

Rudimentäre Wirbelthieraugen.

Von

Dr. C. K o h l.

Erster Theil.

Heft 13.

Mit 9 Tafeln.



CASSEL.

Verlag von Theodor Fischer

1892.

Vorliegende Arbeit behandelt in ihrem ersten Theile das Sehorgan von *Petromyzon Planeri*, *Myxine glutinosa*, *Typhlichthys subterraneus*, *Proteus anguineus*, *Siphonops annulatus*, *Typhlops vermicularis* und *Typhlops braminus*. Der zweite Theil wird Anatomie und Entwicklungsgeschichte des Auges von *Talpa europaea* und *Talpa coeca* bringen, sowie in einer Zusammenfassung der Resultate der gesammten Untersuchungen auf die in Betracht kommenden allgemeinen Fragen eingehen. In erster Linie wird es sich dabei um die Beantwortung des Satzes handeln: Was ist das, was man gewöhnlich als Rückbildung bezeichnet und wie vollzieht sich dieselbe im Auge von Wirbelthieren, die ihr ganzes Leben, oder eine längere Epoche desselben im Dunkeln zubringen? Weiterhin sollen aber auch noch andere, auf das Auge überhaupt bezügliche Fragen erörtert werden, soweit meine Untersuchungen darüber Aufschluss geben.

Für gütige Ueberlassung von Material habe ich den Herren Professor Spengel-Giessen, Professor Mark-Cambridge U. S., Marquis Doria-Genua, Professor Fraisse-Leipzig, für seine Unterstützung bei Beschaffung der, oft schwierig zu erlangenden, Litteratur Herrn Professor Marshall-Leipzig zu danken. Vor Allem aber drängt es mich, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Geh.-Rath Leuckart-Leipzig, für die vielfache Anregung, Belehrung und Unterstützung, deren ich mich von seiner Seite zu erfreuen hatte, auch an dieser Stelle meinen tiefgefühlten Dank auszusprechen.

Der Verfasser.

Inhalt.

	Seite
Das Auge von <i>Petromyzon Planeri</i>	4
Das Auge von <i>Myxine glutinosa</i>	48
Das Auge von <i>Typhlichthys subterraneus</i>	59
Das Auge von <i>Proteus anguineus</i>	66
Das Auge von <i>Siphonops annulatus</i>	100
Das Auge von <i>Typhlops vermicularis</i>	117
Das Auge von <i>Typhlops braminus</i>	137
Nachschrift	141
Erklärung der Tafeln	143

Das Auge von *Petromyzon Planeri*.

Autoren:

- 1 Rathke. Bemerkungen über den inneren Bau des Quersers *Ammocetes trachelalis* und des kleinen Neunauges (*Petromyzon Planeri*). in: Neueste Schriften d. naturf. Ges. zu Danzig. Bd. I. 1825. p. 88 ff. und Bd. II. Heft 2. 1827. p. 97 ff.
- 2 Schlemm und d'Alton. Ueber das Nervensystem der *Petromyzon*. in: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1835. p. 262 ff.
- 3 M. Schultze. Ueber Entwicklung von *Petromyzon Planeri*. in: Abhandl. d. naturf. Ges. zu Halle. 1855. Bd. III. Sitzungsber. vom 12. Mai. p. 22 ff.
- 4 Heinr. Müller. Anatomisch-physiologische Untersuchungen über die Retina des Menschen und der Wirbelthiere. Leipzig 1856.
- 5 ——. Gesammelte hinterlassene Schriften. Leipzig 1872.
- 6 Aug. Müller. Ueber die Entwicklung der Neunaugen. in: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1856. p. 323 ff.
- 7 Leydig. Lehrbuch der Histologie. 1857.
- 8 Batuchin. Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Auges, besonders der Retina. in: Würzburger naturwiss. Zeitschr. Bd. IV. 1863. p. 74—90.
- 9 Owsjannikof. Mélanges biologiques de l'Académie de St. Petersbourg 1869. T. VII. p. 158 ff.
- 10 R. Leuckart. Organologie des Auges. in: Graefe u. Saemisch, Handb. d. Ophthalmol. Bd. II. 1. 1873.
- 11 Langerhans. Untersuchungen über *Petromyzon Planeri*. Freiburg 1873.
- 12 Krause. Die Nervenendigungen in der Retina. in: Arch. f. microsc. Anat. Bd. XII. 1876. p. 742 ff.
- 13 Wilh. Müller. Ueber die Stammesentwicklung des Sehorgans der Wirbelthiere. III. Das Sehorgan von *Petromyzon*. Festschrift für C. Ludwig. p. XV ff.
- 14 Carrière. Das Sehorgan der Thiere. 1855.
- 15 Wiedersheim. Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere. Jena 1886.
- 16 Kupter. Die Entwicklung von *Petromyzon Planeri*. in: Arch. f. microsc. Anat. 1890. Bd. 53. Heft 4. p. 469 ff.
- 17 Ueke. Zur Entwicklung des Pigmentepithels der Retina. St. Petersburg 1891.
- 18 ——. Epithelreste am Opticus und auf der Retina. in: Arch. f. microsc. Anat. 1891. Bd. 38. Heft 1. p. 24 ff.

Rathke, meines Wissens der erste, der auf das Auge des *Petromyzon* etwas näher eingeht, beschreibt für *Ammocetes* eine knorpelig-bindegewebige Orbita in Form einer hohlen Halbkugel, die an ihrem hinteren Pol ein kleines Loch für den Durchtritt des Sehnerven besitzt. Das Auge selbst ist

ausserordentlich klein, es hat eine sehr dünne Sclera und Cornea und eine verhältnissmässig grosse Linse, die fast die ganze Höhlung des Bulbus ausfüllt; auch Chorioidea und Iris sind stark entwickelt. Die Kopfhaut zieht sich über das Auge ohne bedeutende Verdünnung hin; sie ist mit der unter ihr liegenden Cornea durch ein weiches Schleimgewebe verbunden. Augenmuskeln sind sechs vorhanden.

Max Schultze³⁾ berührt in seiner „Entwicklung von *Petromyzon Planeri*“ das Auge nur ganz kurz. Drei bis vier Wochen nach Ausschlüpfen des Thieres soll es noch tief unter der Haut liegen und keine Spur einer äusseren Hervorragung verursachen, sondern lediglich als schwarzer Pigmentfleck durchscheinen.

Nach Aug. Müller⁶⁾ scheinen die Augen von *Petromyzon* auf frühen Stufen des Larvenlebens als dunkle Punkte durch die Haut durch. In der Metamorphose nimmt das Organ rasch an Grösse zu, erscheint aber zunächst noch trübe und bleibt dies oft bis zum zehnten Tage nach vollendeter Metamorphose. Der *Ammonoetes* ist sehr lichtscheu und sucht die Dunkelheit, nach der Metamorphose jedoch bevorzugt *Petromyzon* helles klares Wasser.

Leydig⁷⁾ sagt in seinem Lehrbuch der Histologie (p. 221) in Bezug aufs *Petromyzon*-Auge: „Von der Innenfläche der Membrana limitans (nämlich interna, die L. ausdrücklich als bindegewebigen Ursprung bezeichnet; d. Verf. weg durchsetzen Faserzüge in radiärer Richtung die Retina (das radiäre Fasersystem der Autoren), die sammt der Linea limitans nur gleichsam den Rahmen oder Stützapparat abzugeben scheinen, in welchem die spezifischen oder nervösen Gebilde der Retina enthalten sind.“

Von Sehelementen besitzt die Netzhaut blos Zapfen.

Heinr. Müller⁴⁾, früher anderer Meinung, bestreitet schliesslich das Vorkommen von Stäbchen in der Netzhaut von *Petromyzon fluviatile*. Dieselbe soll nur Zapfen ziemlich von der sonst gewöhnlichen Form besitzen. Für *Petromyzon Planeri*⁵⁾ hält er aber an seiner Behauptung fest, dass hier zweierlei Sehelemente: lange Zapfen und kurze Stäbchen vorkommen.

Auch Krause¹²⁾ behandelt ausschliesslich die Netzhaut. Er gibt zunächst eine allgemein gültige Eintheilung derselben, sowie eine Erklärung des Aufbaues und Ursprungs ihrer Schichten. Dabei stellt K. unter anderem den Satz auf: Alle Cranioten haben Stäbchen und Zapfen. Auf die Verhältnisse bei *Petromyzon* geht er nicht näher ein.

Langerhans¹¹⁾ unterscheidet bei *Petromyzon* folgende Netzhautschichten: 1) Die Schicht mit langen Stäbchen und kurzen Zapfen; eine Membrana limitans externa ist sehr deutlich; von Innen wird sie noch durch feine Bindegewebsfasern verstärkt. 2) Granulosa externa, die ein feines Netzwerk darstellt. Schicht und Granulosa externa sind durch Bindegewebsfasern verbunden, die theilweise kernhaltig sind. 3) Eine doppelte Ganglienschicht mit dazwischenliegender Faserlage. Die letztere besteht grösstentheils aus Opticusfasern, jedoch ohne directe Verbindung mit dem Sehnerv. Die Ganglien senden nach aussen mehrere Fortsätze, nach innen nur einen einzigen, der mit den Opticusfasern in Verbindung tritt. Dazwischen finden sich radiäre Bindegewebszüge, die bis zur Granulosa externa hinziehen. 4) Die innere Körnerschicht. Sie setzt sich aus dreierlei Elementen zusammen: a) den Zellen der Radiärfasern, b) gewöhnlichen nervösen Körnern und c) kleinen Ganglienzellen. 5) Schicht der primären Opticusfasern. 6) die Granulosa interna, die 2 Reihen von Körnern führt, nämlich a) kleinere und b) grössere von ganglionärer Natur. 7) Die dünne Membrana limitans interna.

Wilh. Müller¹³⁾. Das Auge des *Ammocoetes* liegt unter der Haut und ist von einer bindegewebigen Kapsel umschlossen, die sich am distalen Pole stark verdünnt und so eine Art Cornea abgibt. Die Linse hat sich vom Ectoderm abgeschnürt zugleich mit einer Mesodermis, die theilweise ihre Kapsel bildet. Den hinteren Theil der Linse umschliesst ein locker geschichteter Fortsatz der Augenkapsel. Unabhängig davon geht das Hereinrücken eines bindegewebigen Glaskörperfortsatzes von Statten, in dem aber auf keiner Entwicklungsstufe Blutgefässe nachweisbar sind. Eine Folge der Einwanderung des Glaskörpers ist die ventrale Einkerbung beider Lamellen der Augenblase, die sich aber niemals auf den Augenblasenstiel fortsetzt. Das innere Blatt der secundären Augenblase, der Retina, ist mehrschichtig. Die Anlagezellen des proximalen Randes der Netzhaut zeigen im Augenhintergrund in der Umgebung des Augenblasenstiels Fortsätze gegen das äussere Blatt hin. Hieraus gehen später die Innen- und Aussenglieder von Sehzellen hervor, doch erfolgt die Ausbildung der eigentlichen Sehelemente erst zur Zeit der Metamorphose. Das den Augenblasenstiel von Innen auskleidende Epithel wird allmählig unter Umlagerung seiner Elemente zu einem Stützgerüste im Sehnerven. Das Auge rückt im Laufe der Entwicklung der Oberhaut immer näher, wobei das subcutane Bindegewebspolster bis auf spärliche Reste schwindet. Die Descemetische Membran entsteht dann; zugleich wird die Augenkapsel in ihren Partien etwas stärker. Sie zeigt immer zwei Abschnitte: einen inneren, gefäss- und pigmentreichen und einen äusseren, straff geschichteten, an den sich die Augenmuskeln ansetzen, deren Fasern eine ungestreifte Axe, quergestreifte Rindenschicht besitzen. Der Irisfortsatz der Chorioidea verlängert sich und wird stärker; gegen Ende des Larvenlebens treten in ihm Muskeln auf. Die Linsenkapsel löst sich von der Chorioidea. Der Glaskörper verliert seine Zellen und umgibt sich mit einer Membran. Die Linsenhöhle schwindet, jede Linsenfaser entspricht einer Linsenepithelzelle und hat dementsprechend nur einen einzigen Kern. Die Retina bekommt in der Nähe der Abgangsstelle des Irisfortsatzes eine vorspringende Falte. In der Iris verkleben die beiden Lamellen der Augenblase. Noch bei ziemlich hochentwickelten *Ammocoetes* stand am proximalen Linsenpol die Linsenkapsel etwas vom Linsenkörper ab; später verschwindet der dadurch gebildete Zwischenraum. Die in einem beschränkten Rayon des Augenhintergrundes vorkommenden Fortsätze der peripheren Retinazellen gegen das Pigmentepithel hin werden wirklichen Sehzellen immer ähnlicher und sind bald von Fortsätzen der Pigmentepithelzellen umscheidet. Der Sehnerv zeigt auf höherer Entwicklungsstufe an der Austrittsstelle deutlich eine gegenseitige Durchkreuzung seiner Fasern. Im extraretinalen Abschnitt zieht sich in seiner Axe ein Zellstrang hin. Die Zellen desselben stehen senkrecht zur Längsaxe des Opticus, sie sind enge gelagert, haben geringen Zelleib, grossen Kern und starke Membran. Von ihren Polen gehen Fasern aus, welche die Nervenbündel durchsetzen und sich mit leichter Verbreiterung an die Mesodermhülle des Sehnerven anheften. Die Bindegewebsseide des Opticus ist pigmentirt.

Beim geschlechtsreifen *Petromyzon Planeri* Thierlänge 11 cm, Augenhöhe 2.05, Dicke 1.95 mm ist die Augenkapsel in einen inneren gefässreichen und einen äusseren straffer angeordneten Abschnitt, die beide pigmentreich sind, getrennt. Die Augenmuskeln sind flache Bänder, ihre Fasern nur in der Rinde quergestreift, central dagegen glatt. Ciliarfortsätze existiren nicht, ein Ciliarmuskel ist im Rudiment vorhanden. Die Iris baut sich aus den drei typischen Blättern auf. Der Glaskörper führt noch feine Fibrillen und ist an seiner Oberfläche von einer continuirlichen dünnen Membran überzogen, an

welche sich diese Fibrillen zum Theil ansetzen. Die Linsenkapsel ist ganz homogen geworden. Die Linse ist ganz solid; ihre geriffelten Fasern haben einen Durchmesser von 0,0032 mm im Mittel. Die Pigmentlamelle besteht aus einer einfachen Schicht polygonaler Zellen, die in ihrem äusseren Theile pigmentfrei sind und runde Kerne führen, nach Innen pigmentirte Fortsätze aussenden.

Die Netzhaut von *Petromyzon Planeri* zeigt folgende Schichten: 1) die Sehzellschicht; sie besteht aus zwei Reihen alternirend angeordneter langer und kurzer Sehzellen. Bei beiden wird konisches Aussenglied, Innenglied, kernhaltiger Abschnitt und Fuss unterschieden. Die langen Zellen haben eine Länge von 0,057 mm, bei 0,0032 mm Dicke; die kurzen messen 0,043 mm in der Länge, 0,0032 mm in der Dicke. Mit dem Fusse setzen sich beide Zellarten an die Granulosa externa an. Die Limitans externa wird gebildet von den mit leichter Verbreiterung an die Sehzellen sich ansetzenden äusseren Enden der Radiärfasern und verstärkt durch andere von der Granulosa externa ausgehende Fasern. 2) Die Granulosa externa. Sie wird gebildet durch ein netzförmig angeordnetes Fasersystem, mit dem Ausläufer der Radiärfasern in Verbindung treten. Dicke 0,003 mm. 3) Die Schicht der tangentialen Fulcrumzellen, in einer Stärke von 0,035 mm. Sie setzt sich aus 2 Hauptschichten zusammen, die sich wieder in mehrere Unterabtheilungen zerlegen lassen. Zwischen beiden zieht sich eine Zwischenschicht von netzförmig verzweigten flachen Zellen hin. 4) Die innere Körnerschicht, 0,032 mm stark, zerfällt ebenfalls in eine äussere, mächtigere und eine innere, schwächere Abtheilung, von denen die äussere wiederum aus dreierlei Zelllagen sich aufbaut, deren äusserste durch die Zellkörper der Radiärfasern repräsentirt wird. 5) Die intraretinale Ausbreitung des Sehnerven, nahe dem Austritt 0,03 mm stark. Dieselbe gibt an die äusseren Netzhautschichten keinerlei Elemente ab, steht vielmehr nur mit den Ganglienzellen jenseits der Granulosa interna in Verbindung. Die Schicht ist durchsetzt von den nach Innen gerichteten Fortsätzen der Radialfasern, niemals finden sich aber in ihr Zellen, mit Ausnahme der Stelle des retinalen Chiasma. Beim Austritt aus der Retina findet eine vollständige Kreuzung der Opticusfasern statt. Beim Eintritt in die Chorioidea ist der Sehnerv etwas eingeschnürt und mit einer dünnen Hülle von spindelförmigen Pigmentzellen umgeben. In dieser Gegend tritt dann der Strang von Fulcrumzellen auf, der den Opticus in seiner Axe bis zum Gehirn begleitet. 6) Die Granulosa interna in einer Mächtigkeit von 0,046 mm. Sie besteht aus einem dichten Netzwerk, von Körnern gebildet, ist von Radiärfasern durchsetzt und zeigt eine der Oberfläche parallele Bänderung. In ihrer Grundsubstanz eingebettet liegen 2 Arten von Zellen. 7) Die Ganglienschicht besteht aus ellipsoidischen, spindel- oder birnförmigen Ganglienzellen, die meist in einfacher, selten doppelter Lage angeordnet sind. Diese senden gegen die Opticusfasern hin stets einen starken unverzweigten Fortsatz und von ihrem entgegengesetzten Ende aus 1—2 blasse Ausläufer, die sich verästeln.

Die Fortsätze der Radialfasern ziehen sich durch die Ganglienschicht durch nach der Limitans interna hin, an der sie mit leicht geschweifter Verbreiterung enden.

Carrière¹¹⁾. Bei *Ammocoetes* liegt das Auge, das nur aus Augenbecher und Linse besteht, tief unter dem unveränderten Integument; zwischen diesem und dem Bulbus zieht sich noch eine dicke Bindegewebsschicht hin. Eine eigentliche Selera besteht nicht, sie wird ersetzt durch das Bindegewebe, in das die Augenblase eingebettet liegt. Retina und Pigmentepithel lassen sich noch deutlich als zwei in einander geschobene Kugelschalen erkennen. Der ganglionäre Theil der Netzhaut ist relativ gering

entwickelt: die Sehelemente sind schon deutlich. Die Zellen des Pigmentepithels senden gegen die Retina keine Fortsätze, sondern enden in einer Fläche. Ein Glaskörper ist kaum entwickelt. Bei jungen Larven (3 cm) ist die Linse noch ein hohler sphäroidischer Körper, deutlich aus Cylinderzellen zusammengesetzt: vor der Linse ist das Bindegewebe etwas verdickt. An dieser Stelle liegt bei älteren *Ammocoetes*, scheinbar im Zusammenhang mit der Linse, ein homogener, flacher, aussen convexer Körper, der nach Langerhans¹¹⁾ eine Art Membrana Descemetii darstellen soll. Carrière hält ihn für eine Cuticularbildung, oder auch durch das Härtingsreagens sehr verändertes Gewebe.

Beim geschlechtsreifen *Petromyzon* ist das Auge näher an die Körperoberfläche gerückt, die Haut hat sich über dem in allen Theilen vergrößerten Auge verdünnt. Die Sehzellen sind wohl ausgebildet, doch existirt keine differenzirte Stäbchen- und Zapfenschicht, sondern dafür zwei Schichten, die aus gleichartigen Elementen gebildet werden: ob man dieselben als Stäbchen oder als Zapfen anzusehen hat, lässt Carrière dahingestellt. Die Enden der Sehelemente werden von Pigmentfäden umhüllt, die das Pigmentepithel aussendet.

„Die Fasern des Opticus breiten sich bei den Petromyzonten nicht über, sondern innerhalb des Retinagauglions aus. Es scheint dies wenigstens daraus hervorzugehen, dass zu äusserst eine granulirte, dann, zwischen zwei Zellschichten, die Opticusfaserschicht angegeben werden.“ Carrière sieht im Auge des *Petromyzon* eine Entwicklungsstufe des Organs, die bei den höheren Wirbelthieren „in der frühesten Zeit der Entwicklung durchschritten wird“.

Wiedersheim¹²⁾. Bei *Ammocoetes* liegt das kleine Auge tief unter der Haut: dazwischen zieht sich eine dicke Schicht Unterhautbindegewebe hin. Eine eigentliche Cornea fehlt und wird durch ein mehrschichtiges Gewebe ersetzt, „das nach Aussen mit der Haut, nach Innen mit der Membrana Descemetii abschliesst.“ Die Chorioidea macht mit dem Retinalpigment ein einheitliches Ganzes aus, sie ist sehr dünn und theilweise unpigmentirt. Vorn spaltet sie sich in zwei Blätter, von denen das äussere sich vor der Linse hinzieht, dort sehr dick wird und einen glänzenden homogenen Körper darstellt. Wiedersheim deutet denselben als Membrana Descemetii oder, mit Leuckart¹⁰⁾, als ein ausserordentlich stark entwickeltes Ligamentum pectinatum. Das hintere Spaltproduct liefert einen Theil der Iris, die in der Hauptsache von dem vordersten Abschnitt der Retina gebildet wird. Die kugelige Linse füllt den intrabulbären Raum fast vollständig aus. Auch eine eigentliche Sclera soll fehlen, die Augenmuskeln inseriren noch beim geschlechtsreifen *Petromyzon* an dem „auf der Peripherie der Chorioidea liegenden Bindegewebe.“

Auch nach der Metamorphose fehlten dem *Petromyzon* eine differenzirte Sclera und Cornea: die Chorioidea spaltet sich auch hier noch deutlich in Iris und Membrana Descemetii, doch ist der Ausbildungsgrad bei den einzelnen Thieren ein sehr verschiedener. Eine regelmässige Schichtung zeigt die Chorioidea niemals; Ciliarfortsätze fehlen, ein Ciliarmuskel ist nur im Rudiment vorhanden. Die Membrana Descemetii verdünnt sich bei *Petromyzon* beträchtlich.

Ueber die Netzhaut der Neunaugen finden sich bei Wiedersheim keine direkten Angaben.

Ueke¹³⁾ hat zwei Exemplare der *Petromyzon*-Larve untersucht. Bei einem Object von 7 cm Länge fand er nur den dorsalen Theil des Pigmentepithels pigmentirt, den ventralen ganz frei davon. Die Zellen des letzteren sind „höchstens cubisch“, also flacher, als die des dorsalen, wo sie bis auf das

dreifache an Höhe gewinnen. Bei einem Thiere von ca. 11 cm Länge war ausserdem auch am ventralen Theil des Pigmentepithels Pigment vorhanden, die übrige ventrale Fläche aber auch hier noch frei.

In einer späteren Arbeit berührt Ucke¹⁸ kurz auch die Retina von *Ammocoetes*. Er glaubt, dass hier nicht etwa die Opticusfaserseicht in der Tiefe der Netzhaut liege, sondern dass sie ihren gewöhnlichen Platz einnehme, dass aber ihrer distalen Fläche ein zweischichtiges Epithel aufsitze.

Eigene Untersuchungen.

(Tafel I, II, III.)

Der Bulbus.

Das Sehorgan dieses Thieres liegt in einer äusserst flachen, durch ringförmige Aufwulstung der Schädelwand gebildeten Mulde, die ihm nur in seinem hintersten Theile Schutz zu gewähren im Stande ist. Der Bulbus oculi hat eine nahezu kugelige Gestalt, doch ist seine Höhe (d. h. sein Durchmesser in der Verticalebene) immer etwas bedeutender, als seine Tiefe (sein Durchmesser in der Horizontalebene). Er stellt somit ein Ellipsoid dar, in dem die beiden genannten Axen die in folgender Tabelle verzeichneten Verhältnisse zeigen:

	Einzelne Entwicklungsstadien. Thierlänge.	Höhe des Bulbus.	Tiefe des Bulbus.
<i>Ammocoetes</i>	6,2 cm	0,360 mm	0,387 mm
—	12,5 -	0,488 -	0,590 -
—	17 -	0,632 -	0,727 -
—	18,5 -	0,741 -	0,871 -
<i>Petromyzon</i>	16 -	1,712 -	2,001 -

Hierbei ist zu bemerken, dass unter „Tiefe“ (Fig. 7 *a—b*) die Länge der Augenaxe von der distalen Grenze der Cornea, soweit eine solche vorhanden, sonst von der proximalen des subcutanen Bindegewebes bis zum proximalen Rand der Sclero-Chorioidea, und unter „Höhe“ (Fig. 7 *c—d*) der grösste Abstand des dorsalen und ventralen Randes der letzteren in der Verticalebene zu verstehen ist.

Aus der Tabelle ergibt sich, dass auf dem jüngsten (Fig. 3) der von mir untersuchten Stadien die Tiefe des Auges sich zur Länge des Thieres (6,2 cm) verhält wie 1 : 172; bei einem *Ammocoetes* von 12,5 cm Thierlänge stellt sich dies Verhältniss auf 1 : 256,1; bei 17 cm Thierlänge auf 1 : 269. Das

Ange bleibt also während der Larvenperiode im Wachsthum mehr und mehr zurück gegenüber der Allgemeinentwicklung des Thieres, als deren Maassstab man doch wohl die Körperlänge annehmen darf. Erst durch die Metamorphose wird das in diesem Punkte Versäumte wieder reichlich heringebracht, denn das obige Verhältniss stellt sich beim geschlechtsreifen *Petromyzon* auf 1:91,5.

Der Augapfel ist in lockeres Bindegewebe eingebettet, das von reichlichen Gefässen durchzogen ist und in dem sich auch zuweilen Fettzellen nachweisen lassen. Im weiteren Umkreis ist der Bulbus umgeben von Muskelmassen, in die seine hinteren Partien, beim erwachsenen Thiere etwa bis ins Niveau seines Aequators, eingelassen erscheinen, während bei jüngeren Formen schliesslich nur noch der vorderste Theil, in der Hauptsache also die Pupille, unbedeckt bleibt.

Drüsen finden sich in der Umgebung des *Petromyzon*-Auges auf keiner Entwicklungsstufe.

Wie bei allen Fischen, so zieht sich auch bei *Petromyzon* die Körperhaut ununterbrochen über das Auge hin. Dieselbe ist kurz nach dem Ausschlüpfen sehr dünn, sodass das Auge von Aussen deutlich sichtbar ist. Bald verdickt sie sich jedoch auch über dem Auge ganz bedeutend, und es ist infolge dessen bei weiter entwickelten Larven von dem Auge äusserlich absolut nichts mehr wahrnehmbar. Erst durch die Metamorphose tritt auch hierin wieder eine Aenderung ein, und es ist jetzt das Auge durch die sehr dünne und vollkommen transparente Deckhaut hindurch vollständig sichtbar.

Die Bedeckung des Auges.

Dieselbe setzt sich, von Aussen nach Innen betrachtet, aus folgenden Schichten zusammen. Den Anfang macht die Epidermis (*E*), nach Aussen von der sogenannten Cuticula, nach Innen von dem Rete Malpighii (*RM*) begrenzt; es folgt die Cutis (*C*), und daran anschliessend meistens eine Schicht subcutanen Bindegewebes. Den Schluss gegen das Auge hin machen Cornea (*C*) und Membrana Descemetii (*MD*), die ja eigentlich schon dem Bulbus selbst angehören, aber bei *Ammonoetes* noch auf ziemlich hoher Entwicklungsstufe mit der Cutis resp. dem subcutanen Bindegewebe untrennbar zusammenhängen.

Die Untersuchung der einzelnen Stadien ergab Folgendes:

1) Eine Larve von 6,2 cm Länge (Fig. 5).

Maasse:	Stärke der Epidermis	0,039 mm
	Stärke der Cutis	0,031 -
	Stärke des subcut. Bindegewebes	0,015 -
	Stärke der Cornea	0,0032 -
	Stärke der Membrana Descemetii	0,0015 -
	Gesamtstärke der Deckschicht.	0,0977 mm.

