- Fig. 5. (gez. mit Zeiss CC, Oc. 3. ausgez. Tubus) Osmiumpräparat. Zwei der Membrana propria des Hodens anliegende Tubuli. In den Räumen zwischen ihnen interstitielle Zellen. In der Membrana propria des Hodens in Kapseln eingeschlossene spindelförmig angeordnete Zwischensubstanzzellen mit eingelagerten Körnchen.
- Fig. 6. (gez. mit Zeiss CC, Oc. 3 ausgez. Tubus) Osmiumpräparat. Keilförmiger Ausschnitt aus einem embryonalen Katerhoden. Oben zwei Tubuli, von einander getrennt durch Bindegewebe und interstitielle Zellen. Unten die Membrana propria des Hodens und zwischen ihr und den Tubuli eine breite Schicht von körnchenhaltigen, in ihren Schläuchen liegenden Zwischensubstanzzellen.

(Aus dem Dr. Senckenbergischen pathologisch-anatomischen Institut zu Frankfurt a. M.)

Experimentelle Untersuchungen über die Sehbahnen des Goldkarpfens (*Cyprinus auratus*),

Von

Dr. med. **Karl Krause.**

Hausarzt an der Grossh. S Landes-Irren-Heilanstalt und psychiatr. Klinik zu Jena.

Hierzu Tafel XXVII.

Unsere Kenntnisse über die Anatomie des Gehirnes der Fische sind noch recht lückenhafte, und gar manche Fragen harren auf diesem Gebiete noch ihrer Lösung, obschon die bezügliche Literatur eine recht reichhaltige ist. So herrscht z. B. zur Zeit noch keine Klarheit über die Endigungen des bei den Fischen sehr ausgebildeten Nervus opticus im Gehirn.

Der Sehnerv der Fische kreuzt in dem kräftigen Chiasma, und die beiden Tractus überziehen als zwei mächtige weisse Züge schräg dorso-caudalwärts aufsteigend den Thalamus, gelangen in das Mittelhirndach (vergl. Fig. 1 links) und verschwinden

in dessen weissem Ueberzug. Darüber aber, ob diese aus dem Mittelhirndach stammenden Opticus-Wurzeln die einzigen sind, in welchen Schichten dieses Daches der Tractus opticus sich verbreitet, ob ihn in seinen Verzweigungen etwa Fasern anderer Herkunft begleiten, und endlich, ob von dem Mittelhirndach Opticusfasern in andere Theile des Mittelhirns gelangen, darüber besteht noch keine Uebereinstimmung unter den Autoren.

Schon seit mehr als hundert Jahren kennt man die Endigungen der Sehnerven in den beiden grossen Höckern, welche man früher als Lobi optici bezeichnete, und welche, wie die neueren Untersuchungen gezeigt haben, morphologisch und entwicklungsgeschichtlich dem Mittelhirndach der anderen Vertebraten entsprechen. Es sind aber wesentlich die Arbeiten von Stieda¹⁾ und Fritsch²⁾, denen wir namentlich eine Beschreibung des Fischgehirns auf Querschnitten verdanken, welche zuerst Genaueres gebracht haben. Stieda hat unter anderem das Verdienst, die Lobi optici zuerst mit aller Sicherheit als Analogon der vorderen Vierhügel der höheren Wirbelthiere angesprochen zu haben, er gab eine eingehende Darstellung des Baues des Daches der Lobi optici, an welchem er 8 Schichten unterschied. Hierin stimmen seine Untersuchungen überein mit den späteren von Fritsch, dessen Studien hier nicht übergangen werden dürfen; denn ihre Facta bestehen noch heute zu Recht, wenn schon die Deutung nicht in allen Punkten aufrecht erhalten werden kann.

Sanders³⁾, der offenbar nur an mässigen Carminpräparaten gearbeitet hat, schildert das Mittelhirndach der Fische ebenso wie Stieda und Fritsch, beschreibt aber genauer die Modifikationen seiner Zusammensetzung in verschiedenen Frontalebene. Er kennt 3 Opticus-Wurzeln, ein kleines Bündelchen aus dem Hypothalamus und einen kräftigen Zug, welcher aus den drei äussersten Zügen des Tectum stammt. Dazu käme

1) Stieda, Studien über das centrale Nervensystem der Knochenfische. Leipzig 1868. Ueber die Deutung der einzelnen Theile des Fischgehirns. Zeitschrift f. wiss. Zoologie. Bd. XXIII. 1873.

2) Fritsch, Untersuchungen über den feineren Bau des Fischgehirns. Berlin 1878.

3) Sanders, Contributions to the anatomy of the central nervous system in vertebrate animals. London 1879.

als dritte Wurzel ein Faserzug aus dem Innern des Torus semicircularis, einem im Boden des Mittelhirns zu beiden Seiten sich erhebenden, vom Dach überlagerten Wulste (s. Fig. 3 a).

Mayser¹⁾, der eine vortreffliche fast erschöpfende Monographie des Gehirnes der Knochenfische gab, behandelt sehr ausführlich den Opticus und seine Verbreitung im Mittelhirn.

Von dem N. opticus, der um den Thalamus herumbiegend sich nach oben und aussen erhebt (vgl. Fig. 1), soll ein schwaches Faserkontingent gegen die Mittellinie abschwanken und sich in die Seitenwand des III. Ventrikels einsenken (vgl. Fig. 7 x), ferner soll ein kleiner Theil der Opticusfasern den Thalamus von innen nach aussen durchbrechen, um sich der hinteren Sehnervenwurzel caudalwärts ansteigend anzuschliessen (vgl. Fig. 7, 2 α). Die Hauptmasse des Nerven aber stösst nach Mayser am unteren vorderen Rande des Tectum an das Corpus geniculatum externum (s. laterale) (s. Fig. 7 links) und wird durch dieses in eine vordere oder obere und hintere oder untere Wurzel abgelenkt, die sich beide im Mittelhirndach verbreiten (s. Fig. 2 links). In beide Wurzeln drängen sich aus dem Corpus geniculatum kommende Fasersysteme ein, die Arme des Tectum, (die Associationsfasern; cingulum, Fritsch). Der vordere Arm des Tectum opticum begleitet mit seiner Ausstrahlung die vordere (obere) Wurzel des Opticus, während der hintere Arm des Tectum seine Fasern der unteren (hinteren) Opticuswurzel beimischt. Wahrscheinlich ist es Mayser, dass ein Theil der vorderen Opticuswurzel mit dem Corpus genicul. externum in Verbindung tritt. Ob Fasern aus dem Opticus in das sog. Stratum zonale des Torus semicircularis übergehen oder ob die daselbe konstituierenden Faserzüge, welche von der Gegend des Corpus genicul. kommend im Bogen durch die Opticusfasern nach hinten ziehen (s. Fig. 2 β, 3 β, 8 β; der Opticus fehlt hier rechts), selbständig sind, lässt Mayser zweifelhaft.

