegene Zelle entsprechen, die ich eben in diesem Falle in einem Theile der in der plexiformen Schichte gelegenen Nervelemente erkenne.

Eine zweite Frage, die noch einer Erklärung bedarf, ist: welche Funktion haben diese eben erwähnten Zellen der III. und VI. Zone, sowohl die, deren Neurit an der Bildung des Tractus opticus theilnimmt wie diejenigen, deren nervöser Fortsatz nach innen zieht?

Nach der Ansicht van Gehuchten's und der Mehrzahl der Eingangs erwähnten Forscher sind die Nervenzellen des von

mir als III. Zone bezeichneten Abschnittes des Tectums als die speci-
fischen Optikuszellen zu betrachten. Ich glaube diesen Satz in
so fern modifiziren zu müssen, als ich nur einen Theil der im
Optikusdache vorkommenden nervösen Elemente als Optikuszellen
anspreche, denjenigen Theil derselben aber, deren Neuriten das
Centralorgan nicht verlassen und bis in das cerebellum und in die
medulla verfolgt werden können, eine psychosensible oder psycho-
motorische Funktion vindicire. Ich stütze mich zum Beweise
dieser Behauptung auf die bedeutungsvollen Untersuchungen
J. Steiner's (28) über die Exstirpation des Grosshirns bei Knochen-
fischen, die namentlich von Baudelot und Vulpian in ähnlicher
Weise ausgeführt wurden. Steiner, der seine Versuche an
Squalius cephalus ausführte, fasst die Ergebnisse in folgendem
Satze zusammen: Da die des Grosshirns beraubten Fische noch
vollkommene Erhaltung des Willens etc. zeigen, entbehre dieses
Organ hier aller jener cardinalen Funktionen, welche man bisher
bei allen über den Fischen stehenden Wirbelthieren als dem Gross-
hirn eigenthümlich und charakteristisch betrachtet hatte. Hieraus
schliesst er: „es wandern in der Wirbelthierreihe Funktionen des
Mittelhirns in das morphologisch definirte Grosshirn, oder die
phylogenetische Entwicklung des Grosshirns beruht auf einer
Anhäufung von Funktionen, welche dorthin aus dem Mittelhirn
nach und nach eingewandert sind.“ Im Zusammenhalte mit
diesen Schlussfolgerungen Steiner's, mit welchen auch die mor-
phologischen Verhältnisse nicht im Widerspruche stehen, glaube
ich mich zu der Annahme berechtigt, dass jene sonst dem Gross-
hirn, speciell der Grosshirnrinde zukommenden Funktionen beim
Hechte wie bei allen Knochenfischen in das Tectum zu verlegen
seien, dieses also an Stelle des mangelnden Grosshirnmantels
vicariirend eintritt.

Wir haben also, wenn ich die Ergebnisse zusammenfasse,
das Tectum loborum opticorum als jenen Theil des Centralnerven-
systems der Fische, hier speciell des Hechtes, zu betrachten, welcher
seinem histologischen Baue nach mit dem vorderen Vierhügelpaare
der höheren Vertebraten homologisirt werden kann. Funktionell
ergeben sich für das Tectum eine Reihe von Eigenschaften, die
es nicht allein als Analogon des vorderen Vierhügelpaares sondern
auch als ein Ersatz der bei den Knochenfischen fehlenden Gross-
hirnhemisphären anzusprechen zwingen.

Literaturverzeichniss.