Das Kopfigtegment, gemessen an einer dorsal vom Auge gelegenen Stelle, ergab:

Epidermis	0,032 mm
Cutis	0,021 -
subcutanes Bindegewebe	-
Gesamtstärke des Integuments	0,053 mm.

Die Cutis der Deckschicht ist, besonders in ihrem der Cornea zugekehrten Theile, ziemlich locker geschichtet. Sie führt, in der proximalen Hälfte zahlreicher als in der distalen, längliche Kerne, die oft den Wellenzügen entsprechend gekrümmt sind. Zwischen Cornea und Cutis schiebt sich eine Schicht Bindegewebe ein. Dasselbe besitzt keine distale Grenze und ist nur durch seinen directen Uebergang in das lockere Bindegewebe, das den Bulbus umhüllt, als eine von der Cutis zu unterscheidende besondere Lage subcutanen Bindegewebes erkennbar. Es ist noch lockerer und welliger angeordnet, auch kernreicher, als die Cutis.

Die Epidermis ist von der gewöhnlichen Körperepidermis nur wenig verschieden. Sie zeichnet sich gegenüber der letzteren nur durch ihre bedeutendere Stärke, sowie durch den Umstand aus, dass bei ihr die in der Fischepidermis sonst so häufigen sog. Kolbenzellen vollständig fehlen. Die gewöhnlichen Schleinzellen finden sich dagegen in grosser Menge, ebenso finden sich die Porenkanälchen der Cuticula ganz unverändert.

2) Eine Larve von 12,5 cm Länge (Fig. 9).

Maasse:	Epidermis	0,056 mm
	Cutis	0,010 -
	subcutanes Bindegewebe	0,0065 -
	Cornea	0,0065 -
	Membrana Descemetii	0,0078 -
	Gesamtstärke der Deckschicht. . .	0,0868 mm.

Kopfintegument dorsal vom Auge gelegen:

	Epidermis	0,048 mm
	Cutis	0,023 -
	Gesamtstärke des Integuments . .	0,071 mm.

Die Epidermis der Deckschicht ist sowohl gegen die Cuticula als gegen das Rete Malpighii hin fester gefügt, als in ihren mittleren Partien. Die Schleinzellen sind noch ziemlich zahlreich.

Die Cutis zeigt öfters einen allerdings nur wenig ausgesprochenen welligen Bau; ihre Kerne sind nicht spärlicher, dagegen erheblich kleiner und schlanker geworden. Das subcutane Bindegewebe ist sehr zurückgegangen, vor der Mitte der Länse zeigen sich davon nur noch ganz schwache Reste.

1) Larve von 20 cm Länge (Fig. 11).

Maasse:	Epidermis	0,0767 mm
	Cutis	0,0210 -
	subcutanes Bindegewebe	0,0052 -
	Cornea	0,0026 -
	Membrana Descemetii	0,0013 -
	Gesamtstärke der Deckschicht. . .	0,1098 mm.

Kopfintegument dorsal vom Auge:

Epidermis	0,0742 mm
Cutis	0,0249 -
Gesamtstärke des Integuments. . .	<u>0,0991 mm.</u>

Die Epidermis ist stärker, ihre Schleimzellen wieder etwas seltener und kleiner geworden. Die Cutis ist in ihrem distalen, dem Rete Malpighii anliegenden Rande sehr straff und enge geschichtet, auch fast ganz kernlos; in ihren centralen und proximalen Partien wird sie allmählich etwas lockerer und welliger, sie führt dann auch ziemlich zahlreiche langgestreckte, zuweilen etwas gekrümmte Kerne. Das subcutane Bindegewebe besitzt keine feste Grenze gegen die Cutis hin und ist als solches nur durch seinen Uebergang in das bulbsumhüllende Gewebe zu erkennen. Es bildet vor dem Auge eine dünne Schicht, die aber auffallenderweise hier stärker ist, als beim vorigen Stadium.

Die enggeschichtete Cutis wird gebildet durch feine Horizontalfasern. Sie ist fast kernlos und zeigt auch keine Spur vertical verlaufender Fasern. In ihrem proximalen Theile wird sie allmählich etwas lockerer und weniger streng parallel geschichtet. Auch die langen Kerne werden hier häufiger, und es stellt sich so ohne scharfe Grenze ein Uebergang in die folgende Schicht subcutanen Bindegewebes her. Dieses ist sehr locker angeordnet; seine Faserzüge verlaufen zwar in der Hauptsache ebenfalls horizontal, doch hat hier die schon in der Cutis bemerkbare wellige Lagerung noch mehr Platz gegriffen; auch die Kerne dieser Schicht sind ziemlich zahlreich.

3) Larve von 17 cm Länge (Fig. 10).

Maasse: Epidermis	0,0598 mm
Cutis	0,0190 -
subcutanes Bindegewebe	Spur
Cornea	0,0011 -
Membrana Descemetii	0,0011 -
Gesamtstärke der Deckschicht. . .	<u>0,0815 mm.</u>

Kopfintegument dorsal vom Auge.

Epidermis	0,056 mm
Cutis	0,018 -
Gesamtstärke des Integuments . . .	<u>0,074 mm.</u>

Die Epidermis hat fast gar keine Veränderung erlitten. Höchstens sind ihre Elemente jetzt vielleicht noch etwas dichter gelagert und, besonders im Rete Malpighii, etwas grösser geworden; nur die Schleimzellen sind an Zahl und Grösse unverkennbar zurückgegangen.

5) Das geschlechtsreife Thier, 16 cm Länge.

Maasse:	Epidermis	0,0111 mm
	Cutis	0,0237 -
	subcutanes Bindegewebe	—
	Cornea	0,0058 -
	Membrana Descemetii	0,0018 -
	Gesammtstärke der Deckschicht. . .	0,0124 mm.

Kopfintegument dorsal vom Auge:

	Epidermis	0,0260 mm
	Cutis	0,0410 -
	Gesammtstärke des Integuments . .	0,0670 mm.

Die Epidermis ist plötzlich sehr dünn geworden und zeigt auch nicht mehr die typische Anordnung ihrer Elemente: es fehlt ihr vor Allem ein eigentliches Rete Malpighii. Die Schleimzellen sind abermals kleiner und nunmehr sehr selten geworden¹⁾.

Die Cutis hat eine kleine Verstärkung erfahren. Sie erscheint am distalen Rande fest geschichtet und setzt sich aus sehr feinen und gestreckten kernlosen Faserzügen zusammen. Erst in den centralen Partien treten allmählich einzelne sehr lange Kerne auf; die Schichtung der Cutis wird lockerer und besonders an der proximalen Grenze welliger. Auch die Kerne werden hier etwas häufiger; sie sind jedoch immer sehr dünn und den Wellenzügen entsprechend gekrümmt.

Das subcutane Bindegewebe ist gänzlich verschwunden.

Die das Auge bedeckenden Theile des Integuments erleiden also bei den verschiedenen Entwicklungsstadien von *Petromyzon* gewisse Modificationen sowohl in Bezug auf ihre Structur, als auf ihre Stärke. Zur Veranschaulichung der letzteren mag folgende Tabelle dienen. Unter Deckschicht ist dabei die aus Epidermis, Cutis und subcutanem Bindegewebe gebildete Gewebsschicht, also excl. Cornea und Membrana Descemetii zu verstehen.

	Thierlänge	Verhältniss der Dicke der Deckschicht zur Thierlänge	Verhältniss d. Dicke des gewöhnlichen Kopfinteguments zur Thierlänge	Verhältniss der Dicke der Deckschicht zur Augentiefe	Verhältniss d. Dicke des gewöhnlichen Kopfinteguments zur Augentiefe	Verhältniss d. Dicke d. gewönl. Kopfinteguments z. Dicke der Deckschicht
<i>Ammocoetes</i>	6,2 cm	1 : 655,5	1 : 1169	1 : 4	1 : 6,7	1 : 1,67
-	12,5 -	1 : 1724	1 : 1719	1 : 6,7	1 : 6,8	1 : 1,02
-	17 -	1 : 2157	1 : 2297	1 : 8	1 : 8,5	1 : 1,06
-	20 -	1 : 1588	1 : 2018	1 : 8	1 : 8,9	1 : 1,11
<i>Petromyzon</i>	16 -	1 : 4174	1 : 2388	1 : 50	1 : 26	1,92 : 1

¹⁾ W. Müller beschreibt, übereinstimmend hiernit, in der Epidermis der Deckschicht zwei Lagen, „eine untere aus polygonalen Zellen mit klarem Inhalt und eine obere aus flachen Zellen mit schmalen Cuticularsaum bestehende“. A. a. O.

Hieraus folgt, dass die Deckschicht über dem Auge — vergleicht man nun ihre Stärke in den einzelnen Stadien mit der der gewöhnlichen Kopfhaut, oder auch mit derjenigen der Augenaxe (Tiefe — an Stärke stetig verliert, ein Process, der aber durch die Metamorphose eine gewaltige Beschleunigung erfährt, und zwar fast ausschliesslich auf Kosten der Epidermis. Diese hielt bisher in ihren augendeckenden Theilen gleichen Schritt mit ihrer sonstigen Stärkezunahme: erst in der Metamorphose verliert sie hier plötzlich bedeutend an Dicke und zwar in ganz unverhältnissmässig höherem Grade, als gleichzeitig die Cutis.

Die Unterschiede zwischen der Dicke der Augendeckhaut und der Stärke des gewöhnlichen Integuments werden bedingt durch die bedeutendere Entwicklung der Cutis in jener, und wohl in noch höherem Grade das auf die Deckschicht beschränkte Vorkommen subcutanen Bindegewebes. Dieses findet sich auf den niederen Entwicklungsstufen sehr reichlich und ist dann auch noch unmittelbar vor der Linse stark vertreten, nimmt aber im Laufe der Entwicklung immer mehr ab, so dass bei einem 17 em langen *Ammocoetes* nur noch eine ganz dünne Schicht, beim erwachsenen *Petromyzon* endlich gar nichts mehr vorhanden ist.

In Bezug auf den histologischen Bau der Deckschicht ist hervorzuheben, dass die Elemente, sowohl der Cutis, als des subcutanen Bindegewebes, die in den früheren Stadien sehr locker und wellig angeordnet sind, im Laufe der Entwicklung immer straffer an einander gelegt und unter sich immer mehr parallel gelagert werden.

Die Epidermis verändert sich bei *Ammocoetes* auch im feineren Bau fast gar nicht: nur in Bezug auf die in ihr sich findenden Schleimzellen erleidet sie eine geringe Modification. Dieselben sind nämlich bei Jugendformen sehr zahlreich und ziemlich gross und werden mit zunehmendem Alter immer kleiner und seltener. Erst in der Metamorphose verliert die Epidermis der Deckschicht ihre frühere regelmässige Schichtung und zwar in einem solchen Grade, dass sogar das Rete Malpighii nur noch wenig ausgesprochen erscheint.

In vielen Beziehungen scheint nach obiger Tabelle der *Ammocoetes* von 20 em Länge eine Ausnahmestellung einzunehmen. Es ist hierbei jedoch zu bedenken, dass dies Exemplar im Wachsthum bedeutend über das Maass des geschlechtsreifen Thieres hinausgegangen. Es ist nun keineswegs festgestellt, dass alle *Ammocoetes* sich metamorphosiren oder metamorphosiren müssen: man kann vielmehr wohl annehmen, dass es zuweilen, wenn auch immer nur ausnahmsweise, vorkommen mag, dass eine *Petromyzon*-Larve, aus irgend welchen Gründen, keine Metamorphose eingeht, sondern als *Ammocoetes* sich weiter entwickelt. Ich erinnere hierbei nur an die häufig vorkommenden alten und grossen Froschlärven. In diesem Falle würde vermuthlich auch dem allmählich auf die Verhältnisse beim geschlechtsreifen Thiere zustrebenden Verdünnungsprocess der Deckschicht Einhalt geboten, und es dürften dann die das Auge deckenden Gewebslagen, etwa von dem Zeitpunkte ab, wo unter normalen Verhältnissen die Metamorphose beginnen würde, sich in Bezug auf die Intensität ihres Wachsthums der gewöhnlichen Kopfhaut mehr und mehr nähern. Das hier über den *Ammocoetes* von 20 em Länge Gesagte soll selbstverständlich nur eine Vermuthung ausdrücken, für deren Richtigkeit ich, zur Zeit wenigstens, keine Beweise erbringen kann. Ich bemerke dazu nur noch, dass die abweichenden Verhältnisse dieser

grossen Larve sich bei verschiedenen Exemplaren übereinstimmend nachweisen liessen, wonach also eine Erklärung derselben durch individuelle Eigenthümlichkeit ausgeschlossen erscheinen muss.

Die Augenmuskulatur.

Das Auge von *Petromyzon* besitzt die sechs Augenmuskeln (4 Recti, 2 Obliqui). Die Verhältnisse derselben sollen zunächst für verschiedene Entwicklungsstadien einzeln gezeigt werden.

1) *Ammocoetes*, Thierlänge 6,2 cm (Fig. 32 a).

Die Muskelfaser ist ungemein schwach, durchschnittlich etwa 0,00096 mm breit. Sie besitzt ziemlich trübes Protoplasma und einen grossen derben Kern. Von einer Querstreifung ist nicht die geringste Spur zu sehen. Die Faser ist bandförmig und bedeutend länger, als es sonst bei den glatten Muskelfasern der Fall. Das Muskelbündel wird von reichlichem Bindegewebe mit grossen Kernen durchsetzt. Blut vermochte ich nicht nachzuweisen.

2) *Ammocoetes*, Thierlänge 12,6 cm (Fig. 32 b).

Die Faser misst etwa 0,0013 mm Breite und ist sehr blass. Das Sarcolemm stellt sich als ganz feine Linie dar. Die Kerne sind meist wandständig, blass und sehr in die Länge gezogen. Das Kernprotoplasma zeigt zuweilen eine Art querstreifiger Anordnung seiner Chromatinsubstanz und ruft damit unter gewissen Verhältnissen das Trugbild einer Querstreifung der Faser selbst hervor. Die letztere ist jedoch stets glatt. Sie ist bandförmig und länger, als die typische glatte Muskelfaser. Das Muskelbündel ist von Bindegewebszügen durchsetzt, die lange Kerne führen, und in denen ich zuweilen auch Spuren von Blut erkannt zu haben glaube.

3) *Ammocoetes*, Thierlänge 17 cm (Fig. 32 c).

Das Protoplasma der Faser ist sehr hell, die langen wandständigen Kerne sind ebenfalls sehr blass. Das Sarcolemm tritt als eine einfache, nunmehr aber sehr deutlich ausgesprochene Linie in Erscheinung. Von Querstreifung keine Spur. Die Kerne zeigen zuweilen das oben erwähnte Trugbild. Das den Muskel durchziehende Bindegewebe besitzt längliche Kerne. Blut habe ich nicht nachweisen können.

4) *Ammocoetes*, Thierlänge 18,5 cm (Fig. 32 d).

Die Faser hat eine Breite von etwa 0,00195 mm. Das Sarcolemm ist ungemein zart, aber stets als deutliche Membran erkennbar, die von dem sehr hellen Protoplasma der Faser niemals abgehoben erscheint. Die länglichen Kerne sind ziemlich blass und meist wandständig. Von einer Querstreifung der Faser findet sich keine Spur. Die bandförmige Faser ist länger, als es sonst bei glatten Fasern gewöhnlich zu sein pflegt. Der Muskel wird von reichlichem, aber ziemlich kernarmem Bindegewebe durchzogen, in dem sich Gefässe finden.

5) *Ammonoetes*, Thierlänge 20 cm Fig. 32 e.

Die Faser ist ca. 0,0026 mm breit und stellt ein ungewöhnlich langes Band dar. Das Sarcolemm liegt dem protoplasmatischen Inhalt der Faser als feine, aber sehr deutliche Membran unmittelbar an. Die Kerne sind gross und langgestreckt, jedoch selten wandständig. Die oben beschriebenen durch Anordnung des Chromatins hervorgerufenen Trugbilder sind ziemlich häufig. Der Muskel ist von reichlichem Bindegewebe durchwachsen, das zahlreiche Kerne besitzt und Blutgefässe führt.

6) *Petromyzon*, Thierlänge 16 cm Fig. 33).

Die Breite der Faser beträgt durchschnittlich 0,0136 mm. Die Faser soll nach Stannius, W. Müller u. A. stets einen quergestreiften peripheren und einen glatten centralen Abschnitt besitzen. Meine eigenen Untersuchungen haben über diesen Punkt Folgendes ergeben.

Der Muskel ist aus dreierlei Fasern zusammengesetzt. Die der ersten Art sind

- a. ganz glatt Fig. 33 b, c. Sie unterscheiden sich von den gewöhnlichen glatten Muskelfasern nur durch ihre beträchtliche Länge. Ihre Kerne zeigen oft einen schön ausgesprochenen Kernhof. Es sind also mit anderen Worten die M. Schultze'schen „Muskelkörperchen“ vorhanden.

Die zweite Art der Elemente des Muskels wird repräsentirt durch

- b. quergestreifte Fasern, von denen wieder zwei Arten zu unterscheiden sind. Einmal
 - α. die sehr seltenen typischen quergestreiften Muskelfasern, die in ihrem ganzen Verlaufe eine vollkommene Streifung zeigen, und dann
 - β. eine zweite Art von Fasern Fig. 33 a, bei denen immer nur ein mehr oder weniger ausgedehnter Complex eine, hier aber stets vollkommene Querstreifung aufweist, während der Rest der Faser ganz glatt erscheint. Die quergestreifte Region kann in der Mitte der Faser liegen oder sich auch einem ihrer Enden nähern. Kernhöfe (Fig. 33 a) waren hierbei stets nur im glatten Theil der Faser zu beobachten.

Als dritte Art der den Muskel bildenden Fasern mögen hier noch ihre Stelle finden

- c. die nur äusserlich quergestreiften, wie solche z. B. W. Müller beschreibt. An Längsschnitten habe ich diese Erscheinung allerdings niemals beobachten können. In vielen Fällen schien es freilich auf den ersten Blick, als ob sich eine quergestreifte Rinde von einem ungestreiften centralen Theil der Faser unterscheiden lasse, die nähere Untersuchung zeigte mir jedoch stets, dass sich die Querstreifung nicht auf die äusserlichen Partien der Fasern beschränkte, sondern vielmehr, freilich nur in Gestalt äusserst feiner Linien, die ganze Faser durchzog.

Auf Querschnitten (Fig. 33 d) dagegen erschien zuweilen am Rande die der quergestreiften Faser eigenthümliche Anordnung des Protoplasma in die sog. Columbe'schen Felder, während der centrale Theil das Verhalten der glatten Faser zeigte. Ich möchte daher das Vorkommen von nur äusserlich quergestreiften Muskelfasern nicht geradezu bestreiten.

Alle diese drei Arten von Muskelfasern besitzen Sarcolemm. Bei den glatten Fasern sitzt dasselbe dem protoplasmatischen Theil fast dicht auf (Fig. 33); bei den partiell vollkommen gestreiften aber findet sich zwischen Sarcolemm und Protoplasma ein deutlicher Spalt (Fig. 33 a), der jedoch im quergestreiften Theil von den Krause'schen Membranen durchzogen wird. Die durchweg glatten Fasern besitzen diesen Spalt nicht.

Sämmtliche Fasern sind mehr cylindrisch resp. lauggestreckt spindelförmig, als bandförmig. Die partiell, aber dann vollkommen quergestreiften Muskelfasern bilden die grosse Mehrzahl; etwas weniger häufig sind die ganz glatten, noch seltner die in ihrer ganzen Länge vollkommen, und ganz selten (wenn überhaupt vorkommend) die bloss äusserlich quergestreiften.

Eine Zusammenfassung der Befunde bei den verschiedenen untersuchten Stadien führt zu folgenden Ergebnissen.

Ausgehend von der niedersten der von mir näher untersuchten Entwicklungsstufen (6,2 cm Thierlänge) stellt sich die Muskelfaser zunächst als ein sehr dünnes Band dar, das nur sehr langsam in die Breite, noch viel langsamer in die Dicke wächst. Die Kerne treten bei meinem niedersten Stadium bereits verhältniss-mässig gross auf, bleiben aber dann lange Zeit auf derselben Stufe stehen, während die Faser selbst weiter wächst. Infolge dessen scheinen auf den ersten Blick die Muskelkerne der niedereren Stufen grösser und stärker zu sein, als in weiter fortgeschrittenen Stadien. Eine merkliche Grössenzunahme nicht nur der Faser selbst, sondern auch ihres Kerns, beginnt erst bei schon hoch entwickelten Larven. Ein Sarcolemm besteht von der ersten Stufe an, zunächst allerdings nur in Gestalt einer einfachen zarten Linie, die sich aber bald verstärkt. Allmählich zeigt sich eine feine Doppelcontourirung, aus der sich dann rasch vollends eine schliesslich ziemlich starke Membran herausentwickelt, die oft durch einen feinen Spalt von dem Protoplasma der Faser abgesetzt ist. Von einer wirklichen Querstreifung zeigen die Augmuskelfasern des *Ammocoetes* auf keiner Entwicklungsstufe eine Spur: nur ihre Kerne spiegeln in dieser Richtung zuweilen auf die oben näher angegebene Weise Trugbilder vor, zu deren Zustandekommen übrigens auch die Kerne des den Muskel durchsetzenden Bindegewebes beizutragen scheinen. Dieses Bindegewebe ist auf den niedereren Stufen sehr reichlich vorhanden und mit grossen Kernen versehen. Es wird im Laufe der Entwicklung etwas spärlicher, besonders werden die Kerne kleiner und verschwinden schliesslich fast ganz. Gefässe finden sich in diesem Bindegewebe wohl immer, wenn es mir auch zuweilen nicht gelingen wollte, ihr Vorhandensein zu constatiren.

Durch die Metamorphose erlangt, wie oben gezeigt, das Auge rasch gegen früher eine gewaltige Grösse und im Zusammenhange hiernit steht auch eine colossale Verstärkung seiner Muskulatur. Es ist dabei das geradezu riesige Anwachsen der Muskelbündel weniger auf die Vermehrung der Anzahl der den Muskel zusammensetzenden Elemente, als vielmehr auf die bedeutende Weiterentwicklung der einzelnen Fasern selbst zurückzuführen man vergl. Fig. 32 a—e mit Fig. 33 a—e.

Beim grössten von mir untersuchten *Ammocoetes* 20 cm Thierlänge ist das Verhältniss der Breite einer Muskelfaser zur Augentiefe = 1:344,5; für das geschlechtsreife Thier (16 cm Thierlänge) stellt sich dies Verhältniss auf 1:128,1. Die Muskelfaser ist also nicht bloss im selben Maasse gewachsen, wie der Bulbus, sondern sie hat vielmehr eine ganz unverhältnissmässige Breite gewonnen. Während

der Augapfel durch die Metamorphose etwa das Doppelte (1,96 fache) der Grösse des weitestentwickelten *Ammocoetes*-Auges erreicht hat, ist die Muskelfaser gegenüber jenem Stadium auf das Fünffache (5,2 fache) angewachsen. Es ergibt sich hieraus der Rückschluss, dass auch bei dem am höchsten entwickelten *Ammocoetes* die Augenmuskeln noch auf einer unverhältnissmässig niedrigen Entwicklungsstufe sich befinden.

Auch die Zusammensetzung der Muskelbündel zeigt jetzt bedeutende Fortschritte. Während dieselben in den Larvenstadien reichlich von kernführendem Bindegewebe durchzogen waren, ist dieses jetzt viel spärlicher geworden und hat fast keine Kerne mehr. Die Muskelfasern zeigen dabei, wenigstens zum Theil, eine gewisse Querstreifung. Ihr Sarcolemm tritt immer als starke Membran auf und ist vom protoplasmatischen Inhalt der Faser durch einen Spalt getrennt.

Wie erklärt sich nun aber das oben beschriebene verschiedene Verhalten der Fasern eines und desselben Augenmuskels von *Petromyzon* in Bezug auf Querstreifung, sowie das vollständige Fehlen jeder Spur dieser letzteren in den Augenmuskelfasern von *Ammocoetes*?

Bei dem Versuch einer Beantwortung dieser Fragen möchte ich zunächst einige Sätze aus Kölliker's Handbuch der Gewebelehre (Bd. I. 1. Aufl. 1889) voranschicken. A. a. O. p. 360 ff. sagt nämlich dieser Forscher:

„Ebenso wie die Disks muss ich auch die Fleischtheilchen Bowman's für Kunst-
erzeugnisse erklären. Meiner Meinung zufolge sind die Fibrillen ursprünglich in ihrer ganzen
Länge aus einer und derselben Substanz gebildet, an welcher jedoch im Zusammenhange mit
den Zusammenziehungen dichtere (die dunklen Stellen) und minder dichte Stellen sich aus-
bilden. . . .“

„Bei vielen Thieren, deren Muskeln quergestreift sind, kommen unter gewissen Ver-
hältnissen Fasern und Fibrillen vor, die keine Querstreifen, keine Abwechslung von dunklen
und hellen Theilen zeigen. . . .“

„Selbst an einer und derselben Fibrille ist die Zahl und Grösse der dunkleren Stellen
eine sehr wechselnde.“

Wendet man diese Sätze auf meine Befunde bei den Augenmuskeln von *Petromyzon* an, so ergibt sich etwa Folgendes: Die Muskelfasern sind stets das, was man gewöhnlich unter quergestreift versteht, aber diese Querstreifung tritt nur unter gewissen Contractionsverhältnissen zu Tage. Diese können aber für die verschiedenen Fasern desselben Augenmuskels verschiedene sein, und so kann denn bei der einen Faser das Bild einer Querstreifung entstehen, während eine andere nichts davon erkennen lässt. Weiterhin kann eine Muskelfaser in ihren verschiedenen Theilen einem verschiedenen Grade der Contraction unterworfen sein; infolge dessen kann sie dann z. B. an ihrem einen Ende, oder in der Mitte quergestreift, sonst aber glatt erscheinen. Wenn es erlaubt ist, noch einen Schritt weiterzugehen und anzunehmen, dass die Contractionsverhältnisse in den peripheren Theilen einer Muskelfaser andere sein können, als in den centralen, so wäre damit dann auch die von W. Müller u. A. behauptete nur äusserliche Querstreifung der Faser erklärt. Die Augenmuskelfasern von *Ammocoetes* nähern sich in Bezug auf ihre Länge und bei den höheren Stadien auch hinsichtlich ihrer sonstigen äusseren Form ungemein den typischen quergestreiften. Sie erscheinen allerdings stets glatt; wenn man aber bedenkt,

dass die Augenmuskeln des *Ammocoetes* auf den verschiedensten Entwicklungsstufen wohl niemals in Thätigkeit treten und sich also in einem beständigen Ruhezustande befinden, so kann es nicht überraschen, dass denselben eine Querstreifung, die doch den Contractionszustand bezeichnet, überhaupt abgeht.

Eine weitere Antwort auf die oben aufgestellten Fragen wäre folgende:

Die Augenmuskelfaser bei *Ammocoetes* ist glatt. Sie unterscheidet sich von der typischen glatten Faser nur durch ihre grössere Länge und bei höher entwickelten Larven durch eine gewisse Dicke. Sie nimmt dadurch eine Mittelstellung ein zwischen der typischen glatten bandförmigen und der quergestreiften cylindrischen Muskelfaser. Schon in diesem Dicker- und Längerwerden der Faser zeigt sich von einem Individuum zum andern eine fortschreitende Entwicklung. Durch die Metamorphose nun wird auch der Augenmuskel um ein bedeutendes Stück in seiner Ausbildung weitergeführt, doch lange nicht so weit, dass damit schon Alles Embryonale abgestreift würde. Letzteres bleibt vielmehr im Augenmuskel erhalten in Gestalt der häufigen glatten, sowie der nur stückweise quergestreiften Fasern. Der Augenmuskel des geschlechtsreifen *Petromyzon* zeigt also das Bild eines Organs, dessen einzelne Bestandtheile auf verschiedenen Stufen der Entwicklung stehen geblieben sind.