Am Tectum opticum unterscheidet er 7 Schichten, und zwar von aussen nach innen:

1. Eine Rindenschicht.

1) Mayser, Vergleichend anatomische Studien über das Gehirn der Knochenfische mit besonderer Berücksichtigung der Cyprinoiden. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XXXVI. 1882.

2. Eine Längsfaserschicht aus Opticusfasern.
3. Eine Längsfaserschicht, durch die Arme des Tectum opticum und Fasern des Opticus gebildet.
4. Eine breite Rindenschicht, bestehend aus einer äusseren Lage mit zahlreichen Nervenzellen und -fasern (Endstation des N. opticus) und einer inneren Lage (Endstation des tiefen Marklagers).
5. Eine starke Nervenfaserschicht (das tiefe Marklager), bestehend aus Quer- und Längsfaserzügen. Während die ersteren in keiner Beziehung zum Opticus stehen, glaubt Mayser, dass die Längsfaserzüge zum Theil Verbindungen mit dem Tract. opticus darstellten.
6. Die Körnerschicht.
7. Das Ependym mit dem Epithel.

Mehrere schöne Arbeiten hat Bellonci¹⁾ den hier in Frage kommenden Verhältnissen gewidmet. Er schildert die Bildung der bekannten oberen und unteren Opticuswurzel und ihre Verbreitungen ähnlich wie Mayser, die sog. Arme des Tectum erwähnt er nicht. In Uebereinstimmung mit dem genannten Autor giebt er an, dass einige Bündel des Opticus existiren, die von der Mitte der Basis des Hypothalamus sich abzweigend die subthalamische Substanz durchsetzend nach hinten, oben und aussen verlaufen und sich mit dem Rest des Tractus opticus vereinigen (vgl. Fig. 7α, 2α). Auch ein in der Randschicht des Thalamus aufsteigendes Opticusbündel kennt er (vgl. Fig. 7x), während Mayser dasselbe aber im Grau des Thalamus sich auflösen lässt, hat Bellonci nachgewiesen, dass dessen Fasern auseinander tretend und dünner werdend an der medianen Seite der vorderen Wurzel aufsteigen und sich auch im Tectum opticum auflösen.

Dass Opticusfasern bereits ihr Ende im Corpus geniculatum

1) Bellonci, Ricerche intorno all' intima tessitura del cervello dei Teleostei. Memorie della R. Accademia dei Lincei. Anno CCLXXVI 1878/79 Roma.

Derselbe, Ueber den Ursprung des N. opticus und den feineren Bau des Tectum opticum der Knochenfische. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XXXV. 1881.

Derselbe, Ueber die centrale Endigung des N. opticus bei den Vertebraten, Zeitschr. f. wiss. Zool. XLVII. 1888.

Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 51.

finden, glaubt Bellonci nicht, wohl aber, dass sie mit den Ganglienzellen desselben Verbindungen eingehen. Was die das Statum zonale des Torus semicircularis bildenden Fasern anbetrifft, so zeigt Bellonci, dass sie vom vorderen unteren Theile des Tectum ihren Ursprung nehmen (vgl. Fig. 2ß, 8ß), beschreibt ihren Verlauf wie Mayser und stellt in Abrede, dass sie in Beziehung zum Tractus opticus stehen.

Im Gegensatz zu fast allen Beobachtern behauptete er zuerst, dass die Opticusfasern ausschliesslich ihren Ursprung von der äusseren Schicht des Tectum opticum nähmen, und dass keine Fasern, welche aus dem Centrum der Lobi (der Mittelhirnbasis) kämen, an der Bildung der Opticusfasern theilnahmen. Am Tectum selbst unterscheidet Bellonci 14 Schichten. Er giebt an, dass die Fasern des Opticus sich im Tectum in ein feines Netz auflösten, welches direkt mit den langen aufsteigenden Fortsätzen von spindelförmigen Nervenzellen verbunden sei, die sich in der inneren Schicht des Tectum (zwischen Markfasern und Ependym) befänden.

Fusari¹⁾ und van Gehuchten²⁾ folgten Bellonci in ihren Untersuchungen über den feineren Bau des Mittelhirndaches der Knochenfische. Während Bellonci sich aber zur Darstellung der Nervenzellen und -fasern der Osmiumsäure bedient hatte, arbeiteten Fusari und van Gehuchten mit der Golgi-Methode. Beide thuen der von dem erstgenannten Autor gesehenen spindelförmigen Zellen, die zum Opticus in Beziehung stehen sollen, keine Erwähnung. In der That scheint diese Angabe Bellonci's auf einem durch die Unvollkommenheiten seiner Methode herbeigeführten Irrthum zu beruhen. Fusari unterscheidet 6 Schichten am Opticus-Dache, die, wenn man die 2. und 3. Schicht Mayser's zusammenfasst, denen des letztgenannten Autors entsprechen dürften, nur folgt die Bezeichnung Fusari's dem Wege von innen nach aussen. Ich kann auf die Differenzen seiner Resultate mit denen van Gehuchten's

1) Fusari, Untersuchungen über die feinere Anatomie des Gehirns der Teleostier. Internat. Monatsschr. f. Anatomie und Physiol. 1887. Bd. IV, Heft 7—8.