1. R. Fusari, Untersuchungen über die feinere Anatomie des Gehirns der Teleostier. Internationale Monatsschrift für Anatomie und Physiologie. Vol. IV. 1887.
2. Pedro Ramón y Cajal, Investigaciones de histologia comparada en los centros opticos de los vertebrados. Tesis del doctorado. Madrid 1890. Ferner: Investigaciones micrográficas en el encephalo de los batráceos y reptiles. Zaragoza 1894.
3. F. Capobianco, Sur une particularité de structure de l'écorce du cervelet. Archives italiennes de biologie. Vol. XXI. 1894.
4. A. Schaper, Zur feineren Anatomie des Kleinhirns der Teleostier. Anatomischer Anzeiger. Vol. 8. 1893.
5. A. van Gehuchten, Contribution à l'étude du système nerveux des téléostéens. Communication préliminaire. La cellule. Vol. X. Fasc. 2. 1894.
6. C. G. Carus, Versuch einer Darstellung des Nervensystems und insbesondere des Gehirns nach ihrer Bedeutung, Entwicklung und Vollendung im thierischen Organismus. Leipzig 1814.
7. Gottsche, Vergleichende Anatomie des Gehirns der Grätenfische. Müller's Archiv 1835.
8. L. Stieda, Ueber das Rückenmark und einzelne Theile des Gehirns von *Esox Lucius*. Dissert. inaug. Dorpat 1861.
9. Viault, Recherches histologiques sur la structure des centres nerveux des Plagiostomes. Archives de Zoologie expérimentale et générale. Vol. V. 1876.
10. V. Rohon, Das Centralnervensystem der Selachier. Wien 1877.
11. Vignal, Note sur l'anatomie des centres nerveux du Mola. Archives de Zoologie expérimentale et générale. Vol. IX. 1881.
12. G. Fritsch, Untersuchungen über den feineren Bau des Fischgehirns. Berlin 1878.
13. P. Mayser, Vergleichend-anatomische Studien über das Gehirn der Knochenfische mit besonderer Berücksichtigung der Cyprinoiden. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Vol. XXXVI. 1882.
14. Mauthner, Beiträge zur näheren Kenntniss der morphologischen Elemente des Nervensystems. Sitzungsberichte der kaiserl. Acad. Vol. XXXIX. 1859.
15. Denissenko, Zur Frage über den Bau der Kleinhirnrinde bei verschiedenen Klassen von Wirbelthieren. Archiv für mikroskopische Anatomie. Vol. XIV. 1877.
16. Santiago Ramón y Cajal, Citirt bei M. v. Lenhossek. Fortschritte der Medicin. Vol. X. 1892.
17. M. v. Lenhossek, Der feinere Bau des Nervensystems im Lichte neuester Forschungen. Separat-Abdruck aus: Fortschritte der Medicin. Vol. X. 1892.

18. Santiago Ramón y Cajal, a) Estructura del lobulo optico de las aves y origen de los nervios opticos. *Rivista trimestrial de histologia normal y pathologia* No. 3 und 4. 1889. — b) Sur la fine structure du lobe optique des oiseaux et sur l'origine réelle des nerfs optiques. *Internationale Monatsschrift für Anatomie und Physiologie*. Vol. VIII. 1891.
19. van Gehuchten, La structure des lobes optiques chez l'embryon de poulet. *La cellule*. Vol. VIII. 1892.
20. L. Stieda, Studien über das centrale Nervensystem der Vögel und Säugethiere. *Zeitschr. für wissenschaftl. Zoologie*. Vol. XIX. 1868.
21. Schulgin, Lobi optici der Vögel. *Zoologischer Anzeiger* 1883.
22. Bellonci, Ueber die centrale Endigung des Opticus bei Vertebraten. *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*. Vol. 47. 1888.
23. Tartuferi, Sull' anatomia delle eminenze bigemine anteriori dell' uomo. Milano 1885.
24. Santiago Ramón y Cajal, Textura de las circonvoluciones de los mamiferos inferiores. Nota preventiva. *Gaceta médica Catalana* del 15. diciembre 1890. — Sur la structure de l'écorce cérébrale de quelques mamifères. *La Cellule*. Vol. VII. 1891.
25. Pedro Ramón y Cajal, El encephalo de los Reptiles. Barcelona 1891.
26. J. Retzius, Ueber den Bau der Oberflächenschichte der Grosshirnrinde beim Menschen und bei den Säugethieren. *Verhandlungen des biol. Vereins in Stockholm*. 1891.
27. A. van Gehuchten, La neuroglie dans le cervelet de l'homme. *Bibliographie anatomique*. 1894. No. 4.
28. J. Steiner, Ueber das Gehirn der Knochenfische. *Sitzungsberichte der k. p. Academie der Wissenschaften*. 1886. I und II.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel XXIII.

- Fig. 1a. Schematische Darstellung des Tectums. Frontalschnitt. I. Randplexuszone. II. Aeussere Längs-Querfaserschichte. III. a) Aeussere plexiforme, b) innere plexiforme Schicht. IV. Innere Längsfaserzone. V. Circularfaserschicht. VI. Nervenzellenschichte. VII. Ependymzellenzone. Fig. 1 und 2. Zellen in der Randplexusschicht. Fig. 3. Zellen der äusseren Längs- und Quer-Faserschicht. Fig. 4, 5, 6, 7, 8. Zellen der plexiformen Schicht. Fig. 9, 10, 11. Zellen der Zellenschichte. Fig. 12 und 13. Ependymzellen. Fig. 14. Frontalschnitt durch das Tectum und Torus longitudinalis (*T. l.*). E. Ependymzellen mit feinen, weithinziehenden basalen Fortsätzen.

Die Zeichnung 1a wurde mit Seibert Oc. I, Obj. II und Zeichenprisma entworfen; die Fig. 1 bis 14 mit Oc. I, Obj. IV.