Ich habe im Vorstehenden zwei Beantwortungen derselben Frage neben einander gestellt, von denen jede eine gewisse Wahrscheinlichkeit für sich hat. Mich für die eine, oder die andere Ansicht zu entscheiden, ist mir vorläufig nicht möglich, da ich bisher leider kein in der Metamorphose begriffenes Exemplar von *Petromyzon* habe erhalten können, und ohne ein solches lässt sich natürlich gerade in der vorliegenden Frage nichts Sicheres feststellen.

Sclero-Chorioidea und Cornea.

Es wurde vielfach behauptet, dass bei den Neumaugen eine wirkliche Sclera nicht existire: das Auge sei nur von einer lockeren Bindegewebsmasse umhüllt, und die Augenmuskeln inseriren an der Chorioidea. Meine Untersuchungen haben in diesem Punkte folgendes Resultat ergeben:

1. *Ammocoetes*, Thierlänge 6,2 cm.

Die Chorioidea ist von der Sclera nicht zu trennen. Sie bildet vielmehr mit dieser zusammen um das Auge eine einzige feste Bindegewebskapsel, in welcher spärliche Blutgefässe nachweisbar sind. Dieses sclero-chorioideale Bindegewebe ist aber scharf abgesetzt gegen das übrige lose Bindegewebe, in welches der Bulbus eingebettet ist, und von dem es sich stets, besonders durch seine Anordnung in ziemlich dichten Parallelfaserzügen aufs deutlichste unterscheidet. Die Kerne, die sich auf dieser Entwicklungsstufe in der Sclero-Chorioidea reichlich finden, legen sich stets den Faserzügen folgend, mit ihrer langen Axe parallel zur Bulbusoberfläche, während die des gewöhnlichen Bulbus-umhüllenden Bindegewebes demselben regellos eingelagert erscheinen. An die äusserste Schicht dieser Sclero-Chorioidea setzen sich die Augenmuskeln an.

Aus dem bisher Gesagten folgt freilich nur, dass im Umkreis des Auges eine ziemlich starke Gewebsschicht existirt, die sich gegen das umhüllende lose Bindegewebe abgesetzt hat. Man könnte also mit W. Müller u. A. immer noch annehmen, dass nun eben diese ganze Schicht als Chorioidea aufzufassen sei. Dagegen und für das Vorhandensein einer Sclera schon in diesem Stadium spricht Folgendes:

Es gilt schon seit Langem als festgestellt, dass die Duralscheide des N. opticus in unmittelbarem Zusammenhang mit der Sclera steht (so Jäger, Schwalbe, Leuckart u. A.). Im vorliegenden Fall geht nun die Dura des Sehnervs, die aus mehreren Faserzügen besteht, in die äusseren Schichten jenes sclero-chorioidealen Bindegewebes über, und es müssen diese also eine, wenn auch noch wenig entwickelte Sclera darstellen.

Ueber den feinen Aufbau der Sclero-Chorioidea ist wenig zu sagen. Die Faserzüge sind in den äusseren Theilen straffer angeordnet, mit kleinen schmalen Kernen, in den inneren Partien etwas lockerer, welliger, mit mehr ovalen Kernen versehen. Pigment findet sich am Innenrande in ziemlicher Menge in der dorsalen wie in der ventralen Hälfte; etwas spärlicher vertreten findet es sich an der distalen Grenze des äusseren Drittels der Schicht; ob man es hier mit einer Lamina fusca zu thun hat, lässt sich nicht entscheiden.

Zwischen Chorioidea und Pigmentepithel existirt nun noch eine weitere Gewebsschicht. Dieselbe ist bindegewebigen, also mesodermalen Ursprungs und setzt sich im vorliegenden Stadium deutlich aus mehreren Faserzügen zusammen, die häufig kleine Kerne führen. Ich möchte diese Schicht, mit Rücksicht auf ihre Lage und spätere Beschaffenheit, als „Zwischenmembran“ (ZM Fig. 1, 2, 23—25 etc.) bezeichnen und glaube, dass sie mit den zuweilen als Basalmembran der Chorioidea, oder auch als Lamina vitrea bezeichneten Gebilden identisch ist. Von Gefässen findet sich in ihr niemals eine Spur und darf sie deshalb nicht mit einer Membrana Ruyschiana, oder choriocapillaris verwechselt werden. Sie geht an der Stelle, wo das Pigmentepithel in die Retina sich umschlägt, in die Membrana limitans interna über und tritt später in Beziehungen zu den Müller'schen Fasern und der Piالسcheide des Nervus opticus. (Näheres hierüber cfr. in den betreffenden Abschnitten.)

Die Sclero-Chorioidea spaltet sich in der Gegend der Umbiegungsstelle von Pigmentepithel zu Retina — also am Rande des Augenbechers — in drei Blätter Fig. 15, 20. Das innerste derselben bekleidet die Zwischenmembran noch eine kurze Strecke weit von Aussen, verschwindet aber bald gänzlich; es stellt den chorioidealen Theil der späteren Iris dar. Die beiden äusseren Blätter ziehen vor der Linse hin, und zwar repräsentirt das mittlere derselben, augenscheinlich dem chorioidealen Theil der Gesamtschicht entstammend, die Anlage einer Membrana Descemetii, während sich das äussere, eine Fortsetzung der äusseren Lagen der Sclero-Chorioidea, als Cornea darstellt. Dieselbe lässt sich aber hier von dem ihr gegen Aussen aufliegenden Bindegewebe, das in unmittelbarem Zusammenhang mit den bulbus-umhüllenden lockeren Bindegewebsmassen steht, nicht scharf trennen. Die Faserzüge der letzteren haben vor der Cornea eine ziemlich straffe Anordnung erhalten, und auch ihre Kerne sind den länglich-ovalen der Cornea sehr ähnlich geworden. Scharf abgesetzt gegen die Hornhaut erscheint dagegen die Membrana Descemetii, die aus 2—3 Lagen zwar sehr langgestreckter, aber als solche doch deutlich erkennbarer Zellen mit entsprechenden Kernen sich aufbaut.

2) *Ammocoetes*, Thierlänge 12.5 cm (Fig. 9, 16).

Die Sclero-Chorioidea hat sich gegen das lockere Bindegewebe noch schärfer abgesetzt. Eine Trennung der Schicht in die beiden Häute lässt sich immer noch nicht durchführen, doch zeichnet sich die äussere Partie durch straffere Anordnung und kleinere, gestrecktere Kerne aus, die innere durch mehr welligen Faserverlauf, reichlichere Pigmentirung und häufiger anzutreffende Gefässe.

Die Cornea wird gebildet durch wellig angeordnete Faserzüge mit zahlreichen langgestreckten Kernen, die zuweilen dem Faserverlauf entsprechend gekrümmt sind. Sie hat keine scharfe Grenze gegen das subcutane Bindegewebe hin, das sich deutlich als Fortsetzung des Bulbus-umhüllenden darstellt, von diesem aber durch regelmässiger Lagerung seiner Elemente sich unterscheidet. Die Membrana Descemetii, d. h. die eine der beiden Verzweigungen des inneren Theiles der Sclero-Chorioidea zeigt an der Trennungsstelle eine Verdickung, und hat man es hierbei wohl mit der ersten Anlage eines Ligamentum pectinatum zu thun. Die Zellen, welche die Membrana Descemetii zusammensetzen, sind noch mehr in die Länge gewachsen und bilden höchstens noch eine doppelte Lage. An dem verdickten Rande der Membrana Descemetii sind ihre Zellen und damit auch deren Kerne etwas rundlicher geblieben.

3) *Ammocoetes*, Thierlänge 17 cm (Fig. 10, 17).

Auch hier lässt sich die gegen das bulbus-umhüllende Bindegewebe nimmehr noch schärfer abgesetzte Sclero-Chorioidea noch nicht in ihre beiden Bestandtheile zerlegen. Im inneren Theil hat der Gefässreichtum und die Pigmentirung zugenommen, der äussere zeigt gegenüber dem vorigen Stadium keine Veränderung. Die Gesamtschicht ist stärker geworden. Die Cornea hat an Stärke verloren und besteht nur noch aus wenigen sehr enge an einander gelagerten und gestreckten Faserzügen, die beinahe ausschliesslich in der Gegend des Uebergangs in die Sclera noch deutliche Kerne besitzen. Eine scharfe Grenze gegen das subcutane Bindegewebe hin existirt auch jetzt noch nicht.

Auch die Membrana Descemetii ist dünner geworden und zeigt von ihrem ursprünglichen zelligen Bau nur noch an ihrem Rande schwache Spuren. Ihre centralen Theile setzen sich aus straffen Fasern zusammen, die nur noch sehr wenige lange und dünne Kerne besitzen. Sie hat sich der Form einer wirklichen Membran bereits sehr genähert. Die Verdickung der Membrana Descemetii, sowie der Chorioidea an der Verbindungsstelle beider ist deutlich, ohne jedoch der Gestalt eines Ligamentum pectinatum näher gekommen zu sein.

4) *Ammocoetes*, Thierlänge 20 cm (Fig. 11, 18).

Es zeigt sich jetzt eine gewisse Trennung von Sclera und Chorioidea. Die erstere ist leicht wellig angeordnet, aber aus feinen, sehr enge gelagerten Fasern gebildet; die Chorioidea ist jetzt sehr locker geworden und führt zwischen ihren Wellenzügen zahlreiche Gefässe. Auch die Pigmentirung ist in der Chorioidea viel bedeutender, fehlt aber auch der Sclera nicht.

Die Zwischenmembran ist nimmehr zur vollkommenen Membran geworden, auf deren bindegewebige Abstammung nur noch die ihr angelagerten zahlreichen Kerne schliessen lassen.

Die Cornea ist wieder etwas schwächer und in der gegenseitigen Lagerung ihrer Elemente etwas dichter und fester geworden. Die wenigen Kerne, die sich noch finden, sind ungemein gestreckt und sehr blass.

Auch die Membrana Descemetii hat an Stärke verloren und sich der typischen Membran noch mehr genähert. Die Verdickung ihres Randes hat keinen Fortschritt gemacht.

5. Das geschlechtsreife *Petromyzon*, Thierlänge 16 cm (Fig. 12, 19, 21).

Sclera und Chorioidea sind gewaltig gewachsen und jetzt deutlich gegen einander abgesetzt. Die Chorioidea führt reichliche grosse Gefässe und ist überaus stark pigmentirt: pigmentfreie Stellen besitzt sie nur noch an ihrer äusseren und inneren Begrenzung.

Die Sclera, jetzt mit deutlicher Lamina fusca, ist auch an ihrem äusseren Rande pigmentirt.

Die Cornea setzt sich nunmehr gegen das ihr anliegende sonstige Bindegewebe scharf ab. Ihre Aussen- und Innenfläche wird durch eine deutliche, auf Schnitten als feine Linie sich darstellende Membran abgeschlossen, die als Membrana elastica anterior resp. posterior zu erklären ist.

Die Cornea ist sehr stark geworden und baut sich aus sehr feinen und gestreckten, äusserst enge gelagerten Fibrillen auf. Im proximalen Drittel der Cornea finden sich noch spärliche ovale Kerne, die aber schon in den mittleren Partien ungemein selten werden und im distalen Drittel ganz fehlen.

Die zur wirklichen Membran gewordene Membrana Descemetii behält ihren Zusammenhang mit der Chorioidea, ist jedoch hinsichtlich ihrer Structur nunmehr auch in ihren Randpartien von derselben vollständig verschieden. Einige Gewebszüge, die in dem durch Chorioidea resp. Iris und Membrana Descemetii gebildeten Winkel eine weitere Verbindung zwischen beiden herstellen, mag man als Andeutung eines Ligamentum pectinatum auffassen. Das bulbus-umhüllende Bindegewebe umgibt das Auge nur noch in seinen beiden hinteren Dritttheilen: etwa auf der Höhe des Linsenäquators verschwindet es gänzlich.

Der Zwischenmembran sind nur noch spärlich Kerne angelagert. Den Zusammenhang zwischen dieser Membran und der Limitans interna, der bei *Ammonoetes* immer deutlich ist, habe ich für *Petromyzon* nur in einem einzigen Falle unzweifelhaft feststellen können. Ob derselbe bei den anderen von mir untersuchten Neumaugen überhaupt verloren gegangen war, oder ob die beiden Membranen am Irisrande nur durch das dort so reichliche Pigment verdeckt waren, muss ich dahingestellt sein lassen; ich glaube übrigens dieser Frage keine grosse Wichtigkeit beilegen zu müssen.

Aus der Betrachtung der einzelnen Entwicklungsstufen ergibt sich nun:

Der Bulbus ist in früher Zeit von einer Masse gleichartigen Bindegewebes umhüllt. Aus diesem heraus differenzirt sich schon auf verhältnissmässig tiefer Entwicklungsstufe eine das Auge direkt umgebende Schicht, eine Sclero-Chorioidea, die sich gegen das Bindegewebe, aus dem sie hervorgegangen, immer schärfer absetzt, aber erst in sehr später Zeit eine Unterscheidung zwischen Sclera und Chorioidea zulässt. Am Rande des Augenbeckers spaltet sich die Sclero-Chorioidea in drei Theile, von denen der äussere zur Cornea wird, während aus dem mittleren die Membrana Descemetii, aus dem inneren der chorioideale Theil der Iris hervorgeht.

Auch Langerhans¹ erklärt die Membrana Descemetii für eine direkte Fortsetzung der Chorioidea, versteht unter der Membrana Descemetii aber augenscheinlich ein Gebilde, das meines Erachtens anders gedeutet werden muss. Bilder, wie die von Langerhans gegebene Figur eines *Ammocoetes*-Auges veranschaulicht, haben sich bei meinen Präparaten zuweilen auch ergeben, doch liess es sich dann immer nachweisen, dass die vor der Linse gelegene starke Gewebsschicht, die Langerhans (und nach ihm Wiedersheim) für die Membrana Descemetii erklärt, vielmehr als eine Cornea mit anliegendem subcutanem Bindegewebe aufzufassen ist. Die Membrana Descemetii zieht sich in Wirklichkeit als feiner Bindegewebszug zwischen dem fraglichen Gebilde und der Linse hin. Ich habe dies Trugbild einer ungeheuer starken Descemeti'schen Membran indessen immer nur bei den jüngsten der von mir untersuchten *Ammocoetes* angetroffen. Bei Augen, die, wenn ich z. B. den Ausbildungsgrad der Linse als Maassstab nehme, schon so hoch entwickelt waren, wie das von Langerhans abgebildete (und von Wiedersheim reproducirte), zeigte sich niemals eine Spur jener Erscheinung. Es lässt sich dieser Umstand ja auch mit dem Auftreten einer ausgesprochenen Cornea und dem Schwinden des subcutanen Bindegewebes genügend erklären.

Im Verlauf der Larvenentwicklung bekommt das vor der Cornea gelegene subcutane Bindegewebe, das nichts anderes ist, als die vordere Partie des bulbus-umhüllenden, immer mehr eine derjenigen der Cornea ähnliche Schichtung, und es ist deshalb nicht möglich, eine scharfe Grenze zwischen beiden aufzustellen. Eine bestimmte Umgrenzung der Hornhaut kommt erst durch die Metamorphose zu Stande, und zwar hauptsächlich durch Verschwinden des subcutanen Bindegewebes einerseits und die Ausbildung der beiden sogenannten elastischen Membranen andererseits. Die Cornea, die im Verlauf der *Ammocoetes*-Entwicklung an Stärke immer mehr eingebüsst hat, gewinnt durch die Metamorphose wieder eine bedeutende Mächtigkeit. Die Membrana Descemetii verliert ihren ursprünglichen zelligen Bau mehr und mehr und wird schliesslich zur typischen Membran. Dasselbe gilt von der Zwischenmembran. Beide Häute verlieren im Verlaufe der Entwicklung stetig an Stärke.

Iris und Ciliarkörper.

Von einer eigentlichen Iris kann für *Ammocoetes* auf keiner Entwicklungsstufe gesprochen werden; es handelt sich dabei stets einfach um den Rand des Augenbeckers, dessen beide Wände immer noch einen verhältnissmässig bedeutenden Zwischenraum, den Rest der primären Augenhöhle, zwischen sich lassen. Die Chorioidea bekleidet auf späteren Stadien die Aussenfläche der äusseren Wand, d. h. des Pigmentepithels bis zur Umbiegungsstelle hin, und es ist dadurch möglich gemacht, eine Pars retinalis Iridis von dem chorioidealen, d. h. dem durch Pigmentepithel und Chorioidea zusammen gebildeten Theile der Irisanlage zu unterscheiden.

Ein Ciliarkörper fehlt bei *Ammocoetes* ebenfalls. Die Metamorphose (Fig. 21) bringt auch für diese Verhältnisse einen bedeutenden Fortschritt. Jetzt existirt eine wirkliche Iris, und zwar hat sich

¹ Langerhans. Untersuchungen über *Petromyzon Planeri*. Freiburg 1873.

dieselbe lediglich dadurch gebildet, dass die Ränder der secundären Augenblase sich, gegen die Vorderfläche der Linse hinstrebend, stark in die Länge gezogen haben. Die Ränder des Augenbechers, also einerseits Chorioidea nebst Pigmentepithel und andererseits die Pars iridis Retinae, haben sich auf einander gelegt, verschmelzen jedoch niemals vollkommen mit einander (so W. Müller). Es lässt sich vielmehr zwischen denselben, besonders in dem weniger stark pigmentirten ventralen Theil, stets noch ein feiner Spalt, der letzte Rest der Höhle der primären Augenblase, nachweisen. Dorsal wie ventral hat sich das Pigment des Pigmentblattes, um die Umbiegungsstelle gleichsam herumwandernd, eine kurze Strecke weit auch auf die Zellen der Pars retinalis Iridis ausgedehnt.

Auch zur Bildung eines allerdings wenig entwickelten Ciliarkörpers ist es gekommen in Gestalt einer Verdickung des Pigmentepithels, an die sich die Retina mit den für eine Pars ciliaris Retinae charakteristischen in die Länge gezogenen Zellen anlegt. Blutgefässe konnte ich in dieser Ciliarkörperanlage niemals nachweisen. Sie ist ventral immer stärker entwickelt als dorsal und tritt niemals, weder direkt noch durch einen besonderen Aufhänge- und Adaptionsapparat in Beziehungen zur Linsenkapsel, hält sich vielmehr stets in ziemlicher Entfernung von letzterer. Der Ciliarkörper wird von der Limitans interna überkleidet. An diese setzt sich die nunmehr ebenfalls zur deutlichen Membran gewordene Membrana hyaloidea an, die als vordere Grenze des Glaskörpers die hintere und die seitliche Fläche der Linse umgibt. Es entsteht so zwischen Ciliarkörper und Hyaloidea einer- und der hinteren Fläche der Iris andererseits ein Hohlraum, der die Linse ringförmig umzieht und eine sehr grosse sog. hintere Augenkammer darstellt.

Linse und Glaskörper.

1) *Ammocoetes*, Thierlänge 6,2 cm (Fig. 15).

Maasse: Linsenhöhe	0,14 mm
Linsentiefe	0,095 -
Dicke des Linsenepithels am distalen Linsenpol	0,025 -
Hintere Linsenwand, d. h. ihre Stärke am proximalen Pol.	0,05 -
Linsenöhle, in der Augenaxe gemessen	0,017 -

Die Linse ist noch hohl. Ihre vordere Wandung besteht aus 1—2 Lagen länglicher Zellen mit ebensolchen Kernen. Im Hintergrund der Linse, und zwar vom Mittelpunkt der proximalen Wand ausgehend, hat die Bildung der Linsenfasern in der Art ihren Anfang genommen, dass die Zellen dieser Partie sich gegen die Höhle hin bedeutend in die Länge zu ziehen beginnen. Die Kerne dieser faserartig auswachsenden Zellen finden sich bald in der Mitte, bald sind sie gegen ein Ende hin gerückt. Infolge dessen erscheinen die Kerne in dem in Auswachsung begriffenen Komplex ziemlich gleichmässig vertheilt: von einer besonderen Kernzone ist also keine Rede.

Die Linsenkapsel ist bereits vollständig ausgebildet und umgibt die Linse in ihrem ganzen Umfang.

Der Glaskörper zeigt noch ein sehr embryonales Verhalten. In der Nähe der grossen fötalen Augenspalte ist es noch gar nicht zur Ausbildung einer Glaskörpermasse gekommen, das eingewanderte Gewebe zeigt vielmehr noch seinen unveränderten ursprünglichen Charakter: Faserzüge und lockeres Gewebe mit reichlichen kleinen Kernen. In dieser Masse lassen sich einzelne hellere, schärfer contourirte Fasern unterscheiden, die, von der Gegend des durch Abzweigung der Membrana Descemetii aus der Chorioidea entstandenen Winkels ausgehend, sich mit der Linsenkapsel verbinden. Ventral, d. h. in der fötalen Augenspalte, sind diese Fasern ziemlich reichlich. Sie lassen sich jedoch auch, allerdings viel seltener, dorsal nachweisen und dürften hier wie dort wohl einen Aufhängeapparat für die Linse darstellen.

Im Innern des Augenbeckers verlieren die eingewanderten Massen, je weiter gegen den Augenhintergrund zu, desto mehr ihren bindegewebigen Charakter. Die Kerne treten mehr und mehr zurück, und es entsteht durch Verschwinden der Zellgrenzen das zusammenhängende Protoplasmagerinnsel der Glaskörpersubstanz, das seine bindegewebige Herkunft allerdings immer noch durch faserartige Anordnung, oder einzelne noch nicht umgebildete Faserzüge verräth. Besonders zeigt sich dies in den peripheren Partien des Glaskörpers gegen die Membranen hin. Die eine derselben, die Membrana hyaloidea, hat sich von dem Glaskörpergefüge überhaupt noch nicht scharf abgesetzt, die andere, die Membrana limitans interna, die Glaskörper und Retina trennt, ist in den distalen Partien des Augenbeckers schon zur ganz selbständigen Membran geworden, im Augenhintergrund jedoch hat sie den Zusammenhang mit den Elementen des Glaskörpers noch vielfach bewahrt.

Die Bindegewebsmassen, auf die alle die beschriebenen Gebilde zurückzuführen sind, umgeben die Linse jedoch nicht nur von hinten und den Seiten, sondern breiten sich auch vor derselben aus. Hier entsteht aus ihnen eine besondere Membran, die freilich nur während eines kurzen Zeitraumes im Larvenleben sich findet und der Membrana pupillaris der höheren Wirbelthiere an die Seite zu stellen ist. Beim vorliegenden Stadium hat sie sich bereits deutlich abgesetzt (*EM*), wird jedoch noch von Bindegewebszügen umgeben.

2) *Ammocoetes*, Thierlänge 12,5 cm (Fig. 12).

Maasse: Linsenhöhe	0,1948 mm
Linsentiefe	0,1824 -
Dicke des Linsenepithels am distalen Linsenpol.	0,0091 -
Stärke der hinteren Wand, d. h. Tiefe des Linsenkörpers.	0,1629 -
Linsenhöhle, in der Augenaxe gemessen	0,0104 -

Die Gestalt der Linse hat sich der Kugel etwas genähert, doch ist der Krümmungsradius der distalen Fläche immer noch grösser, als derjenige der proximalen. Die Linsenhöhle ist bis auf eine schmale Spalte, die in ihrem hinteren Theil etwa das Doppelte ihrer sonstigen Stärke erreicht, geschwunden. Das Linsenepithel ist einschichtig geworden. Die Stelle, wo die faserartig gewordenen Zellen der Linse in die noch unveränderten des Linsenepithels übergehen, liegt weit hinten, etwa an der distalen Grenze des hintersten Viertels der Gesamtlinse. Die Kerne der Linsenfaser haben sich

jetzt in bestimmter Weise angeordnet. Sie liegen im vorderen Theil der Faserzellen und bilden eine Kernzone, die freilich nicht streng durchgeführt ist. Es finden sich vielmehr sowohl vor, als hinter derselben ziemlich zahlreiche Kerne.

Die Linsenkerne sind stets länglich-oval.

Die Zellen des Linsenepithels sind sehr klein, cubisch, mit kleinen Kernen versehen. Je mehr sie sich der Auswuchsungsstelle nähern, desto gestreckter werden sie. Auch im Allgemeinen nehmen sie hier an Grösse zu und erhalten nach der cubischen zunächst eine cylindrische, dann spindelförmige Gestalt, von der aus sie in die Faserform übergehen. Im Zusammenhang mit dieser Umbildung strecken sich auch die Kerne und gewinnen allmählich auch ein etwas grösseres Volumen.

In der fötalen Augenspalte, die etwas enger geworden, findet sich ebenfalls noch reichliches Bindegewebe mit häufigen Kernen, wenn auch gegenüber dem vorigen Stadium ein bedeutender Rückschritt, besonders in Bezug auf die Faserzüge, zu constatiren ist. Das Bindegewebe umgibt die Linse nur noch seitlich und zieht sich nicht mehr über die Vorderfläche derselben hin. Von der embryonalen Membrana pupillaris finden sich noch deutliche Spuren. Zur Befestigung der Linse dient ein System von Aufhängebändern, die aus den Bindegewebsmassen der fötalen Augenspalte einerseits, aus denjenigen des dorsalen Iris-Cornea-Winkels andererseits ihren Ursprung nehmen und an der Linsenkapsel inseriren. Die Bänder treten an ihrem anderen Ende in Verbindung mit dem Bindegewebe der Chorioidea, und zwar kurz vor der Umbiegungsstelle. Sie sind weniger zahlreich, als auf der vorigen Stufe.

In seinem mittleren und hinteren Theile besteht der Glaskörper aus Protoplasmagerinnsel ohne jede Spur von Kernen oder Faserzügen. Nur eine gewisse streifige Anordnung des Protoplasma lässt noch auf seinen bindegewebigen Ursprung schliessen.

Die Membrana limitans interna ist vollständig entwickelt und gegen den Glaskörper abgesetzt. Von der Membrana hyaloidea zeigen sich erst schwache Spuren in Gestalt eines den Glaskörper gegen die Linse hin begrenzenden Randes. Eine wirkliche Membran hat sich noch nicht gebildet.

3) *Amocoetes*, Thierlänge 17 cm (Fig. 17).

Maasse: Linsenhöhe	0,3115 mm
Linsentiefe	0,2846 -
Dicke des Linsenepithels am distalen Linsenpol	0,0039 -
Linsenhöhle, in der Augenaxe gemessen	0,0045 -

Die Linse ist bedeutend gewachsen, ohne jedoch nach der Kugelgestalt hin weitere Fortschritte gemacht zu haben; die Krümmungsverhältnisse sind vielmehr im Wesentlichen dieselben geblieben. Die Faserbildung ist stark fortgeschritten und der Fasercomplex erfüllt infolgedessen jetzt fast die ganze Linsenblase, so dass von der Linsenhöhle nur noch ein schwacher Rest, in Gestalt einer schmalen Spalte übrig geblieben ist. Das Linsenepithel ist sehr dünn geworden und besteht aus einer einzigen Schicht sehr kleiner ziemlich flacher Zellen mit entsprechenden Kernen. Nur in unmittelbarer Nähe der Zone des Linsenepithels, in welcher noch eine Auswachsung seiner Zellen zu Fasern stattfindet, werden die Kerne etwas grösser und gestreckter. Die Linsenfasern zeigen nur langgestreckte und blasse Kerne; mehr nach innen verschwinden die letzteren bald gänzlich.

Die fötale Augenspalte hat sich bis auf einen kaum wahrnehmbaren kleinen Spaltraum geschlossen. Nur in dem durch Membrana Descemetii und Chorioidea (Cornea-Iris) gebildeten Winkel finden sich noch ganz schwache Reste von Bindegewebe in Form eines streifig angeordneten Gerinnsels. Von der embryonalen Pupillarmembran ist jede Spur verschwunden. Der Aufhängeapparat der Linse ist nunmehr ganz frei von dem Bindegewebe, aus dem er hervorgegangen; er zieht sich in Gestalt ganz weniger feiner Bänder von der Chorioidea, nahe der Umbiegungsstelle, bis zur Linsenkapsel, an welche er sich, fast nur in der distal vom Linsenäquator gelegenen Partie ansetzt. Dies Verhalten ist dorsal wie ventral dasselbe.