2) van Gehuchten, Contribution à l'étude du système nerveux des téléostéens. La Cellule. 1, X, 2^e fascicule 1893. Communication préliminaire.

nicht eingehen, nur scheint so viel festzustehen, dass in der 4. Schicht Fusari's (4. Mayser's) eine Anzahl grösserer, den Purkinje'schen Zellen des Kleinhirns ähnlicher Zellen und kleinerer, spindelförmiger bis rundlicher Nervenzellen liegen, deren Axencylinderfortsätze zum Theil direkt in die Fasern des tiefen Marks übergehen, und deren Protoplasmafortsätze sich in den peripheren Schichten bis zur Oberfläche aufzweigen. In dieses Netzwerk gehen die Fasern der äusseren Faserschicht (5. Fusari, 2. und 3. [Opticusfaserschicht] Mayser), sich in feine Aestchen auftheilend ein. Nicht nachgewiesen ist dagegen, weder von Fusari noch von van Gehuchten, ein direkter Uebergang von Axencylinderfortsätzen in die Opticusfaserschicht, weder von Ganglienzellen der 4. Schicht Fusari's (4. Mayser's) noch der 6. Fusari's (1. Mayser's), der periphersten Schicht. In letzterer sind übrigens nur spärliche kleine Ganglienzellen vorhanden. Zu ähnlichen Resultaten wie Fusari und van Gehuchten scheinen übrigens auch S. Ramon y Cajal und P. R. y Cajal bei Amphibien gekommen zu sein.

In den letzten Jahren hat Mirto¹⁾ die Untersuchungen über das Mittelhirndach der Fische wieder aufgenommen, indem er sich der Weigert'schen und Golgi'schen Färbemethode bediente. Er zählt 14 Schichten von aussen nach innen auf und hat gefunden, dass die grosse Mehrzahl der Opticusfasern (einige wenige sollen bereits im Corpus geniculatum endigen) in einem oberflächlichen und zwei tieferen Bündeln in's Mittelhirndach eintrete. Das oberflächliche endige vollständig in der oberflächlichen Schicht des Daches, das obere tiefere stamme aus Zellen, welche in verschiedenen Lagen des Daches zerstreut sind, das untere tiefere soll von Fasern aus Zellen der 11. Schicht und Fasern des Tractus opticus gebildet sein und sich zum Gottsche'schen Stabkranz (alter Name für einen Theil der Faserbündel des tiefen Marks) begeben. Edinger spricht daher die Meinung aus, dass Mirto Faserung des Opticus und Faserung

1) Mirto, Sulla fina anatomia del tetto ottico dei pesci teleostei e sull' origine reale del nervo ottico. Rivista sperimentale di Frenatria e dei Medicina legale. Vol. XXI. Fasc. I. 1895. (Citirt nach Edinger, Jahresber. über die Leistungen auf dem Gebiete der Hirnanatomie in den Jahren 1895/96 (in Schmidt's Jahrb.).)

des tiefen Markes verwechselt. Ein 4. Opticusbündel soll aus dem Thalamus stammen.

Gegen Mirto ist mit Entschiedenheit aufgetreten Fusari¹⁾. Um über den Ursprung des Opticus Gewissheit zu erhalten, extirpierte er an Goldfischen ein Auge und behandelte die Gehirne nach der Weigert-Pal'schen Methode. Er fand, dass der Tractus opticus sich zusammensetzte aus einem oralen lateralen degenerirten und einem caudalen medialen Theile, der aus Fasern der Haller'schen Commissur (Decussatio transversa) gebildet war. Beide Theile sollen aber nicht scharf von einander zu trennen sein. Wie Bellonci beschreibt Fusari dann die Theilung des Tractus opticus an dem Corpus geniculatum in eine ventrale laterale und eine mediale dorsale Wurzel, welche letztere auch einige Bündelchen Commissuralfasern enthalten soll. Einige Opticusfasern fassen nach ihm am Ganglion geniculatum Fuss. Beide Wurzeln verbreiten sich im Mittelhirndache, das (nach der Golgi'schen Methode behandelt) 7 Schichten zeigen soll. Ich verzichte darauf, dieselben aufzuzählen, und will nur hervorheben, dass Fusari in der Opticusfaserschicht, der Schicht, die eben beide Arme des Tractus opticus aufnimmt, alle Fasern degenerirt und nur in der Nähe des Eingangspunktes des medialen Bündels einige Fasern erhalten fand, die er für Commissuralfasern hält.

In der Schicht der tiefen Markfasern jedoch war keine Degeneration vorhanden. Fusari schliesst daher folgerichtig, dass diese Fasern nichts mit dem N. opticus zu thun haben.

Edinger²⁾ besprach neuerdings zusammenfassend auf Grund der älteren und eigenen Untersuchungen das Verhalten der markhaltigen Nervenfasern im Mittelhirndach und ihre physiologische Bedeutung. Nach ihm ist die dorsale Faserschicht des Mittelhirndachs gebildet durch die Endigungen des Sehnerven, die ventrale durch ein sensibles Fasersystem, die Fasern des tiefen Markes, welche heruntersteigend die Basis des Mittelhirns umgreifen und durchflechten, um in das verlängerte Mark überzugehen.

1) Fusari, La terminazione centrale del nervo ottico nei teleostei. Riv. de patol. nervosa e mentale I. 8. 1896.

2) Siehe Edinger, Vorlesungen über den Bau der nervösen Centralorgane des Menschen und der Thiere. 5. Aufl. pag. 108.

Die Schichten des Daches, die ich Edinger folgend unterscheide, sind folgende:

1. Periphere Zone.
2. Opticusfaserschicht.
3. Opticuszellschicht.
4. Tiefes Mark - Zellschicht.
5. Tiefes Mark - Faserschicht.
6. Körnerschicht.
7. Ependymschicht

(Vgl. Fig. 3 u. 5 links).

Wenn man die hier kurz zusammengefasste Literatur überblickt, so muss man bekennen, dass manche Meinungsverschiedenheiten unter den Autoren über den Verlauf des Tractus opticus der Fische und seine Endigungen im Gehirne bestehen, und dass eine Aufklärung über die streitigen Punkte wünschenswerth ist. Im Ganzen scheint das Folgende festzustehen:

Vom Chiasma begiebt sich der Tractus opticus (s. Fig. 6 links), beiderseits dorsal- und caudalwärts ziehend, hinauf zum Mittelhirndach (s. Fig. 1). Auf diesem Wege überzieht er seitlich am Thalamus opticus das Corpus geniculatum laterale (s. Fig. 7, 2). In dem Hufeisen, welches die beiden Tractus bilden, verlaufen noch eine ganze Anzahl Querfasern (s. Fig. 1, sowie insbesondere die Fig. 7, 2, 8 von caudaler liegenden Schnitten). Inwieweit diese selbstständige Commissuren darstellen, inwieweit sie etwa abgesprengte, den Thalamus durchquerende Opticusfasern sind, blieb bisher unsicher. Nicht ganz geklärt sind auch die anatomischen Verhältnisse des Mittelhirndachs; namentlich die Bedeutung seiner Schichten. Die Fragen, wie sich jene Commissuren verhalten, wie die Beziehungen des Tractus opticus zum Geniculatum sind, und ob wirklich eine so scharfe Trennung der Schichten des Mittelhirndachs gerechtfertigt ist, konnten vielleicht auf dem Wege des Experiments entschieden werden. Auf Vorschlag von Herrn Prof. Edinger habe ich diese Aufgabe zu lösen versucht.