In Bezug auf die *Limitans interna* hat sich nichts geändert. Die Grenze des Glaskörpers gegen die Linse hin ist schärfer geworden, doch ist es noch immer nicht zur Bildung einer wirklichen *Membrana hyaloidea* gekommen. In den vorderen Parteeen des Glaskörpers, d. h. in seinem der Linse, resp. dem vordersten Theil der Retina genäherten Abschnitte, zeigt sich eine unregelmässig streifige Anordnung des Protoplasma, doch lassen sich weder Bindegewebszüge, noch Spuren von Kernen mehr nachweisen. Im centralen und hinteren Theil des Vitreum fehlt auch die Streifung.

4) *Ammocoetes*, Thierlänge 20 cm (Fig. 15).

Maasse: Linsenhöhe	0,478 mm
Linsentiefe	0,431 -
Dicke des Linsenepithels am distalen Linsenpol	0,002 -
Linsenhöhle, in der Augenaxe gemessen	0,004 -

Schon in dem vorigen Stadium hat sich ein beschleunigtes Wachstum der der Peripherie näher gelegenen Linsenfaseru gegenüber den mehr central gelagerten geltend gemacht. Jetzt ist diese Erscheinung noch auffallender geworden, und es zeigt sich nunmehr ganz deutlich eine Umwachsung der älteren Fasern durch die jüngeren, die sich schalenartig um die ersten herumlagern. Sämmtliche Fasern sind viel feiner geworden; ihre Kerne haben sich noch mehr gestreckt und sind ebenfalls nur noch in den dem Umwandlungsrayon zunächst gelegenen Fasern erkennbar; auch hier sind sie noch seltener geworden, als früher. Die Zellen des Linsenepithels sind abermals um ein Bedeutendes niedriger geworden, und auch ihre Kerne haben an Durchmesser verloren.

Die fötale Augspalte erscheint jetzt völlig geschlossen. Im ganzen Glaskörper ist nirgends mehr eine Spur von Bindegewebe anzutreffen; derselbe besteht vielmehr durchweg aus gleichmässigem Protoplasma gerinnsel ohne Faseranordnung oder Kernreste. Ebensov wenig findet sich eine Spur von Gefässen, die ich überhaupt im Glaskörper von *Ammocoetes* und *Petromyzon* niemals angetroffen habe. (So auch W. Müller.)

Die *Membrana hyaloidea* tritt auch jetzt noch immer nur als scharf begrenzter Rand auf. Der Aufhängeapparat für die Linse hat sich sehr zurückgebildet und besteht aus vereinzelt schwachen Fasern, die von der Chorioidea nach dem vorderen Theile der Linsenkapsel hinziehen.

5) Das geschlechtsreife *Petromyzon*, Thierlänge 16 cm (Fig. 19).

Maasse: Linsenhöhe	1,1238 mm
Linsentiefe	1,1031 -
Dicke des Linsenepithels am distalen Linsenpol.	0,0051 -
Linsenhöhle, in der Augenaxe gemessen	0,0143 -

Die Anordnung der Linsenfaseru hat sich vollständig geändert infolge der immer mehr gesteigerten Umwachsung der älteren Fasern durch die jüngeren. Die Linsenhöhle ist in Gestalt einer schmalen Spalte noch nachweisbar: sie verschwindet niemals gänzlich (wie dies W. Müller anzunehmen scheint).

Die Linsenfaseru sind je nach ihrer mehr centralen oder peripheren Lage von sehr ungleicher Stärke (hier dicker, dort feiner). Eine zarte Riffelung konnte ich bei einzelnen Linsenfaseru constatiren, doch wage ich nicht zu entscheiden, ob eine solche wirklich vorhanden ist, oder ob die von mir gesehenen Bilder auf die Einwirkung von Reagentien zurückgeführt werden müssen.

Das Linsenepithel ist, absolut genommen, stärker geworden, zeigt jedoch im Verhältniss zur Grössenzunahme der ganzen Linse eine weitere starke Reduction seiner Dicke.

Der Glaskörper besteht durchweg aus dem typischen Gerinnsel; von den durch W. Müller beschriebenen fein verästelten Fibrillen konnte ich beim geschlechtsreifen Thiere niemals eine Spur auffinden.

Die Membrana hyaloidea ist jetzt wohl entwickelt; der Aufhängeapparat der Linse ist verschwunden.

Die Zusammenfassung des in den einzelnen Stadien Gefundenen ergibt nun:

Die Linse besitzt zunächst noch eine grosse Höhle. Ihre distale Wand erscheint mehrschichtig, doch halte ich die Möglichkeit nicht für ausgeschlossen, dass das Bild bei meinen Präparaten, das mich zu obiger Annahme bestimmte, auf die Schnittrichtung bei Anfertigung der Serie zurückzuführen wäre. Es würde sich dann auch in diesem Stadium, wie in allen folgenden, um ein einschichtiges Linsenepithel handeln. Da mir von dieser Entwicklungsstufe leider nur ein einziges Exemplar zur Verfügung stand, konnte ich eine Gewissheit in vorliegender Frage leider nicht erlangen.

Die Faserbildung wird eingeleitet durch Auswachsen der Zellen des proximalen Pols und es setzt sich diese Umbildung rasch auf die dem Aequator näher gelegenen Zellen fort. Dadurch, dass dann die letzteren ein beschleunigteres Wachsthum erlangen, kommt die für die Wirbelthiere überhaupt typische Umwachsung der vom proximalen nach dem distalen Pole hinstrebenden älteren Fasern durch die jüngeren und damit überhaupt der bekannte schalenartige Aufbau der Linse zu Stande. Die Linsenhöhle wird, im Verhältniss zur Grösse der Linse selbst, immer kleiner, verschwindet jedoch niemals gänzlich. Die Kerne der Linsenfaseru zeigen zunächst keine bestimmte Anordnung: sie gruppiren sich aber bald zu einer im vorderen Linsendrittel gelegenen, übrigens keineswegs streng durchgeführten Kernzone. Im weiteren Laufe der Entwicklung schwinden die Kerne mehr und mehr, bis sie schliesslich nur noch im Linsenepithel und in allernächster Nähe der Auswachsungsstelle desselben nachweisbar sind. Das Linsenepithel nimmt, im Verhältniss zur Grössenzunahme der Linse selbst betrachtet, bei *Ammocoetes* an Stärke rasch ab, gewinnt jedoch beim erwachsenen *Petromyzon* wieder etwas an Dicke.

Das Verhältniss der Tiefe der Linse zur Dicke des Linsenepithels am distalen Pol stellt sich folgendermassen:

<i>Ammocoetes</i> ,	Thierlänge	12,5 cm	:	20,2	:	1
-	-	17 cm	:	73	:	1
-	-	20 cm	:	215,5	:	1
<i>Petromyzon</i> ,	-	17 cm	:	136,1	:	1

Die Linsenkapsel ist beim jüngsten meiner Objecte bereits fertig. Sie nimmt an Stärke ab, wie anzunehmen, infolge ihrer durch das Wachsthum der Linse bedingten Flächenzunahme.

Der Glaskörper entsteht aus einem durch die Augenspalte einwandernden Bindegewebsstrang, der seine faserige Struktur allmählich verliert und beim erwachsenen *Petromyzon* ganz zu dem für die Glaskörpersubstanz typischen Protoplasmagerinnsel geworden ist, ohne mehr eine Spur seiner bindegewebigen Abstammung zu zeigen. Die Umwandlung beginnt in den centralen Partien und setzt sich von da nach der Peripherie fort. Solange eine fötale Augenspalte existirt, ist in ihr das Bindegewebe, wenigstens zum Theil, noch unverwandelt geblieben; erst nach Schluss der Spalte kommt es auch in diesem Theile des Augenbeckers zur Ausbildung der definitiven Glaskörpermasse.

Der Glaskörper umhüllt sich durch Umbildung peripher liegender Bindegewebsfasern mit einer Membran, deren proximaler Abschnitt, die Limitans interna, schon auf ziemlich niedriger Stufe ihre definitive Gestalt erlangt, während der distale, den Glaskörper gegen die Linse hin abschliessende Theil, erst sehr spät, in der Hauptsache erst durch die Metamorphose, zur wirklichen Membrana hyaloidea wird.

Eine dritte von jenem einwandernden Bindegewebe herrührende Haut, die den Augenbecher gegen Aussen verschliessende Membrana pupillaris, verschwindet schon früh wieder. Sie hat während der kurzen Zeit ihres Bestehens augenscheinlich die Bestimmung, die Linse in ihrer Lage festzuhalten. Später wird sie in Erfüllung dieser Aufgabe abgelöst durch ein besonderes System von Aufhängebändern, die aber auch nur solange erhalten bleiben, bis ihre Dienste durch die inzwischen vollendete Ausbildung der Iris und des Glaskörpers, besonders der den letzteren abgrenzenden festen Membrana hyaloidea, entbehrlich gemacht werden. Sie verschwinden alsdann rasch gänzlich.

Dass auch die Müller'schen Fasern und durch sie wieder, wenigstens zum Theil, einige Schichten der Netzhaut ihre Entstehung derselben Bindegewebsmasse verdanken, wie der Glaskörper, soll im Zusammenhang mit der Beschreibung der Retina gezeigt werden.

Die Retina.

Die Netzhaut nimmt mit fortschreitender Entwicklung des Thieres an Dicke zu. Ihre grösste Stärke hat sie stets im Augenhintergrund, in der Gegend des Opticusantritts. Sie nimmt gegen die Iris, resp. die Uebergangsstelle der beiden Blätter der secundären Augenblase in einander, an Mächtigkeit ab, rascher beim jungen, langsamer beim älteren Thiere, eben immer entsprechend der Grösse des Auges im Allgemeinen.

Auffallend ist, dass auf den ersten Blick bei *Ammocoetes* nur ein ganz kleiner, dem proximalen Pol des Auges zugekehrter Theil der Retina (A) (Fig. 3—6 A, B) mit Sehzellen besetzt erscheint, während die übrigen an diesen Bezirk sich anschliessenden Theile der Netzhaut (B) derselben entbehren. Bei genauerer Untersuchung zeigt sich indess, dass immer die gesammte Retina Sehzellen besitzt, je nach dem Alter der Larve bald mehr, bald weniger weit ausgebildet; die in jenem Bezirk auftretenden sind nur stets viel weiter in der Entwicklung fortgeschritten und mit ihnen auch die entsprechenden Theile der übrigen Netzhaut. Man hat also in der Retina des *Ammocoetes* stets zwei unmittelbar an einander grenzende Partien zu unterscheiden, und ich werde dieselben in der folgenden Beschreibung in der Art aus einander halten, dass ich mit „Retina A“ den dem weiter entwickelten Sehzellenbezirk entsprechenden, mit „Retina B“ den unmittelbar daneben liegenden Theil der Netzhaut bezeichne.

Nun zur Beschreibung der einzelnen Stadien.

1) *Ammocoetes*, Thierlänge 6,2 cm Fig. 23, 27.

Die proximal erste Schicht der Netzhaut ist das Pigmentepithel *a*, das man auch sonst wohl noch zur Chorioidea gerechnet hat. Dasselbe wird gebildet durch eine einfache Schicht grosser mit runden Kernen versehener cubischer Zellen. Diese haben einen Durchmesser von 0,009 mm und senden schwache Fortsätze nach der Schicht der Sehzellen, die sie jedoch niemals erreichen. Die Zellen des Pigmentepithels sind dicht an einander gelagert und lassen zwischen sich nur den für den Durchtritt der Müller'schen Fasern (s. u.) nothwendigen Raum. In beiden Partien der Retina A wie B zeigt das Pigmentepithel dasselbe Verhalten, doch ist zu bemerken, dass seine dorsale Hälfte stark pigmentirt, seine ventrale dagegen pigmentfrei ist. Die dem Bezirk A gegenüberliegenden Partien zeigen nur an ihrem dorsalen Rande schwache Pigmentirung. Es scheint ausserdem, als ob die Fortsätze der Pigmentepithelzellen, die gegen Retina A ausgesendet werden, erheblich stärker und auch länger wären, als die gegen Retina B gerichteten.

Ein bestimmtes Zahlenverhältniss zwischen diesen Fortsätzen und den Sehzellen ist auf keiner Entwicklungsstufe von *Petromyzon* nachweisbar.

Die Sehzellen *b* der Retina A (Fig. 23) finden sich auf einem Rayon, der etwa 0,11 mm Durchmesser besitzt. Sie sind schon ziemlich entwickelt und zweifellos als Zäpfchen zu erkennen, wie sich denn überhaupt, bei der Larve, wie bei dem geschlechtsreifen Thiere, niemals Stäbchen finden. Die Zäpfchen bestehen aus einem kegelförmigen 0,0076 mm langen, an der Basis 0,002 mm breiten Endglied, an das sich der tonnenförmige Zapfenkörper mit 0,0052 mm Länge und 0,0013 mm Dicke anschliesst. Endglied und Körper sind von ziemlich dunklem Protoplasma erfüllt, das nur in einem schmalen Streifen, der Wand des Endgliedes entlang, etwas heller erscheint. Endglied und Körper werden durch einen die ganze Breite durchsetzenden Complex hellen Protoplasmas getrennt, der sich gegen die dunkleren Partien scharf abhebt und etwa 0,001 mm Höhe besitzt. Das distale Ende des Zapfenkörpers fällt zusammen mit der proximalen Grenze der Zwischensubstanz der folgenden Netzhautschicht (der äusseren Körnerschicht der Autoren). Es kommt hier niemals zur Bildung einer wirklichen Grenzmembran, man kann also eigentlich auch nicht von einer Membrana limitans externa, sondern nur von einem Margo limitans externus sprechen. Ob Babuchin Recht hat mit seiner Angabe, auf früheren Entwicklungsstufen

existire hier eine wirkliche abschliessende Membran, die jedoch mit dem Hervorsprossen der Sehzellen verschwinde, kann ich nicht entscheiden.

Die Zapfen sind durchweg gleich gebaut und haben auch in ihrer grossen Mehrzahl dieselben Dimensionen; nur die am äussersten Rande des Bezirks gelegenen gehen rasch bis auf etwa ein Drittel der sonstigen Länge und entsprechende Breite zurück. Der Zapfenkörper steht je mit einer der am meisten nach Aussen gelegenen Zellen (e) Länge 0,0065, Breite 0,0052 mm! des folgenden mehrschichtigen Zellcomplexes durch einen geraden, mit hellem Protoplasma erfüllten Fortsatz in Verbindung. Diese Zapfenkornzellen senden ihrerseits wieder je einen Fortsatz nach Innen und treten dadurch in Verbindung mit der folgenden Zellschicht (e'). Diese besteht aus einer ziemlich locker angeordneten einfachen Lage grosser runder Zellen (Durchmesser 0,0065, Kern 0,0052 mm), die unverkennbar ganglionären Typus zeigen, aber noch wenig entwickelt sind. Ich bezeichne sie in Folgendem als „äussere Ganglienzellen“. Je eine derselben nimmt die Fortsätze mehrerer Zapfenkornzellen auf und ist zweifellos dazu bestimmt, die Verbindung mit der folgenden Schicht grosser Ganglienzellen zu unterhalten. Ich glaube, dass dieser Zusammenhang eine Anzahl feinsten Fortsätze, welche die beiden Ganglienschichten gegen einander aussenden, oder auch nur durch einen einzigen solchen Ausläufer vermittelt wird, doch ist es mir freilich weder hier, noch auf den folgenden Stadien gelungen, denselben nachzuweisen.

Im Bereiche der äusseren Körnerschicht, und zwar nach Innen von der Lage der Zapfenkornzellen, vielfach auch zwischen diesen, finden sich in bedeutender Anzahl Zellen, die in Bezug auf Grösse, Anordnung ihres Protoplasma etc. vollkommen den letzteren gleichen und als noch unentwickelte Vorstufen derselben aufzufassen sind. Daneben erscheinen, in geringerer Menge, die langgestreckten Stützzellen, von denen im Zusammenhang mit den Müller'schen Fasern die Rede sein wird. Die Zwischenräume zwischen den zelligen Elementen der Schicht sind durch feinkörniges freies Protoplasma ausgefüllt. Die gesammte äussere Körnerschicht, einschliesslich der äusseren Ganglienzellen, hat im Augenhintergrund, gemessen vom Margo limitans externus aus, eine Mächtigkeit von 0,0117 mm.

Es folgt nun die einfache Schicht der grossen Ganglienzellen (g). Diese besitzen einen Durchmesser von 0,0054, ihr Kern einen solchen von 0,0058 mm. Sie senden sehr feine Fortsätze nach allen Seiten hin, und es ist mir in einzelnen Fällen gelungen, ihren Zusammenhang mit den an der distalen Grenze der folgenden „inneren Körnerschicht“ gelegenen Ganglienzellen nachzuweisen. Diese letzteren haben, bei gleich grossen Kernen, einen etwas kleineren Durchmesser (0,0071 mm), als die eben beschriebenen, sind aber sonst gleich gebaut und zeigen meist deutlich ihren Zusammenhang mit je einer Faser der Opticusfaserschicht.

Die Hauptmasse der im Ganzen 0,0247 mm starken inneren Körnerschicht (\bar{i}) besteht aus grossen ovalen Kernen, die ohne erkennbare Zellgrenzen der hellen protoplasmatischen Grundsubstanz eingebettet erscheinen. Dazwischen finden sich wieder, und zwar sehr zahlreich, die länglichen Stützzellen, naturgemäss vorwiegend in der unmittelbaren Nachbarschaft der Müller'schen Fasern. Das freie Protoplasma, in welches alle die zelligen Elemente der Schichten eingebettet sind, ist in der Schicht der grossen Ganglienzellen (g) verhältnissmässig grobkörnig. Es wird aber an der proximalen Grenze der inneren Körnerschicht sofort sehr fein und hell und behält diese Beschaffenheit bei bis gegen den

distalen Rand dieser Schicht hin, wo es wieder etwas dunkler und grobkörniger wird. So setzt es sich auch in die Schicht der Opticusganglienzellen (*I*) hinein fort.

Die Opticusfaserschicht (*k*), die sich hieran anschliesst, hat eine Stärke von 0,0039 mm. Fast unmittelbar an sie, nur durch einen äusserst schmalen, von Protoplasmagerinnsel erfüllten Spalt getrennt, schliesst sich der Glaskörper an.

Zur Bildung einer vollkommenen Grenzmembran, einer *Limitans interna*, ist es hier noch nicht gekommen, und es stehen daher die Enden der, wie auch W. Müller angibt, auf dieser Entwicklungsstufe bereits deutlich hervortretenden Müller'schen Fasern, die schon die erste Anlage ihrer dreieckigen Füsschen erkennen lassen, noch im direkten Zusammenhang mit dem Bindegewebe, aus dem sich im Laufe der Entwicklung der Glaskörper bildet. Dieses Bindegewebe zeigt deutlich eine dem distalen Rande der Retina parallel verlaufende Anordnung seiner peripheren Faserzüge, aus denen sich dann binnen Kurzem eine *Limitans interna* herausentwickelt.

Am Rande der Retina B ist die Bildung der *Limitans interna* schon viel weiter vorgeschritten und in der Irisgegend schon so gut, wie vollendet. Es kann dieser Umstand mit als Beweis dafür dienen, dass die *Limitans interna* nicht aus der Retina heraus sich entwickeln kann. Wäre dies, wie vielfach angenommen worden ist, der Fall, so wäre absolut unverständlich, weshalb gerade an der am weitesten entwickelten Partie der Retina die *Limitans* noch unausgebildet, an einer sonst durchweg weit zurückgebliebenen dagegen fast fertig sein könnte.

Die Müller'schen Fasern in Retina A ziehen sich quer durch die ganze Netzhaut. Ausgehend von den peripheren Zügen des Glaskörperbindegewebes durchsetzen sie zunächst die Schicht der Opticusfasern (*k*) und der Opticusganglienzellen (*I*) und treten alsdann in die innere Körnerschicht ein, wo sie sich zum ersten Male in Verbindung mit zahlreichen langgestreckten Stützzellen zeigen. Sie vereinigen sich mit diesen jedoch niemals in der Art, dass die Zelle eine einfache kernhaltige Anschwellung der Faser darstellen würde, wie man häufig behauptet und abgebildet hat, sondern die Stützzellen erscheinen stets der Faser nur angelagert, allerdings sehr enge, aber niemals ohne durch eine deutliche Grenze davon geschieden zu sein. Die Müller'schen Fasern durchziehen nunmehr die Schicht der grossen Ganglienzellen (*g*), in welcher Stützzellen gänzlich fehlen und geben nach Verlassen dieser Schicht Seitenäste ab, die sich vielfach verzweigen und den Hauptbestandtheil einer 0,0026 mm starken, zwischen Hauptganglienschicht (*g*) und äusserer Ganglienschicht (*e'*) sich ausbreitenden „Zwischenganglienschicht“ (*f*) ausmachen. Ausserdem betheiligt sich am Aufbau dieser Lage der Netzhaut noch ein System von Fasern, die, von den Stützfäsern unabhängig, in feines Protoplasma eingelagert sind, und einem Umwandlungsprocess von Stützzellen, die sich als solche hier nur spärlich finden, ihr Dasein verdanken dürften.

In ihrem weiteren Verlauf durch die äussere Ganglienschicht (*e'*) werden die Müller'schen Fasern wieder von Stützzellen begleitet. In der Zapfenkörnerschicht verschwinden dieselben jedoch vollständig, sodass die Faser den letzten Theil ihres Weges zwischen den Zapfen und den Zellen des Pigmentepithels (*a*) hindurch bis zu ihrer Vereinigung mit den Bindegewebszügen der späteren „Zwischenmembran“ (*ZM*) allein und ohne weitere Abgabe von Aesten zurücklegt.

Die Retina B (Fig. 27) unterscheidet sich von der Netzhaut des Sehzellbezirks der Natur der Sache nach zunächst durch die verschiedene Entwicklung der lichtpercipirenden Elemente, die noch auf

sehr niedriger Entwicklungsstufe stehen. Die dem Margo limitans der übrigens sehr wellig verläuft und keineswegs eine regelmässige Fläche darstellt) zunächst liegenden Zapfenkornzellen zeigen nur die allerersten Anfänge einer Schzellenbildung in Gestalt von meist conischen Auswachsungen ihres gegen das Pigmentepithel gerichteten Pols, die oft nicht einmal über den Margo limitans externus hinausragen. Dagegen sind am entgegengesetzten Pol die fadenförmigen Fortsätze der Zapfenkornzellen bereits fertig und in Verbindung mit den äusseren Ganglienzellen (*e'*) getreten, die ihrerseits freilich viel kleiner (Durchmesser 0,0039, Kern 0,0026 mm) und auch im Uebrigen weniger entwickelt sind, als in Retina A. Die zwischen den Zapfenkornzellen sich findenden „freien“ Kornzellen sind reichlicher und dichter gelagert, und auch die in der äusseren Ganglienschicht vorkommenden Stützzellen scheinen etwas zahlreicher zu sein, als in Retina A.

Eine Zwischenganglienschicht (*f*) fehlt nahezu. Sie beschränkt sich auf ein sehr gering entwickeltes System von Seitenverzweigungen der Müller'schen Fasern zwischen den beiden Ganglienschichten.

Die Zellen der Hauptganglienschicht (*g*) stehen an Grösse (Durchmesser 0,0039, Kern 0,0033 mm) ebenfalls bedeutend hinter den entsprechenden Elementen des weiter entwickelten Theils der Retina zurück.

Körner und Stützzellen der inneren Körnerschicht sind viel zahlreicher. Die Schicht hat weder proximal noch distal eine scharfe Grenze; die sie bildenden Körner schieben sich vielmehr häufig sowohl zwischen die Zellen der Hauptganglienschicht (*g*), als auch zwischen die der Opticusganglienschicht (*h*) ein.

Die Elemente dieser letzteren sind ebenfalls kleiner (Durchmesser 0,0065, Kern 0,0016 mm), als in Retina A. Ihre Zellen lassen, je weiter sie von Retina A entfernt sind, desto grössere Abstände zwischen sich. Noch weit von der Uebergangsstelle von Retina in Pigmentepithel entfernt, sind sie schon gänzlich geschwunden, fast zugleich mit den Zellen der Hauptganglienschicht (*g*), nur kurz bevor auch die äusseren Ganglienzellen aufgehört haben, als solche erkennbar zu sein.

Da zugleich damit die Zwischenganglienschicht, und lange vorher auch die Opticusfaserschicht, aufgehört haben, so setzt sich die an Stärke rasch abnehmende Retina in ihrem dem Augenbeeherrschenden letzten Viertel lediglich aus den Elementen der Zapfenkörnerschicht und der inneren Körnerschicht zusammen. Auf eine kurze Strecke sind diese beiden Schichten noch durch einen schmalen mit freiem Protoplasma erfüllten Spaltraum getrennt, aber bald schwindet auch dieser, sodass die Retina dann bis zu ihrem Uebergang in das äussere Blatt der secundären Augenblase aus ganz gleichartigen, zunächst noch mehrschichtig angeordneten Elementen zu bestehen scheint. Die Müller'schen Fasern erscheinen etwas schwächer und, wie die Stützzellen, etwas zahlreicher. Der deutlicheren Membrana limitans interna entsprechend sind auch die Füsschen der Stützfasern besser entwickelt. Ein Spalt zwischen der Opticusfaserschicht und der Limitans interna ist wegen seiner ungemeinen Schmalheit schwer nachzuweisen, scheint aber, wenigstens in der Nähe der Retina A, vorhanden zu sein.

2) *Ammocoetes*, Thierlänge 12,5 cm Fig. 24.

Retina A. Die Fortschritte in der Entwicklung gegenüber dem Verhalten der Retina A des vorigen Stadiums sind folgende:

Die Zellen des Pigmentepithels sind etwas grösser geworden (Durchmesser 0,0095 mm, ihre Fortsätze länger, stärker und zahlreicher. Dieselben haben die Sehzellschicht jetzt erreicht und umgeben die Spitzen der Zapfenglieder. Im vorigen Stadium war die Pigmentirung auf die Zellen des dorsalen Randes der den Sehzellen von Retina A gegenüber liegenden Partie des Pigmentepithels beschränkt, jetzt ist sie bis genau nach dem Augenhintergrund vorgeschritten.

In der Sehzellschicht sind zweierlei auf verschiedener Entwicklungsstufe stehende Elemente zu unterscheiden. Die einen, die weiter fortgeschritten erscheinen, sind durch bereits hoch entwickelte Zapfen (*b*) repräsentirt. Dieselben setzen sich zusammen aus einem 0,0095 mm langen, an der Basis 0,0013 mm breiten conischen Endglied, das mit ziemlich dunklem Protoplasma angefüllt, längs der Membran einen noch stärker ausgesprochenen hellen Rand zeigt, als im vorigen Stadium. Der früher tonnenförmige Zapfenkörper ist stark in die Länge gewachsen (0,0138 mm lang) und hat die Gestalt eines Kegels angenommen, dessen Basis, 0,0053 mm breit, der Basis des Endgliedes zugekehrt ist, während seine Spitze sich in einen geraden Fortsatz auszieht, durch den der Zapfen mit seiner Kornzelle (*c*) in Verbindung steht.

Diese Zapfenkornzelle (*c*) sendet ebenfalls wieder von ihrem distalen Pole einen Fortsatz aus, der aber jetzt nur in den seltensten Fällen in direktem Zusammenhang mit einer der äusseren Ganglienzellen (*e'*) gesehen wird. Meistens vollzieht sich diese Verbindung erst durch Vermittlung einer sich dazwischen schiebenden Zellschicht (*e*), deren Elemente den Körnerzellen sehr ähnlich sind. Dieselben nehmen die Fortsätze der Kornzellen auf und verbinden sich ihrerseits wieder durch ausgesandte Fortsätze mit den äusseren Ganglienzellen.

Im Zapfenkörper hat sich das Protoplasma nach Innen etwas zusammengeballt, und es entsteht so das Bild eines grossen dunkleren Centralkörpers, umgeben von einer helleren Randschicht, die distalwärts in den Zapfenfortsatz übergeht. Der die beiden Haupttheile des Zapfens trennende helle Raum ist bedeutend gewachsen und um Vieles heller geworden.

Die zweite Art der Sehzellen (*b'*) ist viel weniger entwickelt und lässt noch deutlich erkennen, dass der Zapfen aus einer einzigen Zelle durch Umwandlung hervorgeht. Die Endglieder sind hier etwas schmaler, als bei der ersten Art und zeigen den peripheren hellen Rand viel weniger klar, oft gar nicht. Der Zapfenkörper stellt sich dar als eine unmittelbare Verlängerung der Kornzelle, in welcher allerdings die centrale Zusammenballung des Protoplasma bereits begonnen hat, während der Kern selbst in der am distalen Zellpol sehr starken helleren Randschicht liegt. Der die Zapfentheile trennende Complex helleren Protoplasmas ist weniger klar, als in den älteren Zellen der Schicht. Die Zapfenkornzellen (*c'*) stehen stets durch Vermittlung einer weiteren Zelle in Verbindung mit den äusseren Ganglienzellen.

Die Länge der Sehzellen, gemessen von der Spitze des Endgliedes bis zu dem, auch hier freilich sehr unregelmässig verlaufenden Margo limitans, beträgt für beide Sehzellarten 0,022 mm, doch ist nicht zu übersehen, dass hier die Zapfenkörner unmittelbar am Margo liegen, ja zuweilen über ihm hinausgeschoben sind, während sie sonst, so z. B. im vorigen Stadium, meist etwas in die Tiefe der äusseren Körnerschicht hineingerückt erscheinen.

Die Dicke der gesammten äusseren Körnerschicht beträgt 0,013 mm. Die im vorigen Stadium so häufigen freien Körnerzellen sind sehr selten geworden und auch die Stützzellen scheinen in der äusseren Ganglienschicht eine Verminderung erlitten zu haben. Die Ganglienzellen selbst sind zahlreicher geworden, haben aber an Grösse etwas eingebüsst (Durchmesser 0,0043, Kern 0,0036 mm).

Die Zwischenganglienschicht (*f*) hat sich verstärkt (0,004 mm), und die von den Müller'schen Fasern abgegebenen Zweige nehmen einen noch hervorragenderen Antheil an ihrem Aufbau, als zuvor.

Die Hauptganglienzellen (*g*) haben an Grösse wenig zugenommen (Durchmesser 0,0085, Kern 0,0059 mm), sonst zeigen sie keine Veränderung. An der distalen Grenze ragen in diese Schicht einzelne Stützzellen hinein.

Die innere Körnerschicht (*h. i.*) ist bei einer Gesamtstärke von 0,015 mm viel lockerer geworden. Die Kerne sind, namentlich im proximalen Theil (*h*) der Schicht, viel weniger zahlreich und in weit helleres freies Protoplasma eingebettet. Die Stützzellen haben sich hier hinsichtlich Zahl und Grösse etwa auf ihrem vorigen Standpunkt erhalten.

Am distalen Rand der inneren Körnerschicht findet sich ebenfalls wieder eine einfache Lage von Ganglienzellen, die mit den Opticusfasern in Verbindung stehen. Dieselben (*5*) sind kleiner und nicht so zahlreich, wie die auf dem vorigen Stadium an derselben Stelle auftretenden.

Die Schicht der horizontalen Opticusfasern (*h*) misst in der Nähe des Augenhintergrundes 0,0026 mm, verjüngt sich aber sehr rasch.

An sie anschliessend hat sich nunmehr eine starke Granulosa interna (0,026 mm) entwickelt, deren Hauptbestandtheil grobes, zuweilen eine undeutliche Horizontalstreifung zeigendes Protoplasma gerinnsel bildet. Am proximalen Rande dieser Schicht, nächst den Opticusfasern, finden sich häufig grosse Ganglienzellen (*2*) (Durchmesser 0,0071, Kern 0,0052 mm), die deutliche Fortsätze gegen die Opticusfaserschicht, sowie nach den Seiten (niemals aber nach Innen) senden, ohne jedoch durch dieselben irgend eine Verbindung einzugehen. Zwischen diesen Zellen kommen vereinzelt Kerne vor. Ebenso tritt auch am distalen Rande der Granulosa eine einfache Lage ganglienartiger Zellen (*1*) mit kurzen, der Opticusfaserschicht zugekehrten Fortsätzen auf. Auch diese Zelllage, deren Elemente einen Durchmesser von 0,0052 (Kern 0,0033 mm) besitzen, ist, wenn auch in geringerem Grade, mit freien Kernen untermischt.

Die Limitans interna ist jetzt ziemlich deutlich geworden, wenn sie auch noch nicht allenthalben von den Faserzügen der Glaskörpermasse vollständig zu trennen ist. Die Stützfasern setzen sich mit deutlichen Füsschen an sie an.

Die Stützzellen sind am zahlreichsten in der inneren Körnerschicht, seltener zwischen den äusseren Ganglienzellen, ganz spärlich in der Zwischenganglienschicht. In der Granulosa interna und der Opticusfaserschicht fehlen sie gänzlich.

Retina B. Die Sehzellen zeigen einen bedeutenden Fortschritt gegenüber dem vorigen Stadium. Auch von ihnen sind übrigens, wie in Retina A, zwei Arten verschiedenen Entwicklungsgrades zu unterscheiden. Die eine, deren Kornzellen dem proximalen Rande der äusseren Körnerschicht zunächst liegen, erhebt sich allerdings nur wenig über die Zapfenkornzellen der Retina B des vorigen Stadiums, indem sie sich höchstens dadurch von denselben unterscheidet, dass die Auswachsungen des proximalen Poles

etwas spitzer geworden und immer über den Margo limitans hinausgerückt sind. Die Schzellen der zweiten Art, deren Körner, hinter denen der ersten liegend, mehr in der Tiefe der Schicht sich befinden, haben bereits deutliche Zapfen gebildet, die sich im Durchschnitt 0,0026 mm über den Margo limitans erheben und mit ihrer Mutterzelle nur durch einen, allerdings noch ziemlich starken Fortsatz in Zusammenhang stehen. Eine Differenzirung des Protoplasma in ihrem Inneren hat noch nicht stattgefunden. Die äussere Körnerschicht besitzt eine Gesamtstärke von 0,02 mm.

Die Verbindung der Zapfen mit den äusseren Ganglienzellen ist dieselbe, wie bei Retina A.

Auf die äussere Ganglienschicht (*e'*) folgt unmittelbar die Hauptganglienschicht *g*, deren Zellen einen Durchmesser von 0,0052 mm besitzen. Eine Zwischenganglienschicht ist einzig durch die Verzweigung der Müller'schen Fasern im Bereiche der beiden Ganglienschichten angedeutet. Die innere Körnerschicht ist sehr stark (0,031 mm) und viel dichter, als in Retina A. Die Opticusfaserschicht und die Granulosa interna mit ihren Ganglienzellen zeigen dasselbe Verhalten, wie in den dem Bezirk der weiter entwickelten Schzellen entsprechenden Theilen der Netzhaut. Beide Schichten haben im Augenhintergrund ihre grösste Mächtigkeit und nehmen desto rascher an Stärke ab, je näher sie dem distalen Pole des Auges kommen.

Im Uebrigen zeigen die Schichten der Retina B keine Veränderung gegenüber denjenigen der Retina B des vorigen Stadium.

3) *Ammocoetes*, Thierlänge 20 cm (Fig. 25).

Retina A. Die Stärke des Pigmentepithels hat wieder etwas zugenommen (Zelldurchmesser 0,01, Kern 0,005 mm). Die Zellen desselben haben in ihrem der Retina zugewandten Theil starke Pigmentirung; ihre Fortsätze sind ziemlich stark, aber kurz.

Die Schzellen stehen alle auf der gleichen Entwicklungsstufe und stellen wohl ausgebildete Zapfen dar. In ihrem conischen Endglied hat sich das Protoplasma in noch höherem Grade aus den peripheren Partien zurückgezogen, als beim vorigen Stadium, und noch mehr zeigt sich dies Bestreben in dem ebenfalls kegelförmigen Zapfenkörper. Das Endglied hat eine Länge von 0,008 mm und ist an der Basis 0,003 mm breit, der Zapfenkörper misst 0,01 mm in der Länge, bei einer Basisbreite von 0,004 mm. Der beide Zapfentheile trennende Raum ist abermals etwas heller geworden und hat in seltenen Fällen eine kugelige Gestalt gewonnen.

Die Zapfenkornzellen stehen nur ganz vereinzelt im direkten Zusammenhange mit den Zellen der äusseren Ganglienschicht (*e'*). Die fast immer diese Verbindung vermittelnden Zellen *e*, die bei den Thieren des vorigen Stadiums sich von den freien Kornzellen nicht unterscheiden, lassen jetzt einen entschieden ganglionären Typus erkennen. Sie sind etwas grösser, als die freien Kornzellen und besitzen einen ovalen Kern (0,006 : 0,004 mm). Die freien Kornzellen sind jetzt wieder sehr zahlreich.

Die nunmehr zu wohl entwickelten Ganglienzellen gewordenen Elemente der äusseren Ganglienschicht (*e'*) (Durchmesser 0,0052, Kern 0,0037 mm) senden feine Fortsätze nach allen Seiten.

Die Zellen der Hauptganglienschicht (*g*) besitzen einen Durchmesser von 0,008 mm. Ihr Kern ist meist rund (Durchmesser 0,0051 mm), doch hat derselbe in einzelnen Fällen auch ovale Form (0,0062 : 0,005 mm).

Die Zwischenganglienschicht zeigt keine Veränderung.

Die innere Körnerschicht hat sich in zwei scharf unterschiedene Lagen getrennt. Die eine derselben (α), welche die beiden proximalen Dritttheile der im Ganzen 0,022 mm messenden inneren Körnerschicht einnimmt, wird von den schon auf den früheren Stufen sich findenden runden Kernen gebildet, die ziemlich locker angeordnet in grobkörniges freies Protoplasma eingebettet sind. Das distale Drittel wird eingenommen von einer doppelten festgeschlossenen Lage (β) kleiner Zellen mit runden Kernen und deutlichen Zellgrenzen. Ausserdem führt die innere Körnerschicht noch zahlreiche Stützzellen, die ziemlich gleichmässig durch sie vertheilt sind.

Die Opticusfaserschicht misst im Augenhintergrund 0,002 mm.

Die sich ihr anschliessende Granulosa interna (l) hat jetzt eine Stärke von 0,033 mm, zeigt also abermals eine bedeutende Zunahme. In ihrer aus grobem Gerinnsel bestehenden Grundsubstanz sind drei Lagen von Zellen zu unterscheiden, die sämmtlich unverkennbar eine ganglionäre Natur haben. Die erste derselben (3) befindet sich zunächst der Opticusfaserschicht. Sie besteht aus einer einfachen Schicht grosser Ganglienzellen (Durchmesser 0,0071, Kern 0,0059 mm), die aber nicht sehr zahlreich sind und oft grosse Zwischenräume zwischen sich lassen. Sie senden nach allen Seiten Fortsätze aus, ohne jedoch, soweit ich dieselben verfolgen konnte, dadurch irgend welche Verbindungen einzugehen. Die zweite Lage (2) setzt sich aus viel zahlreicheren Elementen zusammen. Sie ist in der Regel einfach, seltener doppelt, überhaupt ziemlich unregelmässig angeordnet. Ihre Zellen sind kleiner (Durchmesser 0,003, Kern 0,0028 mm), die von ihnen ausgesandten Fortsätze sind ganz unbedeutend, meist nur noch durch kleine Höcker repräsentirt. Die dritte, stets einfache Zelllage (1) liegt hart an der Limitans interna und besteht aus etwas grösseren Elementen (Durchmesser 0,001, Kern 0,0035 mm), die sich jedoch infolge ihrer engen Lagerung gegenseitig abplatten und deshalb auf den ersten Blick kleiner erscheinen, als sie in Wirklichkeit sind. Es sind bei ihnen nur noch ganz selten Fortsätze nachzuweisen, die dann ausschliesslich der Opticusfaserschicht zugekehrt sind.

Am proximalen Rande der Granulosa finden sich zahlreiche kleine Kernchen von wechselnder Grösse der Grundsubstanz eingelagert (γ).

Die Limitans interna ist zur vollkommenen Membran geworden und entsprechend der Ausbildung des Glaskörpers frei von allen faserigen Anlagerungen.

Die Müller'schen Fasern setzen sich mit deutlichen dreieckigen Füsschen an sie an.

Stützzellen finden sich am häufigsten in den verschiedenen Lagen der inneren Körnerschicht, spärlicher in allen weiter nach Aussen gelegenen Schichten. Sie fehlen nur in Granulosa interna und Opticusfaserschicht vollständig.

Die Verzweigungen der Müller'schen Fasern sind in der Zwischenganglienschicht wieder etwas bedeutender geworden, ausserdem aber kommen solche jetzt auch im Bereich der äusseren Körnerschicht vor und zwar zwischen den äusseren Ganglienzellen (c') einerseits und der durch die leitungsvermittelnden ganglienartigen Zellen (e) gebildeten Schicht andererseits. Es wird dadurch wieder das Meiste beigetragen zum Zustandekommen einer weiteren Zwischenschicht (d), einer Granulosa externa resp. Zwischenkörnerschicht der Autoren, an deren Aufbau sich in zweiter Linie dann ebenfalls ein System

selbständiger Horizontalfasern, untermischt mit Protoplasmaeinseln beteiligt, die ich beide auch hier als Umbildungs- resp. Zerfallprodukte von Stützzellen aufzufassen geneigt bin.

Retina B (Fig. 28). Die Zellen des Pigmentepithels sind etwas kleiner (Durchmesser 0,005 mm), als in Retina A. Pigmentierung besitzen diese Zellen im ventralen Theil gar keine, während dieselbe im dorsalen weit bedeutender ist, als in den der Retina A gegenüber liegenden Partien des Pigmentepithels.

Von Sehzellen sind zwei Arten zu unterscheiden. Es sind dies einmal einfache Auswachsungen der Kornzellen (*b'*), die immer ziemlich weit über den Margo limitans hinausragen und oft im Niveau des letzteren eine leichte Einschnürung zeigen. Einzelne wenige Sehzellen sind im Wachstum den übrigen weit vorausgeeilt; ihre Spitze hat sich dem Pigmentepithel sehr genähert und es hat sich zwischen Endglied und Kornzelle bereits eine Art Zapfenkörper zu differenzieren begonnen. Die Kornzellen aller Elemente der ersten Serie liegen hart am Margo limitans, dicht hinter ihnen liegen alsdann die der zweiten. Die Sehzellen dieser Serie (*b*) sind unzweifelhaft die älteren und haben im Umriss die Form der definitiven Zapfen bereits erreicht. Das Zapfenglied ragt über den Margo limitans hervor, in dessen Niveau mit einer Einschnürung der Zapfenkörper beginnt. Dieser hat zusammen mit dem Endglied eine Länge von 0,007 mm. Er zieht sich an seinem distalen Pol in einen stielartigen Fortsatz aus, durch den er die Verbindung mit der Kornzelle unterhält. Letztere misst 0,006 : 0,0031 mm, das Korn selbst 0,0016 : 0,0023 mm.

Sämmtliche Sehzellen sind mit sehr hellem Protoplasma erfüllt, das in einzelnen Fällen gegen die Spitze hin etwas dunkler erscheint. Eine weitere Differenzierung ihres Inhaltes hat noch nicht stattgefunden.

Die Kornzellen beider Sehzellserien der Retina B stehen mit den äusseren Ganglienzellen stets nur durch Vermittlung der sich in den Zusammenhang einschiebenden ganglienartigen Zellen in Verbindung.

Freie Kornzellen sind sehr selten.

Die Zwischenganglienschicht ist etwas schwächer (0,003 mm), als in Retina A.

Die Ganglienzellen der Hauptganglienschicht (*g*) sind ebenfalls kleiner (Durchmesser 0,005. Kern 0,0039 mm). Ich glaubte zuweilen ein Anastomosieren ihrer gegen einander ausgeschickten Fortsätze wahrnehmen zu können.

In der inneren Körnerschicht hat noch keine Differenzierung der Elemente in verschiedene Lagen stattgefunden, man trifft hier nur einerlei ründlich-ovale Körner mit meist deutlichen Zellgrenzen.

Am distalen Rande der Schicht in unmittelbarer Nachbarschaft der Opticusfasern und in Verbindung mit diesen finden sich einzelne grosse Ganglienzellen (*5*). Die Opticusfaserschicht ist hier natürlich schwächer, als in der dem Opticusaustritt näheren Retina A, die Granulosa interna etwas stärker (0,039 mm). Die der letzteren in der Mitte und am distalen Rande eingelagerten Ganglienzellen sind sehr ungleichmässig entwickelt; zuweilen sind sie kleiner, zuweilen erheblich grösser, als in Retina A. Die kleinen Kerne (*7*) am proximalen Rande der Granulosa interna sind durchweg etwas grösser und nicht ganz so zahlreich, wie in Retina A.

Die Stützfaseru betheiligen sich durch ihre Verzweigungen auch hier sowohl am Aufbau der Zwischenganglienschicht, wie einer *Granulosa externa*, welche letztere freilich nur ganz schwach angedeutet ist.

Eine, allerdings geringfügige, Abgabe von Seitenzweigen der Müller'schen Fasern findet auch noch am distalen Rande der Hauptganglienschicht (*g*) statt.

1 Der geschlechtsreife *Petromyzon*, Thierlänge 16 cm | Fig. 26 .

In der Retina des erwachsenen *Petromyzon Planeri* existirt kein besonderer Bezirk höher entwickelter Schzellen. Dieselben besetzen vielmehr gleichmässig die ganze Aussenseite der Netzhaut innerhalb des Pigmentepithels und werden höchstens in den der Pars ciliaris Retinae angrenzenden Theilen etwas kleiner.

Das Pigmentepithel baut sich aus einer einfachen Lage von Zellen auf, die gegenüber dem eben besprochenen *Ammocoetes*-Stadium in Bezug auf ihre Grösse keine Veränderung erlitten haben. Wohl aber ist dies der Fall hinsichtlich der von ihnen ausgesandten Fortsätze, die jetzt viel stärker, zahlreicher und vor Allem länger geworden sind, als bei jenem grossen *Ammocoetes*. Die Zellen sind nur in ihrer den Zapfen zugekehrten Hälfte schwach pigmentirt. Das Pigment erstreckt sich auch auf die Fortsätze, doch reicht es in denselben immer nur bis an die Spitzen der ersten Zapfenreihe (*b*), während die Fortsätze selbst bis zu den Spitzen der zweiten Reihe (*b'*), niemals aber bis zum Margo limitans sich erstrecken.

Eine *Membrana limitans externa* gibt es auch beim erwachsenen *Petromyzon* nicht, man kann vielmehr, wie gesagt, auch hier nur von einem Margo limitans sprechen, den ich mit Babuchin als den optischen Ausdruck der Grenze der Zwischensubstanz ansehe, — freilich nicht auch noch der Enden der Müller'schen Fasern (so Babuchin, W. Müller), denn diese setzen sich, wie bereits für *Ammocoetes* gezeigt, noch darüber hinaus fort.

Die Schzellen, sämmtlich Zapfen, sind in zwei Reihen angeordnet.

Das Zapfenendglied der Schzellen der ersten, dem Pigmentepithel näher kommenden Reihe *b*) stellt einen schlanken Kegel dar, welcher bei einer Länge von 0,005 mm eine Basisstärke von 0,0011 mm besitzt. Die von W. Müller beschriebenen reihenweise angeordneten Vertiefungen und Erhöhungen seiner Aussenseite habe ich nicht auffinden können. Die Zellmembran stellte sich mir, abgesehen von gelegentlichen durch Reagentien herbeigeführten Schrumpfungen, stets glatt dar. Das Endglied ist gleichmässig von feinem Protoplasma erfüllt, das sich in die peripheren Partien des sich anschliessenden Vacuolenraumes fortsetzt. Dieser hat eine Breite von 0,0011 mm bei einer Länge von 0,0013 mm und birgt in seinem centralen Theil eine Vacuole, die aber nicht immer als solche deutlich erkennbar ist, sondern oft nur durch einen hellen Fleck repräsentirt wird. Ist sie gut ausgeprägt, so ist sie meist kugelig, zuweilen gegen den Zapfenkörper hin etwas abgeflacht. — Eine besondere Membran lässt sich an ihr niemals nachweisen.

Der Zapfenkörper ist tonnenförmig (0,005 : 0,0026 mm), und von einem etwas dunkleren Protoplasma erfüllt, das sich um die Längsaxe zu einer scharf umgrenzten kernartigen Masse (0,0052 : 0,0015 mm) zusammengeballt hat. Am distalen Pol spitzt sich der Zapfenkörper rasch zu und geht in einen Stiel

über, der aus etwas dunklerem Protoplasma besteht, als es die peripheren Theile des Zapfenkörpers zeigen. Der Stiel hat eine Länge von etwa 0,0065 mm. Er erleidet am Margo limitans eine Anschwellung auf 0,0026 mm Breite und tritt durch diese in unmittelbare Verbindung mit der Kornzelle, die dicht am Margo limitans externus gelegen ist. Dieselbe hat meist elliptische Gestalt (0,009 : 0,0038 mm) und ist durch eine leichte Einschnürung gegen die Endanschwellung des Zapfenstiels abgesetzt. Ihr Protoplasma ist ziemlich fein und hell, dasjenige ihres scharf umgrenzten Kerns dagegen sehr grobkörnig. Das distale Ende der Zelle ist in eine Spitze ausgezogen, von der aus ein feiner, fadenförmiger Fortsatz abgeht, der die Verbindung mit den tiefer liegenden Schichten vermittelt.

Die zweite Reihe der Sehzellen (*b'*) reicht mit ihren Spitzen etwa bis zur Mitte des Zapfenkörpers, in seltenen Fällen bis zum Vacuolenraum der ersten. Die Zapfen der zweiten Reihe unterscheiden sich von denen der ersten zunächst dadurch, dass die Vacuole niemals anders, als in Gestalt eines hellen Fleckes nachweisbar ist. Der kernartige Centralinhalt des Zapfenkörpers ist ferner bei *b'* gegen das übrige Zellprotoplasma weniger scharf abgesetzt. Der Stiel geht ohne Anschwellung in die Kornzelle über und diese erscheint infolge dessen an ihren beiden Polen zugespitzt. Sie liegt stets hinter der Kornzelle der ersten Reihe, also mehr in die Tiefe der Retina gerückt.

Beide Arten von Zapfen sind nach meinen Untersuchungen gleich lang, während W. Müller lange und kurze unterscheidet. Es erklärt sich diese Verschiedenheit der Angaben aber daraus, dass W. Müller von dem distalen Ende der Kornzelle aus einen Fortsatz nach der proximalen Grenze der Granulosa externa gehen lässt und die Strecke von hier aus bis zur Spitze der Sehzellen als Länge der Zapfenanlage rechnet, während ich die Strecke vom distalen Pole der betreffenden Kornzelle bis zur Spitze ihres Zapfens messe.

Auf die Zapfenkörnerschicht folgt nun eine 0,0026 mm starke Schicht, die man als Granulosa externa auffassen mag. Sie setzt sich zusammen aus feinem Protoplasmaagerinsel, das von reichlichen Horizontalfaserzügen durchsetzt wird. Diese bestehen zum Theil aus Verzweigungen der Stützfasern, zum Theil aber hat man es dabei mit selbständigen Gebilden zu thun.

Die Schicht wird, ausser von den Hauptstämmen der Müller'schen Fasern, noch von den feinen Fortsätzen der Zapfenkornzellen radiär durchzogen.

Es folgt nunmehr eine einfache Schicht ganglienartiger Zellen (*e*), welche die Fortsätze der Zapfenkornzellen aufnehmen (und zwar stets mehrere Fortsätze, meistens je einen von jeder der beiden Zapfenreihen) und ihrerseits wieder durch Ausläufer mit den Zellen der folgenden, der äusseren Ganglienschicht (*e'*) in Verbindung treten. Auch die Ganglienzellen dieser Schicht nehmen ebenfalls immer mehrere solche Ausläufer (zwei bis drei) in sich auf und stellen vermuthlich durch feinste Fortsätze einen Zusammenhang mit den Elementen der Hauptganglienschicht (*g*) her. Wie schon bemerkt, ist es mir freilich niemals möglich gewesen, diesen Zusammenhang zu sehen.

Zwischen den ganglienähnlichen Zellen der Schicht *e* finden sich spärliche grosse Ganglienzellen (*e''*), die nach allen Seiten Fortsätze aussenden, ohne dass jedoch dadurch nachweisbar ein Zusammenhang mit irgend welchen anderen Netzhautelementen hergestellt würde.

Die Zwischenganglienschicht ist ziemlich mächtig 0,004 mm und wird überwiegend aus den hier besonders reichlichen Verzweigungen der Stützfasern gebildet. Der Antheil, den das Protoplasma-

gehört zur Lamina optica (Hirnhäutchen am Aufbau der Schädel nehmen zum Beispiel sehr stark).

Die Folia der Hauptganglienschicht β sind in großkörniges Protoplasma eingebettet. Sie haben eine Fortsetzung von β mit und stellen Fortsätze nach allen Seiten. Zuweilen läßt sich eine solche Verbindung durch einen beständig starken Fortsatz zwischen ihnen und den Fasern der Opticus-Lamina nachweisen.

Es folgt nun ein von innen dem Protoplasma gebildet etwa 0,05 mm breiter Raum γ . In dem sich die Fasern der optischen Nervenstrahlen ausgesprochen wieder Zellen nach freie Kerne finden. In der Schicht soll eine zwei-höchstens dreifache Lage von Kernen mit schwer erkennbaren Zellkernen an der Basis der einer schichtartigen inneren Körnerschicht; übrigens immer noch in einer Schicht von 0,05 mm.

Die Opticusfaserschicht misst im Augeninneren 1,0 mm und hat also bedeutend an Stärke gewonnen. Auch die Lamina interna ist bedeutend angewachsen auf 0,5 mm. Sie wird aus feinschuppigen Protoplasma gebildet, das zum Teil von Hornstofffasern durchzogen wird. Diese lassen sich aber nur in der Mitte der Schicht deutlich als solche erkennen, wobei der proximalen Grenze derselben erhält man mehr von Endknäuel als in das Protoplasma der Grundsubstanz selbst streng abgegrenzt wäre. Im distalen Endteil der Grundsubstanz selbst sind wieder kleine Spure. Auch hier finden sich wieder drei Lagen von Ganglienzellen in die Schicht eingeschlossen. Die der Opticusfasern zunächst gelegenen δ sind sehr groß (Längsdurchmesser 0,05 mm) aber in oft bedeutenden Abständen von einander gelegen. Sie stellen Fortsätze nach außen, während die nach der Opticusfaserschicht hin. Die zweite Lage ϵ etwa in der Mitte der Schicht einnehmend ist aus kleineren Zellen gebildet. Ihre Elemente sind abwechselnd mit ihrer Fortsetzung nach innen und außen. Fast ebenso verhalten sich die Zellen der dritten Schicht ζ in der Lamina interna proximalen Zelllage η nur sind ihre Fortsätze noch mehr reduziert und in der Hauptachse der Längsrichtung. Hier wird die Zellmembran beschränkt.

Die Lamina interna von millimeterer Mächtigkeit zeigt gegenüber ihrem Verhalten bei dem oben beschriebenen Stadium keine Veränderung.

Die Millimeter Mächtigkeit zeigt sich in der Lamina interna nur bei schon im vorigen Stadium einer millimeterigen Hauptganglienschicht. Die letzteren zeigen zuweilen in Form kleinerer von Ausbuchtungen und Art Kern, die aber nur in den seltensten Fällen eine scharfe Grenze gegenüber dem übrigen Protoplasma haben. Die Schichtgrenze durchziehen ohne Abgabe von Fortsätzen die Lamina interna, die Opticusfaserschicht und die distale Hälfte der inneren Körnerschicht. Am proximalen Ende dieser Schicht beginnt die Ausbildung von Seitenzweigen, die sich nach allen Richtungen in der Hauptganglienschicht β sich bewegen und ihren Höhepunkt in der Hauptganglienschicht β erreichen. Die distalen Partien der äußeren Körnerschicht durchziehen die Schichtgrenze, wobei aber nur geringe Abgabe von Zweigen. Jetzt läßt sich jedoch ein Theil der Fasern nach innen einer großartig weiter entwickelten Bildung von Seitenzweigen in einer etwa 0,05 mm dicken Schicht nachweisen, die sich proximalwärts in der Richtung des früheren Hauptganglienschicht β nach innen bewegt. Wie schon bei β ist diese Verbindung mit der proximalen

von dem Pigmentepithel die verbleibenden Zwickelräume. Untersuchungen haben nach Einwirkung der Fasern in die Schichten der Zapfenkörnerschicht nicht mehr statt.