I. Man musste den Ursprung des N. opticus in der Retina ausschalten (durch Enucleatio bulbi) und untersuchen, welche Bahnen dann hirnwärts degeneriren. Etwaige Opticusfasern, die im Mittelhirn entspringen und zum Auge verlaufen, konnten nur durch Verletzung der

Mittelhirnbahn von ihrem Ursprung getrennt werden. Beide Versuche liessen sich an lebenden Fischen wohl anstellen. Zur Verfolgung der später eintretenden Degeneration eignet sich die Marchi'sche Methode. Sie ist, so viel mir bekannt, bisher noch nicht bei Kaltblütern mit Erfolg angewendet worden, und ich gebe daher nachher die Einzelheiten auch in technischer Beziehung.

II. Musste man ermitteln, ob trotz Durchtrennung des Opticus etwa in der angenommenen Opticus-schicht noch Fasern des Daches erhalten blieben und wo diese hinzügen, eine Aufgabe, welche die Weigert'sche Methode der Markscheidenfärbung wohl zu lösen in der Lage ist. Bei der Verfolgung dieser Frage kam es erwünscht, dass mir von Herrn Prof. Edinger freundlichst ein Exemplar der Species *Cyprinus auratus* zur Verfügung gestellt wurde, dem das eine Auge seit langem fehlte.

III. Schliesslich musste man die Frage aufwerfen, welche Zellen des Daches etwa in Beziehung zu den Opticusfasern stehen. Nachdem Nissl gezeigt hatte, dass Ganglienzellen in wenigen Tagen durch Strukturveränderungen auf die Abtrennung ihrer Axencylinder reagiren, und darauf hingewiesen hatte, dass diese Methode wohl zur Untersuchung von Faserbahnen und Centren geeignet sei, lag der Gedanke nahe, sie auch zur Lösung dieser Frage heranzuziehen.

Experimentelle Untersuchungen am Fischgehirne sind meines Wissens zuerst gemacht worden von Mayser, der Durchschnitten verschiedener Hirnnerven und Verletzungen einiger Hirntheile vornahm. Die Unvollkommenheit der damaligen Methodik hat aber zu keinen befriedigenden Ergebnissen geführt, was vielleicht der Grund war, dass derartige Untersuchungen lange Zeit ruhten. Dass Fusari die Durchtrennung des N. opticus durch Enucleation des Bulbus wiederholte, wurde bereits oben erwähnt. Ebenso wie er habe ich zu meinen Experimenten nur Goldkarpfen benutzt, einestheils, weil diese Fische leicht erhältlich und leicht zu erhalten sind, anderentheils, weil sie die gegebenen Vergleichsobjekte zu dem schon längst einäugigen Thiere dieser Art, das mir überlassen war, boten. Die Operation der Enucleatio bulbi ertrugen alle leicht, und keiner ging an derselben zu Grunde, dagegen starben verschiedene Fische in Folge der Durchstechung des Mittelhirns, wonach sich ein starker Blut-

erguss in der Schädelhöhle fand, und nur ein in dieser Weise operirtes Thier blieb so lange am Leben, dass es zur Untersuchung geeignet war.

Einschalten will ich hier, dass ich, ehe ich an die Versuche heranging, die in Betracht kommenden normalen Verhältnisse an Schnittserien von Goldkarpfen-(*Cyprinus auratus*-)Gehirnen (in frontaler und sagittaler Richtung) studirte. Ausserdem unterstützte mich Herr Prof. Edinger in liebenswürdiger Weise durch Ueberlassung von Zeichnungen von Schnitten durch Gehirne von *Rhedeus amarus* und *Zoarcetes viviparus*. Von den Gehirnen der Versuchsthiere habe ich nur Frontalschnitt-Serien angefertigt.

Im folgenden werden nun beschrieben:

I. Die Ergebnisse der Marchi'schen Methode an enucleirten Fischen.

II. Die Ergebnisse der Weigert'schen Markscheidenfärbungsmethode an enucleirten Fischen.

III. Die Untersuchung des Gehirns des längst einäugigen Fisches.

IV. Die Untersuchung des Gehirns eines Fisches nach Verletzung des Mittelhirnes.

V. Die Ergebnisse der Nissl'schen Ganglienzellenfärbungsmethode an enucleirten Fischen.

I. Es wurde 5 Fischen ein Auge enucleirt und die Thiere in verschiedenen Zeiträumen nach der Operation getödtet. Behandlung des Gehirnes nach Marchi.

a) Nach 20 Tagen erschienen der centrale Stumpf des N. opticus und zugehörige Tractus zwar verändert, ihre Fasern waren dunkler und hatten undeutliche Contouren, doch war keine Degeneration in Form schwarzer Punkte vorhanden.

b) Nach 26 und 28 Tagen war die Degeneration voll ausgebildet. Der total degenerirte N. opticus kreuzt vollständig mit dem der andern Seite im Chiasma. Die Degeneration setzt sich fort im Tractus auf seinem Wege um die Basis des Hypothalamus herum, auf seiner weiteren Bahn an der Seite des Thalamus und am Corpus geniculatum, in die beiden Wurzeln des Tractus und in deren Ausbreitung im Dache

des Mittelhirns (s. Fig. 1). Deutlich sieht man, wie in dem Mittelhirndach die degenerirten Fasern die äussere der beiden Markfaserschichten desselben bilden, von der Peripherie getrennt durch eine schmale faserfreie Zone. Die degenerirten Fasern liegen hier in zwei parallelen Zügen geordnet, welche die Opticuszellschicht zwischen sich fassen. Der äussere der beiden Züge ist der stärkere. Auch in der Opticuszellschicht ist Degeneration von Fasern zu erkennen. Uebrigens scheinen von den degenerirten Opticusfasern, welche das Ganglion genicul. lat. umspinnen, eine Anzahl sich in demselben zu verlieren, so dass deren Endigung in dem genannten Ganglion als nicht unwahrscheinlich gelten muss. Es ist dies eine Frage, welche weder Bellonci noch Mayser bestimmt zu beantworten in der Lage waren. Durchaus intakt ist die Decussatio transversa, welcher der Tractus opticus während seines Verlaufs am Hypothalamus aufliegt, ebenso sind es die andern im Hypothalamus liegenden und ihn durchquerenden Fasersysteme.

Nicht leicht fiel mir diese Entscheidung bei einigen Bündelchen markhaltiger Fasern, welche sich im hintersten Winkel des Chiasma von dem Tractus opticus zu trennen scheinen und in spitzerem Winkel als die Tractus jederseits vom centralen Höhlengrau den Tractus strio-thalamicus überquerend den Thalamus nach aussen durchbrechen. Diese in Edinger's „Nervöse Centralorgane etc.“ Fig. 70 gut sichtbaren Fasern (s. auch Fig. 1 a) werden von Bellonci und Mayser, wie erwähnt, dem Opticus zugerechnet. Sie sollen sich lateral und dorsal wieder mit dem Hauptzug vereinigen. Nun fanden sich bei Anwendung der Marchi'schen Methode in einigen dieser Fasern bisweilen schwarze Pünktchen, andererseits färbten sie sich an den Weigertpräparaten, von denen später die Rede sein wird, blau (Fig. 7 a, Fig. 2 a). Eine ausgesprochene Degeneration konnte jedenfalls nicht nachgewiesen werden, und es ist mir nicht unwahrscheinlich, dass ihre schwarze Punktirung auf Verhältnissen beruht, welche leicht Fehlerquellen bei der Marchi'schen Methode hervorrufen, sei es nun, dass Zerrungen bei der Operation entstanden waren, sei es, dass vielleicht gerade da Lymphbahnen liegen, welche Zerfallsprodukte mit sich forttragen.

Ein Bündel des Tractus opticus giebt es nun, welches sich ersichtlich von der Degeneration verschont zeigt. Im Nerv ist dasselbe unter der Masse der schwarzen Pünktchen nicht nachzuweisen, in caudalern Ebenen des Chiasmas erscheint aber dies nicht degenerirte schmale Bündel, und zwar bildet es den dem Hypothalamus dicht anliegenden Theil

des Tractus opticus. Während der letztere am Thalamusrande aufsteigt, liegt es zwischen diesem Rande und den degenerirten Opticusfasern (Fig. 1 *Tect. Opt.*) und steigt schliesslich in der peripheren Substanz des Thalamus in die Höhe sich auflockernd. Das letztere Verhalten erschwert seine Verfolgung an Marchi-Präparaten, doch kann ich mich nicht dem Eindrücke entziehen, dass diese nicht degenerirten Fasern den Epithalamus lateral von der Commissura habenularis verlassend als medialster Theil der Opticuswurzel in's Mittelhirndach einstrahlen. Uebrigens stimmt dies durchaus mit den Angaben von Bellonci, der den Verlauf dieses Bündels in gleicher Weise schildert, während Mayser, wie wir sahen, annimmt, dass dieses mediale Bündel sich im Thalamus verliert. Fusari, der es auch kennt, hält es für der medialen Wurzel des Opticus beigemischte Commissuralfasern (aus der Decussatio transversa). In der That kann dieser Irrthum leicht entstehen, da seine Fasern sehr innig in die hinter und unter ihm liegenden Fasern der Decussatio transversa gebettet sind.

Ob unter den im Mittelhirndach liegenden degenerirten Fasern der Opticusfaserschicht auch eine Anzahl nicht degenerirter Fasern liegen, wie es die Marchi-Präparate sehr wahrscheinlich machen, darüber werden Gewissheit geben die nach der Weigert'schen Methode behandelten Schnitte. Was aber nunmehr feststeht, ist, dass keine Opticusfasern irgendwo anders enden (ausser einigen vielleicht im Ganglion genicul. laterale sich aufsplitternden) als in der nach ihnen benannten Schicht des Mittelhirndachs, womit also Edinger's, Bellonci's und Fusari's Ansichten erhärtet und diejenigen Mayser's (Thalamus, Torus semicircularis? tiefes Marklager) und Mirtó's (tiefe Markschicht) widerlegt sind.

c. 34 Tage nach der Operation sind die Zerfallsprodukte offenbar z. Th. schon resorbirt. Der degenerirte Opticus ist stark verschmälert, im Mittelhirndach liegen weniger schwarze Körnchen, und die Ausbreitung der Opticusfasern lässt sich daher weniger gut verfolgen.

d. Nach 47 Tagen hat die Degeneration ihren Höhepunkt längst überschritten. Vom N. und Tract. opticus ist fast nur noch die bindegewebige Hülle erhalten, innerhalb deren einige

wenige schwarze Pünktchen liegen. In dem verschmälerten Mittelhirndach finden sich gar keine solche mehr. Es wurde daher ein Theil der Schnitte zur Markscheidenfärbung benutzt.

II. Die Weigert'sche Markscheidenfärbung gelang nach vorangegangener Kupferung leicht.

Es zeigt sich nun in der That, dass der Tractus opticus der gekreuzten Seite mitsammt seinen beiden Wurzeln fast ganz fehlt und das Gangl. genicul. laterale frei daliegt. Erhalten ist nur ein Bündel, welches sich der Basis des Hypothalamus und weiter caudal dessen Seite anschmiegend und in der Randzone des Thalamus hinaufsteigend am Epithalamus austritt (s. Fig. 2 rechts die als tect. Optic. bezeichneten lateral von der Comm. habenular. liegenden Fasern, links x bezeichnet) und in dem Mittelhirndach und zwar dessen medialstem Theile sich aufzweigt. Es ist zweifellos identisch mit den erhalten gebliebenen gleichverlaufenden Opticusfasern, die wir an Marchi-Präparaten sahen (Fig. 1 tect. Opt.).