Schlüßfolgerungen über Art und Zahl der Schichten sind: 1. In der Membran interna der Optikusfaserbahn der äußeren Hälfte der inneren Körnerschicht besteht die Pigmentkörn- und Schichtenreihe vom dem Pigmentepithel ansetzend. Sie besteht aus 10 bis 12 Schichten der Zapfenkörnerschicht, darunter 10 bis 12 Schichten der Hauptganglienschicht und schließlich der Hilfszelle über Ausbreitung an der Grenze nach außen sind 2-3 Schichten peripherer Hälfte der äußeren Körnerschicht (10) und der Hauptganglienschicht (10). Unter der Art der Verbindung mit dem Strahltrichter gilt das bei *Amphioxus* Goeppke Fig. 10.

Eine Zusammenfassung der nach Beschreibung der einzelnen Schichten gewonnenen Resultate ergibt Folgendes:

Vordergeschicht ist eine Nebenganglienschicht der Schichten von der sich in der Mitte des erwachsenen Polypen befindet, verbunden mit der Seite für die Membran externa nachfolgende:

Die Membran externa	Die Membran interna
Pigmentepithel	Pigmentepithel
Zapfen	Strahltrichter
Zapfenkörnerschicht	äußere Körnerschicht
Dem Polypen eigentümliche Schicht (Leitungselemente peripherer Hälfte)	
Granulosa externa	(Leitungselemente peripherer Hälfte)
Äußere Ganglienschicht	
Zwischenganglienschicht	
Hauptganglienschicht	
Innere Körnerschicht	innere Körnerschicht
Optikusfaserbahn reifer Körnerschicht	Granulosa interna
Granulosa interna reifer Körnerschicht	Ganglienschicht
	Hilfszelle
Membran interna interna	Membran interna interna

Was zunächst die Membran externa betrifft, so zeigt sich das auf höchsten Entwicklungsstadium bei derselben nur etwa die Hälfte davon eigentümlich zu sein, während diese anderen Fasern ganz peripher sind. Im Laufe der Entwicklung verlagert sich die Membran externa immer mehr nach außen und verliert ihren Teil, so dass die charakteristische Membran externa der Membran externa vom dem Strahltrichter entfernt besteht aus reiferer Hälfte der Membran externa, während das

Die Zellfortsätze dieser Schicht zeigen ein schwankendes Verhalten. Sie sind auf niederen Entwicklungsstufen oft schon ziemlich ausgebildet und fehlen dann wieder auf höheren Stufen gelegentlich fast gänzlich. Beim erwachsenen Thiere sind sie stets vorhanden und wohl entwickelt, sowie oft stark pigmentirt, während die Zelle selbst wenig Pigment zeigen kann. Diese Erscheinung tritt bei allen von mir untersuchten geschlechtsreifen *Petromyzon* auf, doch ist es wohl möglich, dass darin trotzdem kein fester Charakter zu sehen ist, sondern die hier auftretende gleiche Art der Pigmentvertheilung mit dem zufälligerweise gleichen Grade der Beleuchtung des Auges im Momente des Todes ursächlich zusammenhängt.

Bei den verschiedenen *Ammocoetes*, die ich untersucht habe, erstreckt sich das Pigment fast niemals auf die Zellfortsätze, nur in einem einzigen Falle konnte ich der Retina gegenüber eine schwache Pigmentirung feststellen. Man könnte hieraus schliessen, dass das Auge nicht, wie z. B. Wiedersheim¹⁾ angibt, blind, sondern trotz seiner dichten Bedeckung es handelte sich um ein sehr junges Thier) dem Lichte bis zu einem gewissen Grade zugänglich und für dessen Wirkungen empfänglich ist.

Die Sehzellen entwickeln sich folgendermaassen: Der proximale Pol von Zellen der äusseren Körnerschicht, die in der Nähe des Margo limitans liegen, wächst zunächst in eine kegelförmige Spitze aus, die sich allmählich über den Margo limitans hinauschiebt. Die Zelle, die wahrscheinlich schon viel früher durch einen distalen Fortsatz mit den äusseren Ganglienzellen (*e'*) in Verbindung getreten ist, behält ihre Stelle unverändert bei. Indem aber der Margo limitans infolge Wachstums der ganzen Schicht und damit auch der protoplasmatischen Zwischensubstanz allmählich von ihr wegrückt, scheint die Zelle selbst mehr und mehr in die Tiefe der Schicht zu wandern. Zwischen ihr und dem Margo treten neue Lagen von Kornzellen auf, die dann bald demselben Auswachsungsprocess unterworfen werden und jene weitere Serie künftiger Zapfen liefern, die man auf verschiedenen Stufen der Entwicklung trifft, und die immer jünger sind, als die den mehr in der Tiefe der Schicht gelegenen Kornzellen entstammenden. Das ausgewachsene Ende der Zellen der älteren und bald auch der jüngeren Serie setzt sich nun immer mehr gegen die Mutterzelle ab und ist schliesslich mit derselben nur noch durch einen im Verlauf der Entwicklung stetig an Länge zunehmenden fadenförmigen Stiel verbunden. Zu gleicher Zeit mit dem Beginn dieser Abschnürung erleidet auch die Zapfenanlage selbst im Niveau des Margo limitans externus eine Einschnürung. An dieser Stelle ist die später sehr deutliche Grenze zwischen Zapfenendglied und Körper. Durch Differenzirung des protoplasmatischen Inhalts bilden sich dann die kernartigen Protoplasmaanhäufungen im Zapfenkörper, die hellen Randschichten im Körper und Endglied und endlich, auf der Grenze zwischen beiden, der Vacuolenraum.

Diese Entstehung der Sehzellen vollzieht sich jedoch nicht in gleichmässiger ungestörter Weiterentwicklung. Es tritt vielmehr von Zeit zu Zeit ein Stillstand in der Ausbildung der fortgeschritteneren Theile der Sehzellschicht ein, der so lange andauert, bis auch die Elemente der jüngeren Serie die Stufe der älteren erreicht haben: dann setzt sich einerseits die Entwicklung der schon vorhandenen Sehzellen fort, andererseits erwachsen zwischen ihnen wieder neue aus den „freien“ Kornzellen der

Zapfenkörnerschicht. So kommt es, dass man auf niederer Stufe der Entwicklung Schzellen von gleich weit fortgeschrittener Ausbildung finden kann, auf einer höheren Stufe dagegen Zapfen, von denen zwar ein Theil viel weiter entwickelt ist, der Rest aber hinter dem Entwicklungsgrad der Sehelemente des niederen Stadiums noch zurücksteht. Die Entwicklung ist eben hier, wie ja auch in vielen anderen Beziehungen beim *Petromyzon*, keine stetige, sondern geht mehr ruckweise vor sich.

Bei den Exemplaren mit durchweg gleichmässiger Entwicklung der Schzellen ist die Zahl der „freien“, d. h. der noch nicht zur Zapfenbildung herangezogenen Kornzellen stets eine viel grössere, als da, wo eine Ausbildung der Zapfen in zwei gleichaltrige Serien gefunden wird. Da der grösste Theil der freien Kornzellen zur Bildung der Schzellen dient, so kann diese Erscheinung nicht auffallen; die Thiere mit durchweg gleichartigen Schzellanlagen sind am Ende einer jener Entwicklungspausen angelangt, und es wäre hier in nächster Zeit durch Auswachsen der bis dahin „freien“ Kornzellen zur Bildung einer weiteren Serie von Schzellen gekommen. Bei den Exemplaren mit ungleicher Entwicklung der Zapfen dagegen sind die Kornzellen zur Schzellbildung schon herangezogen worden, die Zahl der noch „freien“ ist also naturgemäss eine geringe, so lange bis im Laufe des allgemeinen Wachstums der Retina dieser Ausfall durch Neubildung von Zellen wieder ausgeglichen ist.

Das Gesagte gilt für die Schzellen der gesammten Netzhaut, also sowohl in Retina A, als in Retina B. Es ist hierbei jedoch zu bemerken, dass jene Pausen in der Schzellentwicklung keineswegs für die gesammte Retina gleichzeitig einzutreten brauchen. Es kann vielmehr z. B. die Retina A am Ende einer solchen Pause angelangt sein, also ganz gleich weit entwickelte Schzellen aufweisen, während die übrige Retina desselben Individuums, sei es mit einer, sei es mit beiden Serien ihrer Schzellschicht im Wachsen begriffen ist, also Elemente von verschiedenem Ausbildungsgrade besitzt.

Nicht alle freien Kornzellen haben jedoch die Bestimmung, sich zu Schzellen zu entwickeln. Die in den tieferen Lagen befindlichen treten vielmehr auf höheren Entwicklungsstufen in Beziehung zu den distalen Fortsätzen der Zapfenkornzellen einerseits und den proximalen der äusseren Ganglienzellen andererseits, die sie beide in sich aufnehmen, und dienen so, sich mehr und mehr selbst zu Ganglienzellen entwickelnd, zur Vermittlung der nervösen Leitung zwischen den Schzellen und, in letzter Linie, den Opticusfasern. Ebenso dürften wohl die äusseren Ganglienzellen (e') ihren Ursprung auf Zellen der äusseren Körnerschicht zurückführen und sich, freilich in sehr früher Zeit, in die damals noch direkte Leitung zwischen Zapfenkornzellen und den Ganglienzellen der Hauptganglienschicht (g) eingeschoben haben.

Die nervöse Leitung lässt sich von den Schzellen bis zu den äusseren Ganglienzellen verfolgen. Zwischen diesen und der Hauptganglienschicht (g) jedoch konnte ich niemals einen Zusammenhang nachweisen, während die Verbindung zwischen letztgenannter und der Opticusfaserschicht sich wenigstens im Auge des geschlechtsreifen Thieres sehr deutlich feststellen liess. Ich glaube, dass der Zusammenhang zwischen jenen beiden Ganglienschichten (e' und g) überhaupt nicht durch einfache Fortsätze hergestellt wird, sondern durch ein System anastomosirender, von den beiderseitigen Zellen ausgeschiedener feinsten Ausläufer. Diese selbst waren häufig sehr deutlich zu sehen, ein Anastomosiren derselben konnte ich freilich, wie schon bemerkt, niemals nachweisen.

Die Hauptganglienschicht (*g*), der ich diesen Namen geben möchte, weil sie beim erwachsenen Thiere die Rolle der in der Retina der meisten übrigen Wirbelthiere als Ganglienschicht $\alpha\alpha' \xi\xi\omega\chi\eta$ bezeichneten Gewebstheile spielt, ist erst im späteren Verlaufe der Entwicklung in Funktion getreten. Ihre Aufgabe erfüllte vorher eine Ganglienschicht, die, wie sonst immer, in unmittelbarer Nachbarschaft der von ihr herstammenden horizontalen Opticusfaserschicht verblieben war. Auf dieser Stufe der Entwicklung zeigte die spätere Hauptganglienschicht überhaupt noch keine eigentlichen Ganglienzellen.

Eine Veränderung in diesen Verhältnissen wurde erst durch das scheinbare Wandern der Opticusfaserschicht herbeigeführt.

Es nahm nämlich, auf niederen Stufen der Entwicklung, die Opticusfaserschicht auch bei *Ammonoites* denselben Platz ein, wie im Auge fast aller übrigen Wirbelthiere, d. h. zwischen der Limitans interna und der Ganglienschicht, aus der sie herkommt. Im Laufe der weiteren Ausbildung mag sich nun das Bedürfniss einer grösseren Annäherung der funktionirenden Ganglienschicht (um die mit den Opticusfasern direkt im Zusammenhang befindliche so zu bezeichnen) an die Sehzellschicht geltend gemacht haben, und es entwickelten sich deshalb der Reihe nach immer wieder Lagen tiefer gelegener Nervenzellen zu faseraussendenden Ganglienzellen, sodass also nach einander die in den Figuren mit 1, 2 und 3 bezeichneten Zellschichten und schliesslich die Zellen der, bisher wohl höchstens als leitende Zwischenschicht fungirenden, gegenwärtigen Hauptganglienschicht (*g*) den Dienst einer „funktionirenden“ Ganglienschicht versehen haben resp. noch versehen. Die von den Ganglienzellen ausgesendeten Nervenfasern schlugen naturgemäss immer einen möglichst nahen Weg nach ihrer Sammelstelle zum Nervus opticus d. h. nach dem alten Augenblasenstiel ein, und so schien dann die Opticusfaserschicht immer mehr in die Tiefe der Retina zu wandern.

Der Raum zwischen den dadurch ausser Betrieb gesetzten Ganglienzellen wurde theils durch Auflösung der bei den Jugendformen sich zwischen den Ganglienzellen findenden Körner, theils durch Zerfall der, jenen Ganglienzellen entsprechenden Opticusfasern zur Granulosa interna. Von jenen Körnern finden sich beim erwachsenen *Petromyzon* zuweilen an der proximalen Grenze der Granulosa interna noch Spuren (*g*) in Gestalt kleiner, augenscheinlich im Zerfall begriffener Protoplasmaballen (Kernchen); als letztes Ueberbleibsel der Opticusfasern dürften wohl die zuweilen auftretende faserige Textur der Granulosa resp. die ab und zu sich zeigende horizontalfaserige Anordnung des Protoplasmagerinnsels dieser Schicht aufzufassen sein.

Es erklärt sich so einmal das von aussen nach innen stärker ausgesprochene Verkümmern der der Granulosa interna eingelagerten Zellen von ganglionärem Charakter, und dann auch die mit fortschreitender Entwicklung zunehmende Stärke jener Schicht.

Die Müller'schen Fasern sind, wie auch meine Untersuchungen an nahestehenden Cyclostomen (s. u.) ergeben, mesodermalen Ursprungs. Sie verdanken ihre Entstehung demselben durch die focale Augenspalte einwandernden Bindegewebzuge, der auch den Glaskörper liefert, und bleiben durch ihren festen Anschluss an die Limitans interna in dauerndem Zusammenhang mit diesem. Bei der in den Präparaten nicht selten durch die Reagentien herbeigeführten Schrumpfung des Glaskörpers folgt diesem stets die Limitans interna, so dass dieselbe sich demgemäss von der Retina abhebt. Die dreieckigen Füsschen der Müller'schen Fasern (und sehr oft noch Stücke von diesen selbst) bleiben hierbei

immer mit der *Limitans interna* in Verbindung, werden also aus der *Retina* herausgezogen. Ich glaube, dass auch dies Verhalten in etwas für den bindegewebigen Ursprung, sowohl der *Limitans interna*, als der Müller'schen Fasern spricht.

Die letzteren ziehen sich quer durch die ganze *Retina* hin und tragen durch Abgabe von Seitenverzweigungen in hervorragender Weise bei zur Bildung besonderer Stüttschichten in der *Netzhaut*. Diese Schichten, die *Zwischenganglienschicht* und die *Granulosa externa*, werden, wie hier ebenfalls kurz wiederholt sein mag, in zweiter Linie durch *Protoplasmagerinnsel* und Systeme besonderer, von den Müller'schen Fasern unabhängiger Faserzüge gebildet. Beide Elemente sind m. E. auf Zerfalls- resp. Umwandlungsvorgänge von Stützzellen zurückzuführen, es setzen sich die Stüttschichten der *Retina* also lediglich aus ursprünglich bindegewebigen, somit mesodermalen Gewebsformen zusammen.

Die Müller'schen Fasern endigen nicht am *Margo limitans externus*, sondern ziehen sich zwischen den Zapfen hindurch nach dem *Pigmentepithel* hin. Sie mögen an dieser Stelle viel beigetragen haben zum Zustandekommen der häufig vertretenen Meinung, dass in der Schicht des *Petromyzon* auch Stäbchen vorhanden seien.

Die Stützfaser treten schliesslich zwischen den Zellen des *Pigmentepithels* hindurch, um sich sofort mit der *Zwischenmembran* zu vereinigen, in deren Substanz sie aufgehen.

Es wird auf diese Weise ein Netz (Fig. 22) bindegewebigen Ursprungs gebildet, das alle nervösen Theile des Auges durchsetzt, resp. umhüllt. Dasselbe besteht aus der *Membrana limitans interna*, die in unmittelbarem Zusammenhang mit der *Zwischenmembran* und durch diese wieder mit der *Pialscheide* des *Nervus opticus* steht. Diese Membranen bilden den Rahmen für ein zwischen ihnen sich ausspannendes Netzwerk¹⁾, das für die *Retina* aus den Müller'schen Fasern und ihren Verzweigungen, für den *Opticus* aus den Ausläufern der Zellen seines *Axenstranges* (s. u.) besteht.

Gefässe habe ich in der *Retina* selbst nicht nachweisen können, wohl aber in dem intraretinalen Verlaufe des *Sehnerven*.

Der *Nervus opticus*.

Auf allen Entwicklungsstufen zeigt der *Sehnerv* ein von dem der übrigen *Wirbelthiere* abweichendes Verhalten. Er bildet nämlich von seinem Austritt aus dem *Bulbus* an nicht einen mehr oder weniger walzenförmigen, kompakten nervösen Körper; seine Fasern ordnen sich vielmehr in der Weise an, dass sie die Wand eines *Hohlcyinders* bilden, der durch einen Strang quer zur *Längsaxe* gestellter Zellen vollkommen ausgefüllt wird.

¹⁾ So schon *Leydig*, *Lehrbuch der Histologie*, 1857.

1) *Ammocoetes*, Thierlänge 6,2 cm.

Maasse: Dorsale Opticuswand.	Stärke	0,004	mm
Ventrale Opticuswand	-	0,0059	-
Axenstrang	-	0,0207	-
Gesamtdicke des extrabulbalen Opticus.		0,0306	mm
Einschnürung des Opticus beim Durchtritt durch die Sclero- Chorioidea		0,019	-

Im Bereiche der Retina (Fig. 1), gleich nachdem die von der „funktionirenden“ Ganglienschicht ausgesandten Fasern sich zum Opticus vereinigt haben, findet eine Kreuzung derselben in der Art statt, dass die von der dorsalen Partie der Retina herstammenden Fasern sich nach der ventralen des Sehnervs, und umgekehrt, ebenso die von der dem vorderen Augenwinkel entsprechenden Netzhauthälfte ausgehenden sich nach der dem hinteren Augenwinkel entsprechenden Seite des Opticus und umgekehrt hinziehen. Es entsteht so im Inneren der Netzhaut eine Bildung, die man als Chiasma nervi optici zum Unterschied von dem cerebralen Chiasma nervorum opticorum) bezeichnet hat. Vollständig ist die Kreuzung jedoch insofern nicht, als die am meisten peripherisch gelegenen Fasern des Opticus von derselben nicht betroffen worden sind. Diese bilden vielmehr, ganz unabhängig von der geschilderten Erscheinung, ihrer dorsalen, ventralen u. s. w. Herkunft entsprechend, immer die äusseren Schichten derselben Seiten des Sehnervs.

Die ausserhalb der Sclera den Opticusraum erfüllenden Zellen ziehen sich stets wenigstens an dem einen, oft an ihren beiden Polen in Fasern aus, die, in ihrer Richtung gleichfalls senkrecht zur Axe des Opticus, durch die Schichten der Opticuswände hindurchdringen und sich mit, freilich nur selten deutlich entwickelten dreieckigen Füssehen an die Pia-scheide des Sehnervs ansetzen.

Die Pia ist sehr dünn, schon nahezu zur wirklichen Membran geworden. Sie setzt sich unmittelbar in die zwischen Pigmentepithel und Sclero-Chorioidea sich ausbreitende Zwischenmembran fort.

Die Dura, aufgebaut aus einer Anzahl derber Faserzüge, führt zahlreiche längliche Kerne und reichliches Pigment. Sie setzt sich in die äusseren Schichten des sclero-chorioidealen Bindegewebes fort und verleiht diesen dadurch den Charakter einer wirklichen Sclera (s. o.).

2) *Ammocoetes*, Thierlänge 12,5 cm.

Maasse: Dorsale Opticuswand.	Stärke	0,0117	mm
Ventrale Opticuswand	-	0,0104	-
Axenstrang	-	0,0266	-
Gesamtdicke des extrabulbalen Opticus.		0,0487	mm
Einschnürung des Opticus beim Durchtritt durch die Sclero- Chorioidea		0,022	-

Der Axenstrang hat also, obgleich das Thier nahezu doppelt so gross geworden, als beim vorigen Stadium, nur ganz unbedeutend zugenommen, während die Wandung in ihrem dorsalen Theile auf das Dreifache, ventral auf das Doppelte ihrer früheren Stärke angewachsen ist. Im Uebrigen zeigt sich keine Veränderung.

3) *Ammocoetes*, Thierlänge 17 cm.

Maasse: Dorsale Opticuswand.	Stärke	0,0117 mm
Ventrale Opticuswand	-	0,0163 -
Axenstrang	-	0,0318 -
Gesammitdicke des extrabulbalen Opticus.		0,0595 mm
Einschnürung des Opticus beim Durchtritt durch die Sclero- Chorioidea		0,031 -

Mit Ausnahme der im Wachstum etwas zurückgebliebenen Dorsalwand zeigt der Opticus gegenüber dem vorigen Stadium eine gleichmässige Stärkezunahme aller Theile. Die Pia-scheide erscheint meist etwas abgehoben von ihm, was daher rührt, dass die Opticusfasern unter Einwirkung der angewandten Reagentien stark zusammengeschrumpft sind, also den von der Pia eingeschlossenen Raum nicht mehr ganz ausfüllen. Dass nicht eine Lagenveränderung der Pia selbst stattgefunden hat, geht daraus hervor, dass die Zellen des Axenstranges durch die Fortsätze mit der Scheide in Verbindung geblieben sind, im entgegengesetzten Falle wäre eine Zerreißung der Fortsätze unvermeidlich gewesen. Die Füsschen der letzteren, mit denen sie sich an die Pia ansetzen, sind jetzt deutlicher geworden. Die Zellen des Axenstranges erscheinen enger gelagert.

4) *Ammocoetes*, Thierlänge 20 cm.

Maasse: Dorsale Opticuswand.	Stärke	0,0155 mm
Ventrale Opticuswand	-	0,0133 -
Axenstrang	-	0,0362 -
Gesamitstärke des extrabulbalen Opticus		0,0650 mm
Einschnürung des Opticus beim Durchtritt durch die Sclero- Chorioidea		0,0351 -

Der feinere Bau des Sehnervs zeigt keine nennenswerthen Veränderungen.

5) Das geschlechtsreife *Petromyzon*, Thierlänge 16 cm (Fig. 2).

Maasse: Dorsale Opticuswand.	Stärke	0,0355 mm
Ventrale Opticuswand	-	0,0318 -
Axenstrang	-	0,0999 -
Gesamitstärke des extrabulbalen Opticus		0,1702 mm
Einschnürung des Opticus beim Durchtritt durch die Sclero- Chorioidea		0,0673 -

Gegenüber dem vorigen Stadium ist der Opticus auf das Dreifache seiner Stärke angewachsen. Die Tiefe des Bulbus hat sich durch die Metamorphose aber nur etwa verdoppelt, man hätte es demnach hier mit einer ganz gewaltigen Stärkezunahme des Opticus zu thun. Ich halte es jedoch für nothwendig,

hierbei an das zu erinnern, was im Abschnitt über die Bedeckung des Auges in Bezug auf eine möglicherweise anzunehmende Ausnahmestellung des *Ammocoetes* von 20 cm Thierlänge gesagt worden ist. Vergleicht man die Maasse, die sich für den Opticus des erwachsenen *Petromyzon* ergeben, mit denjenigen des sub 3) behandelten ungefähr ebenso langen *Ammocoetes*, so findet sich von einer aussergewöhnlichen Verstärkung des Sehnerven keine Spur. Es ergibt sich vielmehr, dass der Opticus durch die Metamorphose das 2,5fache seiner Stärke auf jener Entwicklungsstufe erreicht hat, die Augentiefe aber ebenfalls auf das 2,75fache angewachsen ist. Beide haben also ungefähr gleichen Schritt gehalten.

Die Opticusfasern sind beim geschlechtsreifen Thier weit enger gelagert, als früher. Dasselbe gilt von den Zellen des Axenstranges, die auch viel schlanker und zahlreicher geworden sind. Sie senden zwar auch jetzt noch von beiden Polen Fortsätze ab, doch zieht sich stets nur der nach der näher gelegenen Wandung des Opticusraumes gerichtete durch die betreffenden Faserlagen hindurch, während der nach entgegengesetzter Seite abgehende Fortsatz zwar noch die den Hohlraum füllenden Zellmassen durchzieht, dann aber sich verliert, ohne in die Schicht der Opticusfasern einzudringen. Die in der Axe des Axenstranges etwas weniger dicht stehenden Zellen senden nach beiden Seiten ihre Fortsätze nur durch die Opticushöhle, ohne weder mit dem einen, noch dem anderen in die Wand einzudringen.

Soweit die Fortsätze die Opticusfaserschichten durchsetzt haben, treten sie mit nimmehr ziemlich deutlich entwickelten Füsschen an die Pialscheide.

Diese steht in unmittelbarem Zusammenhange mit der Zwischenmembran.

In der Wandung des Opticus, niemals jedoch zwischen den Zellen der Opticushöhle, lässt sich der Verlauf eines Gefässes nachweisen.

Die Kreuzung der Opticusfasern findet bei *Petromyzon* im Bereich einer dem Niveau der Opticusfaserschicht der Retina viel mehr genäherten Zone statt, als bei den verschiedenen *Ammocoetes*. Infolge dessen ist es in der Retina jetzt an der Sammelstelle der Nervenfasern zum Opticus zur Bildung einer unverkennbaren, wenn auch sehr flachen Opticuspapille gekommen. Sämmtliche Larvenstadien besitzen an Stelle einer solchen sogar eine Einsenkung.

Die Duralscheide des Sehnervs besteht nur noch aus wenigen starken Faserzügen, die reichliches Pigment besitzen und in deutlichem Zusammenhang mit der Sclera stehen.

Auf allen Entwicklungsstufen zeigt also der Sehnerv nach Austritt aus dem Bulbus eine Anordnung seiner Fasern zu einem Hohlzylinder, der durch einen Strang senkrecht zur Längsaxe gestellter spindelförmiger Zellen ausgefüllt ist. Diese Zellen, die sich im Laufe der Entwicklung immer enger an einander lagern, senden von ihren Polen fadenförmige Fortsätze aus, die gegen die Peripherie hinziehen und sich in ihrer grossen Mehrzahl mit dreieckigen Füsschen an die Pialscheide ansetzen. Sie sind ihrem ganzen Habitus nach bindegewebiger Natur und ich glaube, dass sie von dem Bindegewebe herkommen, das, wie u. A. Lieberkühn gezeigt hat, hauptsächlich durch die fötale Augenspalte in den Augenbecher und, da jene sich auf den Augenblasenstiel fortsetzt, auch in die auf diesem gebildete Rinne hinein seinen Weg genommen hat. Dadurch, dass dann secundär wieder eine Verwachsung der Ränder dieser Rinne eintrat, wurde jenes Bindegewebe in den Augenblasenstiel eingeschlossen und entwickelte sich an der Folge in angegebener Weise.

W. Müller's Ansicht, dass die fraglichen Zellen ihren Ursprung der früheren Epithelauskleidung des Augenblasenstiels verdanken, kann ich nicht theilen, da ja die von ihnen erfüllte Höhle keineswegs derjenigen des ursprünglichen Augenblasenstiels entspricht, sondern, wie bemerkt, infolge der von der secundären Augenblase sich fortsetzenden ventralen Einstülpung auch des Augenblasenstiels entstanden ist, ein Vorgang, durch welchen der primäre Hohlraum des Stiels verdrängt wurde und mit ihr das sie auskleidende Epithel. Des Näheren wird auf diese Frage in dem Kapitel über *Myxine* s. u.) eingegangen werden.