Im Mittelhirndach ist die Schicht der Opticusfasern enorm an Fasern verarmt, die hier im Allgemeinen nur ein dünnes Netz darstellen, aber in ihrer Lage durchaus dem Typus der Opticusfasern entsprechen (s. Fig. 2 tect. Opt.).

Besonders in den caudalsten Partien des Mittelhirndaches ist der Faserschwund ein äusserst starker, und die innerste der beiden hier liegenden Längsfaserschichten ist so reducirt, dass es starker Vergrösserung bedarf, um in ihr noch Fäserchen zu erkennen (man vergl. die beiden Hälften der Fig. 5, welche den dorsalsten Theil des Mittelhirndachs darstellt, sowie die Fig. 3 und 4, welche die ventralen Enden desselben mit der ventralen Opticus-Wurzel zeigen). Nur in den frontalen Theilen des Daches findet man die beiden dünnen Lagen der Opticusfaserschicht verstärkt, und man sieht denn auch aus dieser Schicht 2 Faserbündel sich sammeln, von denen eines dem Verlauf der medialen Opticuswurzel entspricht und über das Gangl. genicul. zieht, das andere der Lage der ventralen Wurzel entsprechend sich in den ventralen Theilen des Daches sammelt und sich lateral an das Ganglion genicul. laterale anlegt (s. Fig. 2 tect. Opt.).

Man sieht also, dass das, was die Marchi-Präparate vermuthen liessen, sich hier bestätigt. Trotz der fast totalen Degeneration des Tractus opticus enthält

das Mittelhirndach in der dorsalen (Opticus-) Faserschicht doch noch Fasern. Diese Fasern werden gebildet durch Eintreten des Bündels nicht degenerirter Opticusfasern, welche durch das Grau des Thalamus hindurch ihren Weg nehmen und durch zwei Bündel, ein dorsales und ventrales, welche wir bis zum Corp. genicul. laterale verfolgen konnten, und die ohne Zweifel dem von Mayser sogenannten oberen und unteren Arm des Tectum entsprechen. Ob sie nicht etwa dem Opticus selbst angehören, wird weiter unten abzuhandeln sein.

III. Der längst einäugige Fisch. Weigert'sche Markscheidenfärbung.

Schon makroskopisch zeigte sich das zu dem fehlenden Auge gekreuzte Mittelhirndach verkleinert. Es hat kaum $\frac{2}{3}$ der Grösse der gleichseitigen Hälfte. Die Wand ist überall verdünnt, und die Verkürzung liegt wesentlich im fronto-occipitalen Durchmesser. Das Ganglion genicul. lat. ist stark atrophisch. Der Torus longitudinalis, jenes lange Band, welches in sagittaler Richtung beiderseits von der Medialebene die Höhle der Aquäduktus begrenzt, ist auf der atrophischen Seite ebenfalls entsprechend reducirt, während derselbe sich bei den operirten Fischen völlig intakt erwies.

Auch die Untersuchung der Faserung dieses Gehirnes ergibt einen von dem eben erwähnten etwas abweichenden Befund. Vom Opticus erhalten ist ein schmales, ungefähr den 10. Theil der Dicke des andern, normalen Opticus entsprechendes Bündel, das mit dem normalen Opticus im Chiasma total kreuzt und sich an die Basis des Thalamus wie ein normaler Tractus opticus legt (s. Fig. 6). Es schlägt dann denselben Weg ein, den die bei den operirten Fischen beschriebenen von der Degeneration verschonten Opticusfasern nehmen. Es waren dies Fasern, welche durch die Substanz des Thalamus sich an dessen Rande haltend hinaufziehen (s. Fig. 7 *tect. Opt.*, links x bezeichnet) und dann in die am meisten medial liegende Partie des Mittelhirns eintreten (s. in Fig. 8 das medialste Bündel des tect. Opticus. Noch besser lässt sich der Eintritt dieser Fasern in's Mittelhirndach auf der caudaler gelegenen linken, normalen Seite erkennen). Nur ist dieser Opticusantheil bei dem längst einäugigen Fische offenbar viel stärker, als ich nach den ersten Versuchen erwarten konnte. Von dieser Fasermasse scheinen sich, während sie in der Randzone des Thalamus medial von dem erheblich atrophischen

schen Gangl. laterale extern. liegt, eine ganze Anzahl Fasern abzuzweigen, welche weiter caudal als ziemlich starkes Bündel über und in das Tectum hinein genau so ausstrahlen, wie die normale mediale Wurzel mit ihren Verzweigungen (s. Fig. 8). Was von den ventralen Wurzelfasern noch vorhanden ist, ist bei dem längst einäugigen Fische kaum mehr als bei den durch Operation einäugig gemachten.

Entsprechend der grösseren Menge der eintretenden Fasern ist auch die Schicht der Opticusfasern im Mittelhirndach durchaus nicht in dem Maasse reducirt, wie bei den operirten Fischen. Insbesondere kann man selbst bis in die caudalsten Parthieen des Mittelhirndaches die äussere der beiden Längsfaserschichten schon bei schwachen Vergrösserungen als dunkelblauen Streifen deutlich erkennen. Während somit von Fasern des N. und Tractus opticus, wie sich auf dem ganzen Verlaufe der Sehbahn von dem Chiasma bis zur Vertheilung im Mittelhirndache zeigte, hier mehr erhalten geblieben ist, als bei den operirten Fischen, ist die zwischen den beiden Längsfaserschichten liegende Opticuszellschicht, die bei den operirten Thieren keine merkliche Abnahme ihrer Breite aufwies, hier deutlich verschmälert, und schon bei der Weigert'schen Färbung erkennt man, dass die Anzahl der Ganglienzellen vermindert ist. • Die tiefe Mark-Zellschicht der pathologischen Seite ist ebenfalls, wenn auch in weit geringerem Grade, von Atrophie betroffen, und auch die Fasern des tiefen Marks, insbesondere die von dem atrophischen Torus longitudinalis in die tiefe Mark-Faserschicht ziehenden, sind wohl etwas vermindert. Normal erscheinen somit nur die periphere und die Körnerschicht.

Nach den Untersuchungen von v. Monakow, Forel, Schaffer u. a. dürfen wir annehmen, dass bei so alten Atrophieen, wie sie hier vorliegen, ausser der directen secundären Degeneration auch ein zweiter Process vor sich geht, die secundäre Atrophie. Die Marchi-Versuche haben uns gezeigt, dass der Schwund der Opticusfasern bestimmt als secundäre Degeneration gedeutet werden darf. Man ist nun berechtigt, anzunehmen, dass nach dem Ausfall einer so grossen Fasermenge ein Zusammenrücken der Gewebe eintritt, das wohl schädigend auf die benachbarten Neurone, die nicht direct mit dem Opticus zusammenhängen, einwirken kann. Es ist ja auch die Hypothese aufge-

stellt (von Monakow, Marinesco), dass diese letzteren Neurone (für unseren Fall kämen diejenigen des tiefen Markes in Betracht) zum normalen Fortbestehen des ständigen Einflusses bedürfen, welchen die operativ weggenommenen auf sie ausgeübt hatten. Mir scheint die einfache mechanische Erklärung auszureichen, um den immerhin mässigen Schwund der Theile zu erklären, welche, wie die Marchi-Methode mit Sicherheit gelehrt hat, nicht mit dem Opticus zusammenhängen. Die Atrophie im mittleren Grau, die (nicht ganz sichere) Faserverminderung im tiefen Mark, und die Atrophie des Torus longitudinalis dürften als solche secundäre Atrophie anzusehen sein.

Die Untersuchung mit der Markscheidenfärbung hat also festgestellt, dass im Tractus opticus ein Fasersystem existirt, welches auch nach der Entfernung des Auges erhalten bleibt. Es lassen sich an ihm mehrere Parthien unterscheiden, eine dünnfaserige medialste, eine stärkere mediale und eine ventrale. Es breitet sich im Dache genauso aus, wie der Gesamt-Opticus, macht aber schwerlich mehr als ein Zehntel der gesamten Sehfasern aus. Die ventrale Wurzel ist offenbar ärmer an solchen Fasern.

Dieses aus dem Tectum stammende („tectale“) Opticus-fasersystem war besonders gut sichtbar an dem einäugig alt gewordenen Fische (vielleicht in Folge Regeneration einer Anzahl zu Grunde gegangener Fasern). Durch eine Mittelhirnverletzung musste es zur Entartung zu bringen sein. Der Nachweis, dass es sich so verhält, ist geglückt.

IV. Die Operation wurde in der Weise ausgeführt, dass in der Verlängerung einer durch den oberen Augenhöhlenrand gelegten Horizontalen 3 mm hinter dem Auge ein Einstich in die Schädelhöhle senkrecht zur Sagittalebene gemacht wurde. Nach der Operation trat allgemeine Ataxie auf, die sich bei dem einzigen am Leben gebliebenen Fisch allmählich bis auf eine geringe Unsicherheit beim Schwimmen wieder ausglich. Nach 28 Tagen wurde dieses Thier getödtet und das Gehirn nach der Marchischen Methode behandelt. Es zeigte sich, dass das Dach der rechten Hälfte des Mittelhirns durch den Stich durchtrennt und ausserdem das Kleinhirn und der Torus semicircularis derselben Seite verletzt war. Leider war an der Stelle, wo das Mittel-

hirndach verletzt war, keine Degeneration mehr in Form schwarzer Punkte vorhanden. Die Opticusfaserschicht war in dieser Gegend völlig geschwunden, und zwar dorsalwärts bis zum Torus longitudinalis hinauf, während der Schwund ventralwärts nur eine kurze Strecke weit reichte, so dass das ventrale Ende der Faserschicht, das sich zur ventralen Wurzel verdickt, intact erschien. Diese Veränderungen glichen sich frontal- und caudalwärts, wie die Serienschnitte zeigten, allmählich aus. Der Torus longitudinalis war in allen Präparaten von normalem Aussehen.

Das Thier war also, um die centrifugalen Fasern im Mittelhirndach nachzuweisen, zu spät getötet worden. Glücklicherweise konnte man aber frontalwärts sowohl in der medialen, als auch in der ventralen Wurzel einige zusammenliegende, schwarz punktierte Fasern sehen, die sich deutlich bis in's Chiasma verfolgen liessen. Die Annahme ist wohl gerechtfertigt, dass die Ursache der Degeneration die Verletzung des Mittelhirns war, und dass durch dieselbe ein Theil des tectalen Fasersystems zur Entartung gebracht war, während die nicht verletzten tectalen Fasern und die die Hauptmasse des Tractus bildenden ocularen Fasern intact geblieben waren.

Zweierlei möchte ich hier noch nebenher bemerken, was allerdings für die Frage der Opticusendigungen nicht in Betracht kommt, 1. dass sich ausser dem lokalen Schwund der tiefen Markfasern an der Stelle der Verletzung keine weiteren Veränderungen der tiefen Markschiicht fanden, 2. dass eines der von Mayser und Bellonci beschriebenen Faserbündel, die das Stratum zonale des Torus semicircularis bilden und die ventrale Opticuswurzel durchbrechen, deutliche Marchi-Degeneration zeigte, von der ich annehmen möchte, dass sie durch die Verletzung des Torus semicircularis zu Stande gekommen war. Da hier gerade die Rede auf diese Faserbündel kommt, trage ich meine Beobachtungen über dieselben bei den enucleirten Fischen und dem einäugig gewesenen nach. Es waren diese Bündel, die, worin ich Bellonci beistimmen kann, bei den Marchi-Präparaten durch ihre auffällig dunkle Farbe, also durch ihren starken Markgehalt deutlich hervortraten, stets völlig intact. Insbesondere gut verfolgen liessen sie sich an den Weigert-Präparaten von operirten Fischen, bei denen die Opticusfasern geschwunden waren (vgl. Fig. 2 β , 3 β , 8 β). Sie entstehen in der Umgebung des Corpus genicul. extern. ziemlich weit frontal aus der medialen Seite des ventralen Theiles des Tectums, biegen caudalwärts um, verlaufen zwischen Corpus genicul. und ventraler Opticuswurzel und weiter caudalwärts zwischen Torus

semicircularis und ventraler Opticuswurzel und legen sich schliesslich dem Torus semicircularis immer dichter an, so dass sie in der That geradezu dessen laterale Schicht bilden. Es stehen diese Fasern also in keiner Beziehung zum Tractus opticus, und die Vermuthung Mayser's, dass Sehnervenfasern in das Stratum zonale des Torus semicircularis vielleicht übergangen, findet durch diesen Befund in negativem Sinne ihre Erledigung.