Auf allen untersuchten Stadien von *Ammocoetes* ebenso, wie beim geschlechtsreifen Thiere erleidet der Sehnerv während seines Durchtritts durch die Sclero-Chorioidea eine Einschnürung, durch die er vorübergehend etwa ein Drittel seiner vorherigen Stärke einbüsst. Während der Opticus aber bei allen Exemplaren von *Ammocoetes* nach Austritt aus dem Auge sofort wieder seine bisherige Dicke zurückgewinnt, erreicht der Sehnerv des erwachsenen *Petromyzon* nach seinem Durchtritt durch die Sclera fast das Dreifache seiner intraretinalen Mächtigkeit.

Die Zunahme des extrabulbalen Opticus hält im Allgemeinen gleichen Schritt mit dem Wachsthum des Auges. Es stellt sich das Verhältniss von Opticusdicke zu Augentiefe bei allen von mir untersuchten Stadien von *Ammocoetes* etwa auf 1 : 12; eine Ausnahme macht hiervon, wie schon bemerkt, nur wieder der *Ammocoetes* von 20 cm Thierlänge, bei dem sich hier das Verhältniss 1 : 13,5 ergibt. Die Metamorphose bringt eine gegenüber dem Bulbuswachsthum ein wenig gesteigerte Stärkenzunahme des Opticus und stellt das obige Verhältniss jetzt auf 1 : 11,5.

Das Auge von *Myxine glutinosa*.

Autoren:

- 1) Joh. Müller. Vergleichende Anatomie der Myxinoiden, der Cyclostomen mit durchbohrtem Gaumen. in: Abhandl. d. Berl. Akad. 1831. p. 83 ff.
- 2) ——. Vergleichende Neurologie der Myxinoiden. ibid. 1838. I. p. 83 ff.
- 3) G. Harris. Notes of Marine Zoology of Moray Firth. in: The Zoologist. 1851. Bd. IX. p. 2996 ff.
- 4) R. Leuckart. Organologie des Auges. in: Graefe u. Saemisch, Handb. d. Ophthalmol. Bd. II, 1.
- 5) Wilh. Müller. Ueber die Stammesentwicklung des Sehorgans der Wirbelthiere. III. Das Sehorgan von *Myxine*. in: Festschrift für C. Ludwig. 1871. p. VII ff.
- 6) Krause. Die Nervenendigungen in der Retina. in: Arch. f. microsc. Anat. Bd. XII. 1876. p. 742 ff.
- 7) Wiedersheim. Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere. Jena 1886.

Johannes Müller¹⁾ hielt *Myxine* zuerst für augenlos, überzeugte sich aber später²⁾ von dem Vorhandensein eines Sehorgans. Er fand einen sehr dünnen, vom Gehirn abgehenden Schnerv, der in einem blasenartigen Körperchen endet, „welches auf der Gaumenleiste entsprechend dem vorderen Ende der Gehirnkapsel liegt, aber von Muskeln bedeckt ist“. Die deckenden Muskeln sind die Anfangstheile des Anziehers der Nase und der Tentakeln. Das Auge liegt über der Gaumenleiste und dem ersten Trigenimusast, da, wo dieser aus der Schädelhöhle austritt, etwa an der Grenze zwischen Nasen- und Gehirnkapsel. Der Bulbus wird von „Zellgewebe“ ohne Fettpolster umhüllt. Er hat eine etwas längliche Form, seine Längsaxe verläuft parallel zu der des Thieres. Die äusserste Hülle des Bulbus ist fest; eine Grenze zwischen Sclera und Cornea existirt nicht. Keine Spur einer Iris. Auch Pigment fehlt absolut. Eine Art Glaskörper scheint vorhanden zu sein in Form einer trüben, scheinbar körnigen Masse mit faseriger Bildung. Joh. Müller schreibt dem Auge von *Myxine* eine, freilich sehr beschränkte Lichtempfindlichkeit zu.

G. Harris³⁾ bestätigt das Vorhandensein eines Sehorgans bei *Myxine glutinosa*: er beschränkt sich aber auf die Angabe, dass dasselbe, weil von der Haut bedeckt, schwer erkennbar sei.

Wilh. Müller⁵⁾. Das Auge liegt im Bindegewebe eingebettet neben dem hinteren Ende der Riechkapsel und ist durch Muskeln und die Körperhaut bedeckt. Es wird von einer Kapsel eingeschlossen; die 0,01 bis 0,016 mm stark, aus fibrillärem Bindegewebe besteht. Diese Kapsel sendet „einen nähernd pilzförmig gestalteten Fortsatz von 0,02 mm Höhe von der Mitte des lateralen Umfangs in das

Innere des Auges. Dieser Fortsatz besteht aus einem dünnen Stiel und einem umfangreichen, im Auge selbst liegenden Abschnitt von annähernd kugelförmiger Form, welchem die eigentliche Retina, wie dem Bindesubstanzstock einer Papille das Epithel, aufsitzt. In der Kapsel sind reichliche Gefässe, von denen aus eine kurze Schlinge sich auch in jenen Fortsatz hinein erstreckt. Der Vorsprung wird durch eine zarte Membran begrenzt. Pigmentirung findet sich in dem ganzen Organ, abgesehen von ganz vereinzelt gelblichen Körnern, keine vor. Die Augenblase selbst besteht aus der einschichtigen Pigmentlamelle und der mehrschichtigen Retina, die an der Eintrittsstelle des Fortsatzes in einander übergehen. Dies geschieht in der Art, dass das bisher einschichtige Pigmentepithel zunächst zwei-, dann drei- und mehrschichtig wird. Die tiefer liegenden Zellen zeigen dabei Neigung, sich in Fasern auszuziehen, die sämmtlich der Oberfläche jenes Vorsprunges zustreben, um sich daran zu befestigen. Die Netzhaut besteht, von Aussen nach Innen betrachtet, zunächst aus einer Schicht, die die Schelelemente und äusseren Körner umfasst. Sie enthält neben den eigentlichen Schzellen noch andere, kleinere Elemente, die sogenannten Fulcrumzellen, die in theils gerade nach Innen verlaufende, theils sich verästelnde Fortsätze übergehen; diese stehen zuweilen mit den Ausläufern der Pigmentepithelzellen im Zusammenhang. Es folgt nun, bei dem Fehlen einer Granulosa externa sogleich die innere Körnerschicht, die durch eine Lage von Parallelfasern wieder in zwei Schichten getrennt wird. Die äussere davon besteht aus grossen runden, die innere aus kleinen elliptischen Zellen, die ebenfalls Neigung besitzen, sich in radiäre oder horizontale Fasern auszuziehen. Es folgt die Granulosa (interna) und dann die Ganglienschicht. Die Elemente dieser letzteren zeigen meist zwei, seltener drei Fortsätze. Der eine derselben strebt nach der Tiefe der Retina, ist jedoch sehr schwach und verliert sich sehr bald, der andere ist stets nach dem Opticus zu gerichtet; er ist stärker und meistens weit zu verfolgen, zuweilen lässt sich sein Zusammenhang mit den Opticusfasern constatiren. Die innerste Schicht ist die der Opticusfasern. Die starren Faserzellen, die sich in der Retina häufig finden, entsprechen den Radiärfasern. Sie sind hervorgegangen „aus der Anpassung eines Theils der indifferenten, die Anlage ursprünglich herstellenden Epithelialgebilde des Neuroderm“, also ectodermalen Ursprungs. „Bleibende Bestandtheile, welche aus dem Mesoderm abzuleiten wären, besitzt die Retina von *Myrine* überhaupt nicht.“ Eine Linse fehlt. Die Glaskörperanlage repräsentirt jener Fortsatz der Augenkapsel. Das Pigmentepithel besitzt Ausläufer gegen die Retina hin. Iris und innere Augenmuskulatur fehlen, desgleichen die äussere. Eine Differenzirung von Sclera und Cornea hat noch nicht stattgefunden.

Krause⁶ erklärt die von Wilh. Müller als solche beschriebenen Fulcrumzellen der äusseren Körnerschicht für Schelelemente und zwar für Stäbchenzellen.

Wiedersheim⁷). Der elliptische Augapfel von *Myrine* ist rings von einer starren Kapsel umhüllt, in der sich eine kapilläre Gefässausbreitung findet. Linse, Iris und eine deutliche Sclera fehlen. Das Auge ist durch eine Muskellage von der äusseren Haut getrennt, „so dass selbstverständlich auch von keiner Cornea die Rede sein kann“.

Eigene Untersuchungen.

(Tafel IV.)

Der Bulbus.

Das Auge von *Myxine glutinosa* (Fig. 34) liegt im Niveau der Grenze zwischen Vorderende des Gehirns und Riechkapsel und zwar, wie schon Joh. Müller gezeigt hat, unmittelbar über dem ersten Ast des Trigemini in der Gegend von dessen Austritt aus der Schädelhöhle. Eine wirkliche Orbita fehlt; das Auge ist vielmehr, wie bei *Petromyzon*, nur in seinem hintersten Theile, etwa auf ein Sechstel des Umfangs, durch Aufwulstungen der knorpeligen Schädelkapsel geschützt. Der Bulbus ist von lockerem Bindegewebe umhüllt, in dem sich zuweilen Spuren von Fett nachweisen lassen. Er hat die Form eines Ellipsoids, dessen grosse Axe parallel zur Körperlängsaxe verläuft. Sie hatte bei den von mir untersuchten Thieren eine Länge von ca. 0,125 mm. Der Querschnitt des Auges ist nahezu kreisrund, mit einem Durchmesser von ca. 0,294 mm.

Das Sehorgan von *Myxine* ist gegen Aussen durch eine Reihe über einander gelagerter Gewebsschichten abgeschlossen. Dieselben sind von Innen nach Aussen betrachtet folgende:

Auf die das Auge umhüllenden Bindegewebsmassen folgt eine dicke Muskelschicht von durchschnittlich 0,1 mm Mächtigkeit. Es sind dies Theile der zum Rande der Mundöffnung resp. den Tentakeln in Beziehung stehenden Muskeln. Das Auge wird von ihnen nicht blos gegen Aussen verdeckt, sondern auch seitlich eingeschlossen. Auf die deckenden Muskellagen folgt nun eine Schicht subcutanen Bindegewebes, etwa 0,025 mm stark, und darauf, in einer Mächtigkeit von 0,0359 mm, die Cutis (*Ct*), an die sich schliesslich, mit ziemlich wohl entwickeltem Rete Malpighii, die Epidermis, 0,0392 mm stark, anreihet. Die Gesamtkörperhaut erleidet über dem Auge weder in Bezug auf Stärke, noch auf Struktur eine Veränderung gegenüber ihrem sonstigen Verhalten, höchstens ist über dem Auge das subcutane Bindegewebe etwas schwächer entwickelt. Die gesammte das Auge abschliessende Deckschicht misst, das bulbus-umhüllende Bindegewebe mit eingerechnet, ca. 0,52 mm. Ob zwischen der Stärke dieser Deckschicht und der Länge des Thieres, oder zwischen ersterer und der Augentiefe ein constantes Verhältniss besteht, vermag ich nicht anzugeben, da mir nur Exemplare von *Myxine* zur Verfügung waren, die an Körperlänge wenig differirten. Bei den von mir untersuchten Thieren stellte sich das Verhältniss von Augentiefe (d. h. der Länge der Augenaxe zwischen dem proximalen und distalen Pol, gemessen von der äusseren Grenze des Pigmentepithels aus) zu Stärke der Deckschicht immer auf 1 : 2,6. Es findet sich dies Verhältniss, ganz geringe, wohl auf Differenzen in der Schmittichtung zurückzuführende Schwankungen abgerechnet, wie gesagt, bei allen von mir untersuchten *Myxine*-Augen gleich, so grossen Spielraum man bei diesem Organ auch sonst m. E. der Einwirkung individueller Eigenthümlichkeiten lassen muss. Dieselben gehen ja so weit, dass es z. B. keine Seltenheit ist, wenn das eine Auge ein und desselben Thieres um ein Bedeutendes grösser und auch in seinen Details weiter entwickelt ist, als das andere.

Die Epidermis zeigt eine sehr enge Lagerung ihrer Elemente, die ausserdem durchweg sehr klein sind. Sie führt zahlreiche kleine Schleimzellen. Die Cutis besteht aus ungemein feinen, sehr gestreckt

verlaufenden Fibrillen und ist fest geschichtet. Sie besitzt in ihrer distalen Hälfte ziemlich zahlreiche längliche Kerne. Von der Mitte der Schicht ab werden dieselben immer seltener und kommen endlich am proximalen Rande fast gar nicht mehr vor. Das subcutane Bindegewebe ist etwas lockerer und besitzt wieder reichlichere Kerne, die jedoch viel kleiner sind, als die in der Cutis sich findenden, wenn auch nicht in demselben Maasse in die Länge gezogen.

Sogenannte Hilfsorgane besitzt das Auge von *Myrine* überhaupt nicht. Es ist weder eine Spur von Augenlidern vorhanden, noch findet sich eine der drei Augendrüsen; ebenso wenig existirt eine Augenmuskulatur.

Nach dieser kurzen Uebersicht über die Lagenverhältnisse des Bulbus im Allgemeinen komme ich zur Schilderung der denselben zusammensetzenden Theile im Besonderen. Dieselben lassen sich jedoch nicht von einander getrennt behandeln, da sie zum grossen Theil noch in innigem Zusammenhange unter sich geblieben sind, wie z. B. Retina und Glaskörper, Retina und Sehnerv etc. Die noch für *Petromyzon* durchführbare Eintheilung des Folgenden in einzelne Abschnitte nach den verschiedenen Organen konnte somit nicht aufrecht erhalten werden.

Der Bulbus ist, wie schon bemerkt, ringsum von einer Bindegewebsmasse umgeben. In derselben hat sich bereits insofern eine Differenzirung vollzogen, als man von dem übrigen Bindegewebe deutlich eine das Auge unmittelbar umhüllende Partie unterscheiden kann. Diese Differenzirung findet sich im ganzen Umkreise des Bulbus (Fig. 35, 39, 40); nur in der Gegend der fötalen Augenspalte ist dieselbe in einzelnen Fällen noch nicht ausgebildet. Die besonders differenzirte Schicht ist ca. 0,02 mm stark und besonders in ihrem äusseren Theile sehr fest geschichtet. Die Faserzüge, die sie bilden sind, wenn auch im inneren Theile ziemlich gewellt, doch stets parallel angeordnet und mit zahlreichen Kernen versehen. Dieselben sind in der inneren Hälfte der Schicht grösser, als in der äusseren, wo sie sich ziemlich in die Länge ziehen. Gefässe besitzt die Schicht, doch sind dieselben ziemlich selten. Die beiden Hälften der Schicht lassen sich zuweilen leicht aus einander halten, meist gehen sie aber ohne scharfe Grenze in einander über. Man hat es, meiner Meinung nach, auch hier bereits mit einer Sclero-Chorioidea zu thun, d. h. mit einer Gewebsschicht, aus der sich im weiteren Verlaufe einer ungestörten Entwicklung die beiden äusseren „Häute“, die Sclera und die Chorioidea, herausgebildet haben würden. Dass man nicht berechtigt ist, anzunehmen, dass die fraglichen Bindegewebszüge lediglich als Chorioidea aufzufassen seien, eine Sclera also gänzlich fehle, geht auch hier (wie bei *Petromyzon* gezeigt) aus dem Umstand hervor, dass die stets deutlich ausgesprochene äussere Umbüllung des Sehnervs, dessen Duralscheide, in unmittelbarem Zusammenhang steht mit den äusseren Lagen der von mir als solche aufgefassten Sclero-Chorioidea. Gegen das den Bulbus im weiteren Umkreis einhüllende Bindegewebe setzt sich die Schicht scharf ab. Jenes Bindegewebe zeigt nur schwache Spuren einer parallelen Anordnung seiner Fasern um das Auge. Es ist sehr locker, besitzt zahlreiche runde, oder mehr ovale Kerne und führt reichliche Gefässe. Nur seine den vorderen Theil des Bulbus überziehenden Partien zeigen das Bestreben, einen regelmässigeren, dem der Sclero-Chorioidea ähnlicheren Faserverlauf anzunehmen.

Eine Linse fehlt vollständig.

Die Bildung der secundären Augenblase aus der primären hat einen von dem typischen etwas abweichenden Verlauf genommen. Sonst erfährt bekanntlich die primäre Augenblase zunächst eine

laterale Einstülpung ob die gleichzeitige Bildung der Linsenanlage damit in ursächlichem Zusammenhang steht, oder nicht, mag vorläufig dahingestellt bleiben, dann aber sehr bald eine ventrale. Bei *Myxine* dagegen kommt es überhaupt nur zu der letzteren. Diese allein bewirkt das Zustandekommen des Augenbeckers. Die Einstülpung geht jedoch nicht rein dorsalwärts vor sich, sondern ist zugleich etwas nach hinten gerichtet.

Der Unterschied zwischen dem Verhalten von *Myxine* im angegebenen Punkte und demjenigen der meisten übrigen Wirbelthiere ist aber nicht so bedeutend, wie es auf den ersten Anblick scheinen mag. Der Augenblasenstiel, und damit der spätere Sehnerv, gegen welchen hin ja die Haupteinstülpung (d. h. die den Augenbecher schaffende) typisch vor sich geht, ist nämlich hier vom Gehirn ab nicht direkt nach der äusseren Haut zu gerichtet, sondern verläuft vielmehr vom Centralnervensystem aus nach vorn, also etwa parallel zur Längsaxe des Thieres und parallel zur äusseren Haut. Der Sehnerv tritt, mit anderen Worten, nicht am proximalen Pol, sondern an der dem Schwanzende zugekehrten Seite des Bulbus aus demselben aus. Die Einstülpung geht somit auch bei *Myxine* ungefähr in der Richtung auf den Augenblasenstiel zu vor sich.

Aus dem eingestülpten Theil der früheren primären Augenblase entsteht, wie bei den höheren Wirbelthieren, die Retina, der Rest wird zum Pigmentepithel.

Während nun bei den weiter entwickelten Augen die Stelle, von der aus die ventrale Einstülpung vor sich gegangen ist, früh verwächst und schliesslich nur noch in Gestalt der sog. Chorioidealspalte nachgewiesen werden kann, wird die Augenspalte bei *Myxine* im Laufe der Entwicklung zwar wieder etwas enger, schliesst sich aber niemals ganz. Sie bleibt vielmehr zeitlebens erhalten. Ihre Weite ist, wie es scheint, individuellen Schwankungen (bei meinen Exemplaren zwischen 0,005 und 0,023 mm) unterworfen. Auf Querschnittspräparaten erscheint die fötale Augenspalte zuweilen nicht ventral, sondern vollkommen lateral, doch glaube ich diesen Umstand nicht etwa auf ein abweichendes Verhalten des betreffenden Thieres in dieser Hinsicht zurückführen zu müssen, sondern möchte ihm vielmehr mit einer durch die Behandlung des Objectes verursachten Lagenveränderung des Bulbus erklären, der ja, ohne durch Muskeln festgehalten zu werden, nur in losem Bindegewebe eingebettet ist.

Durch die fötale Augenspalte wandert nun eine Bindegewebsmasse ein. Dieselbe stellt sich bei einigen der von mir untersuchten Exemplare als eine direkte Fortsetzung des bulbusumhüllenden Bindegewebes dar. In diesen Fällen ist es dann an der Einwanderungsstelle noch nicht zur Differenzirung einer Sclero-Chorioidea gekommen. In der Mehrzahl der Fälle hat sich jedoch eine solche bereits entwickelt und trennt dann das eingewanderte Bindegewebe von den lockeren bulbusumhüllenden Massen.

Das Bindegewebe füllt den ganzen Innenraum des Auges vollkommen aus und sendet seine Faserzüge (mit reichlichen Zellen massenhaft in die Retina hinein, die es vollständig durchwächst. Eine Grenze zwischen diesen Bindegewebsmassen, die zweifellos eine Glaskörperanlage darstellen, und der Netzhaut besteht nicht, am wenigsten existirt schon eine Limitans interna, oder Membrana hyaloidea.

Die Bindegewebsfasern ziehen, wie bemerkt, quer durch die ganze Retina; sie durchsetzen alsdann nach Verlassen der Sehzellschicht, auch das Pigmentepithel und vereinigen sich mit einer zwischen letzterem und der Sclero-Chorioidea sich ausbreitenden Bindegewebschicht, die aus wenigen Faserzügen

mit meist nur noch angelagerten kleinen Kernen gebildet ist, der Zwischenmembran (vergleiche *Petromyzon*).

Alle diese Verhältnisse sind genau dieselben, wie bei *Petromyzon Planeri*. Der Unterschied ist nur der, dass bei *Myxine glutinosa* die Bindegewebsfasern viel schwächer sind und auf ihrem Wege durch die Retina zur Zwischenmembran sozusagen häufige Umwege machen, d. h. nicht so gestreckt verlaufen, wie die schon fertigen Müller'schen Fasern im *Petromyzon*-Auge. Auch die Stützzellen, die sich bei *Petromyzon* den Müller'schen Fasern stets nur angelagert finden, treten bei *Myxine* häufig, wenn auch keineswegs ausschliesslich, als einfache kernhaltige Erweiterungen der Radiärfasern auf (s. u.).

In der Gegend, wo die einwandernden Massen Fig. 10 aus dem den Bulbus umhüllenden Bindegewebe abgehen, findet sich in ersteren ein ziemlich grosses Blutgefäss, während ich im Innern des Auges Blut niemals habe nachweisen können. In den centralen Partien des den Augenbecher erfüllenden Bindegewebes hat zuweilen die Umbildung in Glaskörpermasse schon begonnen. Man findet alsdann dort einen aus Protoplasmagerinnsel gebildeten Komplex, der noch zellige und namentlich an seinem Rande) faserige Elemente in sich schliesst, gegen aussen aber allmählich in das unveränderte Bindegewebe übergeht.

Von einer Iris kann selbstverständlich nicht die Rede sein, man müsste denn die Gegend, wo inneres und äusseres Blatt der secundären Augenblase, also Retina und Pigmentepithel mit einander zusammenhängen, als solche bezeichnen. Infolge von Schrumpfungen, herbeigeführt durch die zur Conservirung etc. verwendeten Reagentien, wird oft der Rand des Augenbechers meist der ventrale in das Innere des Auges hineingedrängt, und so erhält man auf Schnittpräparaten dann Bilder, wie z. B. in Fig. 35 abgebildet.

Das Pigmentepithel hat eine Stärke von durchschnittlich 0,0065 mm. Es ist stets einschichtig und besteht aus cubischen Zellen mit grossen Kernen. Die Zellen senden gegen die Retina hin keine eigentlichen Fortsätze aus, besitzen aber auf der den Sehzellen zugekehrten Fläche schwache, höckerartige Vortreibungen ihres Protoplasma, die man als erste Anfänge jener Fortsätze auffassen kann. Die Zellen liegen sehr dicht neben einander und lassen nur Raum für den Durchtritt der aus der Retina kommenden Müller'schen Fasern.

Eine Membrana limitans externa besteht nicht, vielmehr kann man höchstens wieder von einem Margo limitans sprechen, der durch die Grenze der Zwischensubstanz gebildet wird. Er verläuft aber sehr verschwommen und unregelmässig, und ist oft kaum zu erkennen.

Die Sehzellen sind noch wenig entwickelt (Fig. 11, 12), doch lassen sich auch hier schon zwei Grade der Ausbildung unterscheiden. Der eine derselben wird repräsentirt durch eine Reihe von Zellen, bei denen die Auswachsung nach dem Pigmentepithel zu augenscheinlich eben erst begonnen hat. Sie ragen nur selten, und dann immer ganz wenig über den Margo limitans hinaus; meist erreichen sie denselben gar nicht. Sie sind von hellem Protoplasma gleichmässig erfüllt; nur ihre äusserste Spitze erscheint zuweilen etwas heller. Nach Innen haben sie sich bereits in einen schmalen Fortsatz ausgezogen. Sie besitzen einen ovalen Kern, aus sehr grossem, dicht gelagertem Protoplasma gebildet. Die zweite, ältere Art der Sehzellen ist erheblich höher entwickelt. Hier hat das ausgewachsene proximale Zellende bereits eine kegelförmige Gestalt angenommen und erhebt sich oft beträchtlich über den

Margo limitans. Auch im Inneren der Zelle hat eine Differenzirung begonnen: das Protoplasma fängt an, sich in den centralen Partien zusammenzuballen, sodass man also einen um die Axe gelegenen dichteren, dunkleren Theil von einer mit ganz feinem, hellem Protoplasma erfüllten Randschicht zu unterscheiden hat. Die Kerne dieser Zellen sind ebenfalls oval, aber etwas grösser, als bei den Elementen des zweiten Ausbildungsgrades. Die Zellen erscheinen hier mehr in die Tiefe der Retina, also vom Margo limitans weg gerückt. Nach Innen senden sie einen etwas stärkeren Fortsatz aus.

Man hat somit auch hier wieder dieselben Verhältnisse, wie bei *Petromyzon*.

Zwischen den ausgewachsenen Zellen beider Generationen finden sich, allerdings nur spärlich, Zellen, die noch keine Spur einer Differenzirung zeigen; sie sind von feinem Protoplasma gleichmässig erfüllt und ihre Kerne zeigen dasselbe Verhalten, wie die der jüngeren Generation der Sehelemente. Augenscheinlich hat man es hier mit Gebilden zu thun, die den von mir bei *Petromyzon* als „freie Körnerzellen“ beschriebenen entsprechen.

Die Fortsätze der Sehzellen treten mit einer an der distalen Grenze der äusseren Körnerschicht sich findenden Schicht kleiner ganglienartiger Zellen in Verbindung, welche die Bestimmung haben, die nervöse Leitung zwischen den Sehelementen und in letzter Linie den Opticusfasern zu vermitteln. Die Zellen erfüllen diese Aufgabe, indem sie ihrerseits wieder einen Fortsatz nach Innen senden und dadurch mit den gangliösen Elementen der nun folgenden inneren Körnerschicht in Verbindung treten.

Diese Schicht hat eine Gesamttärke von ca. 0,019 mm und ist von dem Margo limitans etwa 0,017 mm entfernt. Sie besteht aus dreierlei Zellen. Zunächst ihrem proximalen Rande, aber auch häufig mehr in die Tiefe gerückt, finden sich zahlreiche grosse Ganglienzellen mit grossen Kernen. Sie nehmen die Fortsätze der leitungsvermittelnden Zellen der äusseren Körnerschicht auf und senden nach allen Seiten sehr feine Ausläufer, deren Vereinigung unter einander oder mit anderen Zellen jedoch nicht nachweisbar ist. Ausserdem geht von ihrem distalen Pole ein etwas stärkerer Fortsatz aus, in seltenen Fällen auch deren zwei, von denen sich jeder mit einer der in der Mitte, resp. am distalen Rande der inneren Körnerschicht vorkommenden Zellen der zweiten Art vereinigt. Letztere sind zweifellos ebenfalls Ganglienzellen, nur sind sie kleiner und auch sonst weniger entwickelt, als die der ersten Art. Sie senden ihrerseits nur einen einzigen erkennbaren Fortsatz distalwärts und treten durch diesen in Verbindung — entweder direkt mit den grossen Opticusganglienzellen der folgenden Schicht, oder aber (und zwar scheint dies die Regel zu sein) mit kleinen Ganglienzellen, die sich in dem Zwischenraum zwischen der inneren Körnerschicht und der eigentlichen Opticusganglienschicht finden und den Zusammenhang mit letzterer ebenfalls wieder durch Ausläufer vermitteln.

Die dritte Art der Elemente der inneren Körnerschicht wird von den gewöhnlichen nervösen Kernen mit meist deutlich erkennbaren Zellgrenzen gebildet. Dieselben finden sich durch die ganze Schicht zerstreut, sind jedoch an der distalen Grenze weit häufiger, als in der Mitte, oder zwischen den Ganglien des proximalen Randes.

Die Opticusganglienzellen sind sehr gross und mit grossen runden Kernen versehen. Sie senden nach allen Seiten deutliche Fortsätze aus, bei denen ein Anastomosiren jedoch nicht nachweisbar ist. Sie nehmen die Fortsätze der kleinen Ganglienzellen der inneren Körnerschicht, resp. der Zwischenschicht auf und stehen stets in deutlichem Zusammenhang mit den von ihnen ausgehenden Opticusfasern.