Wenn nun durch die bisherigen Versuche festgestellt war, dass die Mehrzahl der Ganglienzellen, aus welchen der Sehnerv der Fische entspringt, in der Retina liegen, und dass nur eine Minderzahl von Sehnervenfasern aus Zellen des Mittelhirndachs stammt, musste jetzt der Versuch gemacht werden, zu ermitteln, aus welchen Zellen des Tectum opticum die letzteren herabziehen.

V. Es wurde 3 Fischen der Bulbus enucleirt und die Thiere je 10, 15 und 28 Tage nach der Operation getödtet. Durch die Nissl'sche Ganglienzellenfärbungsmethode mit Methylenblau wurden in dem Mittelhirndache verschiedene Formen von Ganglienzellen sichtbar gemacht, wie sie Fusari und van Gehuchten mit der Golgi'schen Methode gefunden hatten. Man sieht in der Opticus- und tiefen Mark-Zellschicht zahlreiche grosse pyramidenförmige, spindelförmige und rundliche Ganglienzellen von verschiedener Grösse liegen. Die Körnung des Zelleibes ist nicht so schön und deutlich zu sehen, wie dies beim menschlichen Gehirn bei Anwendung der Nissl'schen Methode der Fall ist. Bei einer Anzahl der rundlichen Zellen findet sich die färbbare Substanz randständig, bei den spindelförmigen in der Gegend der Pole angeordnet. In der peripheren Schicht finden sich nur wenige kleine Ganglienzellen rundlicher Form.

Nun fand sich auf einer Anzahl von Schnitten durch das Mittelhirn von 10 und weniger deutlich von 15 Tage nach der Operation getödteten Fischen in der Opticuszellschicht der gekreuzten Seite eine Zahl rundlicher Zellen, welche kleiner und heller gefärbt waren, als die entsprechenden der andern Seite. Bei starker Vergrösserung erschien die färbbare Substanz vermindert und in Zerfall begriffen. Das sind Veränderungen, welche an Ganglienzellen auftreten, die man von ihrem Axencylinder trennt. Im Ganzen war die Zahl dieser Zellen gering, und es hat auch nichts Auf-

fallendes, nachdem wir erfahren haben, wie klein der tectale Antheil des Sehnerven ist. Die Färbung war übrigens durchaus nicht so leicht und so durchaus gelungen, als dass ich nicht wünschen möchte, dass der Versuch nochmals aufgenommen würde. In der Opticuszellschicht des 28 Tage p. o. getödteten Fisches konnte ich keine Ganglienzellen mehr nachweisen, welche die erwähnte Veränderung erkennen liessen, und auch mit Toluidinblau und Neutralcarmin gefärbte, gut ausgefallene Controlpräparate bestätigten diesen Befund. Anscheinend war es zu einer Regeneration der geschädigten Zellelemente gekommen.

Bei meinen Untersuchungen hat sich also Folgendes ergeben:

I. Der Sehnerv der Fische enthält mehrere Arten von Fasern.

II. Die Hauptmasse (*Fibrae oculares N. optici*) stammt aus den Zellen der Retina und atrophirt, wenn das Auge weggenommen wird. Sie endet zum kleinen Theil vielleicht im Ganglion geniculatum laterale, zum weitaus grössten Theile sicher als äussere und innere Opticus-Markfaserschicht in dem breiten mittleren Grau des Tectum opticum.

III. Aus Zellen, welche diesem Grau und namentlich seiner dorsalsten Abtheilung, derjenigen, welche zwischen den beiden Opticusfaserschichten liegt, angehören, stammt ein kleinerer Theil des Sehnerven, die *Fibrae tectales N. optici*. Sie sind als geschlossenes Bündel bis in das Chiasma hinein zu verfolgen.

Eine angenehme Pflicht ist es mir Herrn Geheimrath Professor Dr. Weigert für die freundliche Gewährung der Arbeitsgelegenheit und sein stetes liebenswürdiges Entgegenkommen meinen aufrichtigsten wärmsten Dank auszusprechen. Insbesondere aber ist es mir Bedürfniss, auch an dieser Stelle Herrn Professor Dr. Eddinger für die Anregung zu dieser Arbeit und für seine thätige Unterstützung bei der Ausführung zu danken.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel XXVII.

Sämmtliche Figuren stellen Frontalschnitte durch Gehirne von Goldkarpfen (*Cyprinus aurat.*) dar.

- Fig. 1. Schnitt durch Mittelhirndach und Zwischenhirn eines 28 Tage nach Enucleation des Auges getödteten Fisches. Marchi-Färbung.
- Fig. 2. Caudaler als der vorige geführte Schnitt durch Mittelhirndach und Zwischenhirn eines 47 Tage nach Enucleation des Auges getödteten Fisches. Markscheidenfärbung nach Weigert.
- Fig. 3a. Noch weiter caudal als der vorige liegende Schnitt durch Mittelhirndach, Mittelhirn-Basis und Lobi inf. des Zwischenhirns von demselben Fische. Weigert'sche Markscheidenfärbung. Schwache Vergrößerung. Die grau gezeichneten Theile des Mittelhirndaches werden in starker Vergrößerung wiedergegeben durch die
- Fig. 3, 4, 5.
- Fig. 6. Schnitt durch Corp. striat., Thalamus und Chiasma eines lange einäugigen Fisches. Weigert'sche Markscheidenfärbung.
- Fig. 7. Schnitt durch Mittelhirndach und Zwischenhirn von demselben Fische. Dies. Färbung.
- Fig. 8. Schnitt durch Mittelhirndach, Mittelhirn-Basis und Zwischenhirn desselben Fisches. Dies. Färbung.

Ueber regenerative Amitose, Degenerationserscheinungen und Phagocytose in den Athemröhren der Janellen.

Von

Prof. **L. Plate** (Berlin).

Hierzu Tafel XXVIII.

Vor Kurzem habe ich ¹⁾ darauf aufmerksam gemacht, dass bei den merkwürdigen neuseeländischen Nacktschnecken, welche in der Familie der Janelliden vereinigt werden, die Lunge voll-

1) L. Plate, Ueber einen neuen Typus der Lungenathmung, die Niere und ein subcutanes Sinnesorgan bei Nacktschnecken aus der Familie der Janellen. S.-B. Ges. naturforschender Freunde Berlin 1897, p. 141—45.