Eine regelmässige Anordnung dieser Ganglienzellen in eine ein- oder mehrfache Schicht besteht nicht; ebenso wenig kann man von einer Opticusfaserschicht sprechen. Die Zellen sind vielmehr, untermischt mit Stützzellen und nervösen Körnern, über einen grossen Raum zerstreut. Sie erreichen proximal oft die innere Körnerschicht und sind distal häufig scheinbar weit in die Bindegewebsmassen der Glaskörperanlage vorgeschoben. Die von ihnen ausgehenden Opticusfasern nehmen zwischen ihnen durch immer den nächsten Weg nach ihrer Sammelstelle zum Nervus opticus (Fig. 39) und durchziehen infolge dessen auch häufig die Bindegewebszüge des Glaskörpers, wo ihr Vorkommen, wie ich mich an meinen Präparaten überzeugen konnte, leicht zu der Annahme einer die Retina gegen das eingewanderte Bindegewebe abschliessenden Schicht, also einer *Limitans interna*, verleiten kann. Eine solche ist aber, wie ich schon bei Besprechung der Glaskörperanlage ausgeführt habe, nicht vorhanden. Es existirt schlechterdings keine Grenze zwischen Retina und Glaskörperanlage; beide gehen in einander über. Es ist daher auch nicht möglich, die Dicke der Retina festzustellen.

Das Stützgewebe. Wie schon öfters hervorgehoben, setzt sich das eingewanderte Bindegewebe mit reichlichen Faserzügen und Zellen in die Netzhaut fort und durchwächst dieselbe vollständig. Dabei zeigt sich aber auch bei *Myxine* bereits eine gewisse Anordnung der Bindegewebszellen, insofern als dieselben zwar in allen Theilen der Retina sich finden, aber doch in dem einen zahlreicher, im anderen spärlicher vertreten sind. So kommen sie z. B. in der von den Opticusganglienzellen eingenommenen Region, mit Ausnahme von deren distaler Grenze, ziemlich selten vor; etwas reichlicher finden sie sich in der inneren Körnerschicht, ganz selten sind sie in der überhaupt zellarmen Schicht, die sich zwischen der inneren Körnerschicht und dem Opticusganglienkomplexe hinzieht und als eine Art *Granulosa interna* aufgefasst werden mag. Sie finden sich wieder etwas reichlicher in der Zwischenschicht zwischen innerer und äusserer Körnerschicht, und werden ungemein zahlreich in der Schzellenschicht (resp. äusseren Körnerschicht, was hier dasselbe bedeutet), die sie allenthalben durchsetzen. Häufig ragen die Bindegewebszellen noch weiter, als die Schzellen selbst, in den Hohlraum zwischen *Margo limitans externus* und Pigmentepithel den letzten Rest der Höhle der primären Augenblase, ja in vielen Fällen dringen sie in Begleitung der Stützfaseru sogar noch in das Gewebe des Pigmentepithels ein.

Die Stützfaseru ziehen sich, gegen Aussen allmählich schwächer werdend, wie mir scheint ohne Abgabe von Seitenästen, quer durch die Retina hin. Die Stützzellen stellen sich anfangs, d. h. in den inneren Netzhautschichten, als kernhaltige Erweiterungen der Faseru dar, im weiteren Verlaufe jedoch, etwa vom Eintritt in die innere Körnerschicht an, sind sie, wie bei *Petromyzon* (Fig. 11) durchweg, den Faseru angelagert.

Der Nervus opticus.

Der Sehnerv (Fig. 39) stellt die Zusammenfassung der von den Opticusganglienzellen ausgesandten Faseru dar, die, wie bemerkt, bis dahin nicht zu einer eigenen Schicht vereinigt waren, sondern jede für sich direkt dem Sammelplatz, d. h. der Stelle zustreben, wo der alte Augenblasenstiel in die Augenblase überging. Diese Stelle findet sich beim *Myxine*-Auge an dem dem Schwanzende des Thieres zugekehrten Scheitel des Augenellipsoids und zwar etwas ventralwärts verschoben.

Die zum Sehnerv vereinigten Fasern gehen eine Kreuzung ein, jedoch nicht schon im Bereiche der Netzhaut, sondern erst nach erfolgtem Austritt aus derselben. Es betheiligen sich daran nur die central gelegenen Opticusfasern, während die peripheren davon unberührt bleiben.

Das durch die fötale Augenspalte eingewanderte Bindegewebe wächst auch in den Opticus hinein. Man sieht auf Horizontalschnitten grosse Massen desselben mit ungemein zahlreichen Kernen im Innern der Sehnerven, und zwar ist dies Bindegewebe in unmittelbarem Zusammenhang mit demjenigen der Glaskörperanlage geblieben. Auf Querschnitten (Fig. 13) durch den Opticus, an einer vom Auge ein wenig entfernten Stelle, zeigt sich eine dichte Schicht Bindegewebszellen ventral und auf der äusseren Seite zwischen die Masse der Nervenfasern und die Pialscheide eingelagert. Die Zellen senden gegen die Peripherie hin feine Fortsätze, die in einzelnen Fällen die Pialscheide erreichen und sich, allerdings ohne jede Spur von dreieckigen Füsschen, an sie ansetzen. Dies Auftreten von Bindegewebelementen im Sehnerven erklärt sich m. E. folgendermassen:

Die Einstülpung der Augenblase hat sich auch auf den Augenblasenstiel fortgesetzt, jedoch nicht so weit, um auch noch das Centralnervensystem zu erreichen. Sie wurde vielmehr auf dem Augenblasenstiel, je weiter von der Augenblase entfernt, desto flacher, und verschwand bald gänzlich.

Die von den Opticusganglienzellen ausgehenden Fasern haben alsdann die Substanz des Augenblasenstiels, dessen primäre Höhle schon früh geschwunden war, durchwachsen und zwar unter gleichzeitigem Verfall der denselben früher aufbauenden Elemente. Von den letzteren finden sich noch Spuren in Gestalt einzelner, augenscheinlich in Auflösung begriffener Kerne im Endoneurium des Opticus (Fig. 13). In die durch jene Einstülpung auf dem Augenblasenstiel gebildete Rinne ist das Bindegewebe des Bulbus eingewandert. Es haben sich alsdann in den dem Auge zunächst gelegenen Partien des nummehrigen Sehnerven die Ränder der hier noch tiefen Rinne mehr und mehr genähert, bis zur endlichen Verwachsung, und so eine secundäre Höhle im Opticus (Fig. 39) gebildet, die durch das eingewanderte Bindegewebe ausgefüllt wird. Die Zellen des letzteren müssen hier also eine mehr oder weniger centrale Lage haben, jedenfalls von der Nervenfaserschicht des Opticus rings umschlossen sein.

In den von der Augenblase entfernteren Theilen des Augenblasenstiels war die Einstülpung nur noch ganz unbedeutend, die Rinne also sehr flach. Nach Umwandlung des Augenblasenstiels in den Sehnerv ist es hier nicht mehr zu einer Verwachsung der Ränder der Rinne gekommen; die Bindegewebszellen können im Opticus demnach keine centrale Lage haben, sie erscheinen demselben vielmehr angelagert und nur durch die Scheiden, die sich erst später gebildet haben, mit ihm vereinigt.

Der Sehnerv besitzt die beiden typischen Hüllen, eine Pialscheide, die sich mit der zwischen Pigmentepithel und Sclero-Chorioidea hinziehenden Zwischenmembran verbindet, und eine Duralscheide, die, wie schon oben angeführt, in die äusseren Lagen der Sclero-Chorioidea übergeht.

Es ist also auch im Auge von *Myxine*, wie bei *Petromyzon*, jenes bindegewebige Netz wenigstens in seinen Anfängen vorhanden, das die nervösen Theile von Retina und Opticus durchzieht. Freilich ist von den Rahmen, zwischen denen es sich ausspannt, nur ein Theil, die Pialscheide des Sehnervs, bereits nahezu fertig, während die Zwischenmembran noch aus einzelnen Faserzügen besteht und eine *Membrana limitans interna* überhaupt noch nicht existirt.

Ich muss nun noch auf einige abweichende Ansichten, die sich in den Schriften von W. Müller⁵⁾ und W. Krause⁶⁾ finden, kurz eingehen.

W. Müller spricht von einem pilzförmigen Zapfen, der von der bulbus-umgebenden Kapsel in das Innere des Auges hineingesandt werde, und durch welchen die Einstülpung der lateralen Wand der ursprünglichen Augenblase bedingt sei. Es entwickelt sich daraus nach seiner Ansicht ein Schleimgewebe, das der Glaskörperanlage der höheren Vertebraten entspricht. Dies ist im Wesentlichen auch meine Auffassung, nur muss ich das Vorhandensein einer diesen Fortsatz abschliessenden Membran bestreiten. Auch bei den von mir angefertigten Querschnittspräparaten* zeigten sich häufig auf einzelnen, aber immer nur ganz wenigen, durch die peripheren Theile jenes Zapfens geführten Schnitten der betreffenden Serie feine Lamellen, die einen Abschluss des Fortsatzes darzustellen schienen; die Vergleichung mit Horizontalschnitten zeigte jedoch, dass man es hier nicht mit einer abschliessenden Membran, sondern vielmehr mit Stücken der Opticusfasern zu thun hat, zwischen welchen hindurch sich die Bindegewebszüge des Fortsatzes, deutlich erkennbar, nach dem Pigmentepithel hin fortsetzen.

Die Zellen an der Umschlagsstelle von Pigmentepithel in Retina, die nach W. Müller die Eigenschaft besitzen, „in ziemlich starre Fasern überzugehen, welche sämmtlich der Oberfläche des Vorsprungs der Kapsel zustreben und sich an ihm befestigen“, habe ich ebenfalls gesehen. Sie setzen sich mit ihren starren Faserfortsätzen aber nicht an die Oberfläche jenes Zapfens an, sondern sind vielmehr als Fortsetzung der Bindegewebsmassen des Augeninnern, jenes pilzförmigen Zapfens, aufzufassen, mit denen sie noch im ununterbrochenen Zusammenhang stehen. Es sind genau dieselben Gebilde, wie die von W. Müller in der äussersten Retinaschicht (sub *b'*) beschriebenen kleinen Zellen, die nach ihm ebenfalls Neigung zeigen sollen, in Fasern auszuwachsen und ihre Fortsätze auch zuweilen über die Aussenfläche der Retina hinaus in Zusammenhang mit den Zellen des Pigmentepithels treten lassen. Ferner gehören zu dieser Zellkategorie die von W. Müller in der inneren Körnerschicht (sub *b*) beschriebenen kleinen, mehr elliptischen Zellen mit Neigung, sich in radiäre Fasern auszuziehen. Alle diese Gewebelemente sind m. E. Bindegewebszellen resp. -Fasern, die von den durch die Augenspalte eingewanderten Massen abstammen und mit denselben, wie ich immer wieder betonen muss, im Connex verblieben sind. Dass die Fasern nicht in Zusammenhang mit den Zellen des Pigmentepithels treten, sondern zwischen diesen hindurch ziehen und eine Vereinigung mit der nach Aussen folgenden Schicht eingehen, wurde ebenfalls gezeigt.

Horizontale Fasern, abgesehen von den Opticusfasern, habe ich auch zuweilen gesehen, besonders in der bei meinen Präparaten stets deutlich ausgesprochenen Zwischenschicht zwischen äusseren und inneren Körnern, doch konnte ich weder ihren Zusammenhang mit den Stützzellen, noch mit den Stützfäsern nachweisen, so wahrscheinlich mir auch namentlich der letztere zu sein scheint.

Wie aus dem Gesagten hervorgeht, muss ich mich also entschieden gegen den von W. Müller als Ergebniss seiner Untersuchungen aufgestellten Satz erklären, dass die Retina von *Myrme* „bleibende Bestandtheile, welche aus dem Mesoderm herzuleiten wären . . . überhaupt nicht besitzt“. Mesodermale

* d. h. der ganze Schädel quergeschnitten.

Elemente durchziehen vielmehr die ganze Retina und behalten zeitlebens ihren Zusammenhang mit den Gewebsmassen, aus denen sie hervorgegangen sind.

Eine Vereinigung der von den Opticusganglienzellen ausgehenden Hauptfortsätze, also der Opticusfasern, konnte ich in der von W. Müller geschilderten Art nicht nachweisen. Es kommt freilich häufig vor, dass einzelne Fasern dicht neben einander ihren Weg nach der Stelle, wo sie zum Sehnerv zusammengefasst werden, verfolgen, ein Zusammentreten derselben zu wirklichen „Bündelchen“ habe ich aber hierin nicht erblicken können.

Bezüglich der Zellen des Pigmentepithels glaube ich, dass W. Müller zu weit geht, wenn er, vorausgesetzt, dass ich ihn richtig verstanden habe, von Fortsätzen der Pigmentlamelle spricht, „durch welche sie in die Peripherie der Retina eingreift“. Zellfortsätze gegen die Retina hin sind zwar vorhanden, aber immer nur ganz gering entwickelt, sodass zwischen ihren Enden und den Spitzen der am weitesten vorgeschobenen Schzellen immer noch ein verhältnissmässig grosser Zwischenraum bleibt.

W. Krause bestreitet, dass das Bindegewebe der Retina, dessen Vorhandensein er im Uebrigen nicht leugnet, auch in die Schzellschicht eindringe. Er glaubt ferner an der Annahme festhalten zu müssen, dass alle Cranioten in ihrer Retina Zapfen und Stäbchen besitzen und erblickt die letzteren in den von W. Müller als Fulcrumzellen, von mir als bindegewebige Stützzellen gedeuteten schlanken Zellen der äusseren Körnerschicht. Das von ihm angeführte Beispiel des z. B. beim Kaninchenfötus durch die hervorsprossenden Stäbchen gebildeten Cilienwaldes legt mir die Vermuthung nahe, dass es sich bei W. Krause hier um eine Verwechslung von Stäbchen mit den Stützfasern handelt, die in der Gegend des Pigmentepithels häufig abreißen und so in vielen Fällen ein dem angeführten sehr ähnliches Bild abgeben können.

Zum Schlusse sei noch einer Erscheinung (Taf. II, Fig. 12 a) Erwähnung gethan, für die ich keine Erklärung habe. Im Hintergrund des Auges von *Myrine*, d. h. stets der fötalen Augenspalte gegenüber, fand ich bei einem Theil der von mir untersuchten Thiere eine ziemlich bedeutende Einsenkung der äusseren Körnerschicht und eine derselben entsprechende Verdickung des gegenüber liegenden Theils des Pigmentepithels. Die Ränder und der äussere Theil der Ablänge jener Grube werden von den Schzellen gebildet, die von Stützzellen und -Fasern reichlich durchsetzt sind. Der Boden der Einsenkung setzt sich lediglich aus eng an einander gedrängten Stützzellen zusammen. Hier fehlen nervöse Elemente und, wie es scheint, auch Stützfasern vollkommen. Im Inneren der Retina ordnen sich auch die Elemente der inneren Körnerschicht in der in der Figur wiedergegebenen eigenthümlichen Weise an und geben ein Bild, wie es sich z. B. beim Austritt des Opticus aus der Retina sonst häufig findet. Dass es sich hier um einen solchen nicht handeln kann (die Figur ist nach einem Querschnitt gezeichnet), ist selbstverständlich.

Das Auge von *Typhlichthys subterraneus*.

Autoren:

- 1) Th. G. Tellkamp. Ueber den blinden Fisch der Mammothhöhle in Kentucky. in: Arch. f. Anat. u. Phys. 1844. p. 381 ff.
- 2) J. Wyman. Ueber das Auge und das Gehörorgan bei den blinden Fischen (*Amblyopsis spelaeus* de Kay). in: Arch. f. Anat. u. Phys. 1853. p. 571 ff.
- 3) Referate über kürzere Mittheilungen Wymann's. in: Proc. of the Boston Soc. of Nat. Hist. Vol. IV. 1851/54. p. 395 f. und Vol. V. 1854/56. p. 19 f.
- 4) F. W. Putnam. The blind fishes of the Mammoth-Cave and their allies. in: The Amer. Natural. Vol. VI. 1872. p. 6 ff.

Während alle früheren Untersucher mit wenigen Ausnahmen dem *Amblyopsis spelaeus* die Unterscheidung einer bauchflossenlosen Varietät als *Typhlichthys subterraneus* (ist neueren Datums) ein Sehorgan überhaupt abgesprochen haben, hat zuerst Tellkamp¹⁾ bei diesem Fische ein Auge gesehen und beschrieben. Dasselbe liegt nach seiner Angabe in einer verhältnissmässig grossen Höhle. Die Körperhaut zieht sich darüber hin und der Bulbus schimmert nur als ganz feines schwarzes Pünktchen durch. Er ist kugelig, mit einem Durchmesser von $\frac{1}{12}$ engl. Zoll. Eine Cornea ist nicht vorhanden. Die äusserste Schicht des Auges bildet eine starke Pigmenthaut; darunter folgt eine „farblose Haut“. Von den gering entwickelten Lobi optici lässt sich ein feines Fädchen gegen das Auge hin verfolgen; der Eintritt dieses vermuthlichen Sehnervs ins Auge ist aber nicht nachzuweisen.

Wyman²⁾ schildert zunächst das Auge von *Amblyopsis* als ovalen Körper, der bei einem Thier von 4 engl. Zoll eine Länge von $\frac{1}{16}$ engl. Zoll besitzt. Vom Bulbus bis zur Schädelwand lässt sich ein feiner Nerv verfolgen, dessen Verbindung mit dem Gehirn Wyman jedoch nicht constatiren konnte. Den Bulbus umschliesst eine feine Membran, die Wyman als Sclera bezeichnet, weil sie mit einer zarten Umhüllungshaut des Sehnerven in Zusammenhang stehe. Darauf folgt nach Innen eine Schicht meist hexagonaler Pigmentzellen, die am vorderen Ende des Auges am zahlreichsten sind. Hieran schliesst sich dann, weiter nach Innen, eine einfache Schicht etwas grösserer farbloser Zellen. Am vorderen Augenpol findet sich ein linsenförmiger durchsichtiger Körper, welcher von einem durch membranartige Kapsel zusammengehaltenen Zellhaufen gebildet wird. Diesen Körper scheint eine distale Verlängerung der bulbusumhüllenden Membran in seiner Lage festzuhalten. Der Augapfel ist

von einer losen Gewebsmasse umgeben, die zuweilen „gelbe fettige Substanz enthielt“. Diese Substanz bildete einmal einen runden Fleck, der durch die Haut durchschimmerte, und glaubt Wyman, dass frühere Untersucher so z. B. de Kay dieses Gebilde für ein Auge angesehen haben könnten. Iris und Pupille sollen ganz fehlen. Von dem linsenförmigen Körper, den Wyman³ in früheren Berichten an die Boston Society of Natural History, Vol. IV, 1851/54 und Vol. V, 1854/56, als „lenticular shaped body“ bezeichnet hatte, sagt er in einer späteren Mittheilung: „this body ist truly a lens“ und zwar: „the rudimentary lens of the eye of this fish“.

Putnam⁴, dessen Veröffentlichungen über *Typhlichthys* sich grossentheils auf Notizen und Zeichnungen Wyman's gründen, wiederholt in der Hauptsache dessen obige Angaben. Er erklärt die pigmentirte Schicht als Repräsentantin einer Chorioidea, die farblosen kernhaltigen Zellen als Retina. Ob man die am vorderen Augenpol sehr verstärkte Pigmentlage als Iris auffassen darf, lässt er dahingestellt. Ringsum setzen sich Muskelbänder an den Bulbus an: doch sollen dieselben ganz anderer Natur sein, als die Augenmuskeln der übrigen Vertebraten. Trotzdem glaubt Putnam aus der Thatsache ihres Vorhandenseins auf eine ursprüngliche Beweglichkeit des Bulbus schliessen zu dürfen.

Meine eigenen Beobachtungen haben mich zu folgenden Resultaten geführt.

Zur Untersuchung standen mir zwei Exemplare von *Typhlichthys subterraneus*, die ich der Güte des Herrn Professor Dr. Mark von der Harvard University verdanke, zur Verfügung. Die Thiere besaßen eine Länge von 35, resp. 36 mm, hatten also, soweit sich dies nach der Körpergrösse bestimmen lässt, annähernd dasselbe Alter und damit im Allgemeinen wohl auch denselben Grad der Ausbildung erreicht.

Ausserlich war bei beiden Exemplaren von einem Auge keine Spur erkennbar.

Vor Vergleichung der Ergebnisse mikroskopischer Untersuchung halte ich es für nothwendig, zu betonen, dass sich alle im Folgenden gemachten Zahlenangaben lediglich auf die Verhältnisse der beiden von mir untersuchten Exemplare beziehen: bei höher entwickelten, oder bei weniger ausgebildeten Thieren mögen sich unter Umständen ganz andere Zahlen ergeben.

Der Bulbus hat nahezu kugelige Gestalt (Taf. VIII, Fig. 76, 77) mit einem Durchmesser von etwa 0,04 mm. Das Verhältniss der Länge der Augenaxe zur Körperlänge stellt sich somit auf ea. 1 : 900.

Das Thier, welches Wyman-Putnam hauptsächlich ihrer Untersuchung zu Grunde gelegt haben, besass eine Länge von 1 engl. Zoll, also 101,6 mm: die Längensaxe des Bulbus maass $\frac{1}{16}$ engl. Zoll, also 1,587 mm, es verhielt sich demnach die Länge der Augenaxe zu der des ganzen Thieres wie 1 : 64. Der grosse Unterschied zwischen Wyman's Messung und der meinigen mag sich, freilich nur zum Theil, daraus erklären, dass Wyman-Putnam bestimmte Gewebsschichten als zum Auge gehörig betrachteten, die nach meiner Ansicht, wie unten gezeigt werden soll, keinen Bestandtheil des Organs ausmachen und deshalb natürlich von mir auch nicht mitgemessen worden sind.

Die Orbita stellt eine äusserst flache Grube dar, die dem Auge nur ganz unvollkommen Schutz zu gewähren vermag. Der den Teleostiern eigenthümliche durch Hautverknöcherungen gebildete

Orbitalring fehlt vollständig. An seiner Stelle besitzt das Auge von *Typhlichthys* einen knorpelig-bindegewebigen Schutzring, oder besser gesagt eine Schutzkapsel, nahezu von der Gestalt einer hohlen Halbkugel, welche dem Bulbus dorsal und lateral aufgesetzt erscheint. Diese Schutzvorrichtung setzt sich zusammen aus einzelnen Knorpelplatten, die eine durchschnittliche Dicke von 0,02 mm aufweisen. Sie stehen nicht in unmittelbarem Connex mit einander, sondern lassen zwischen sich oft verhältnissmässig weite Lücken, die mit starken dichten Bindegewebszügen ausgefüllt sind. Dieses Bindegewebe bildet eine unmittelbare Fortsetzung der dünnen Bindegewebslagen, welche die Knorpelplatten überkleiden, und stellt das Mittel dar, durch welches die getrennten Knorpelplatten zu einem einheitlichen Organ, eben der Schutzkapsel, vereinigt werden. In den Lücken zwischen den Platten führt dieses Bindegewebe zahlreiche, oft ziemlich dicke und grosse Kerne, die zuweilen zu Gruppen vereinigt sind. Eine solche Kernansammlung mit umgebenden Bindegewebsfasern fand sich bei den von mir untersuchten Exemplaren an der Stelle, an welcher Wyman in der von Putnam veröffentlichten Fig. 5 eine „lens pressed out of place“ abbildet. Eine genauere Untersuchung zeigt aber deutlich, dass von einer Linse hier keine Rede sein kann, eine solche vielmehr an ganz anderer Stelle (aber auch nicht da, wo sie Wyman's Fig. 37 zeigt) gesucht werden muss und auch, wie ich weiter unten zeigen werde, thatsächlich zu finden ist.

Nach dem Gehirn hin wird der Bulbus durch die, wie bemerkt, gering entwickelte knorpelige oder bereits verknöcherte Orbita gedeckt und nur ventral findet sich keine Art festerer Schutzvorrichtung für das Organ.

Das Auge liegt, gemessen von seinem distalen Pol bis zum distalen Rande der Epidermis, 0,195 mm unter der Körperoberfläche. Es folgt auf die beschriebene knorpelig-bindegewebige Kapsel gegen Aussen zunächst eine 0,092 mm dicke Schicht sehr lockeren, von Fettzellen durchsetzten Bindegewebes, die von reichlichen Gefässen und kleinen, mit den Hautsinnesorganen resp. den Sinnesorganen der am Kopfe des Fisches vielfach verzweigten „Seitenlinien“ in Verbindung tretenden Nervenästchen durchzogen wird. Es folgt alsdann gegen Aussen eine 0,013 mm dicke Schicht sehr festen, aus feinen, fast kerulosen Fibrillenzügen gebildeten Bindegewebes. Hieran schliesst sich wieder lockeres subcutanes Bindegewebe in einer Mächtigkeit von 0,015 mm, sodann die Cutis 0,03 und endlich die Epidermis 0,026 mm stark. Sämmtliche Gewebsschichten zeigen in ihren augendeckenden Partien absolut keine Verschiedenheit von dem Aufbau der benachbarten Theile.

Von Augenmuskeln fand ich nirgends eine Spur. Auch die zahlreichen an das Auge sich anheftenden schwachen Muskelbündel, die Wyman beschreibt und abbildet, besitzt das Auge der von mir untersuchten Thiere nicht. An ihrer Stelle treten zuweilen besonders dichte, starre Bindegewebszüge auf, die, von der Innenfläche jener Knorpelplatten ausgehend sich gegen das Auge hinziehen und in die den Bulbus zunächst liegenden Schichten des umhüllenden Bindegewebes übergehen. Eine direkte Verbindung dieser starren Faserzüge mit der Sclera selbst ist niemals vorhanden.

Das Auge von *Typhlichthys subterranea* steht, wenigstens bei den von mir untersuchten Exemplaren, deutlich erkennbar auf dem Standpunkt einer eben erst in der Bildung begriffenen secundären Augenblase. Das Innere des Bulbus zeigt noch einen grossen Hohlraum (die Höhle der primären Augenblase), der nur in seinem distalen Theil durch die in der Einstülpung begriffenen Partien der primären Augenblase, d. h. das spätere innere Blatt der secundären Augenblase, bereits in etwas verdrängt ist.

Die Zellen der letzteren Schicht zeigen zum Theil bereits ganglionären Typus und senden je einen Hauptfortsatz durch die mit körniger Masse gefüllte primäre Augenhöhle in den Augenblasenstiel hinein.

Der Augenblasenstiel zeigt keine Höhlung mehr; augenscheinlich wurde dieselbe verdrängt durch das Hereinwachsen der Nervenfasern von den Zellen der in Bildung begriffenen Retina (vielleicht auch gleichzeitig vom Gehirn her) und die dadurch bedingte Massenzunahme des Stiels. Bei der Kleinheit des ganzen Organs lässt es sich wohl annehmen, dass auf diese Weise der ursprünglich hohle Augenblasenstiel zum soliden Faserbündel geworden, auch ohne die sonst gewöhnliche, im Zusammenhang mit dem Auftreten der fötalen Augenspalte zu Stande kommende ventro-dorsale Einstülpung und secundäre Verwachsung der Ränder der so entstandenen Rinne. Alles dies sind ja Erscheinungen, die erst auf einer Stufe der Entwicklung auftreten, von der das *Typhlichthys*-Auge noch weit entfernt ist.

Die Einstülpung des inneren Blattes der sich bildenden Augenblase ist bei den Augen auch desselben Thieres verschieden weit fortgeschritten, immer aber bleibt noch ein sehr weiter Raum als Rest der primären Augenhöhle übrig. Die beiden Blätter sind immer noch verhältniss-mässig weit von einander entfernt. Die Zellen des inneren Blattes haben Kugelgestalt, die jedoch infolge der engen Lagerung häufige Abplattungen erfahren hat. Die Zellen senden, wie schon angeführt, gegen den Augenblasenstiel hin je einen ziemlich starken Fortsatz. Diese Fortsätze, die Nervenfasern, vereinigen sich im Augenblasenstiel zu einem, an der Stelle seines Austritts aus dem Bulbus 0.0061, eine Strecke vom Augapfel entfernt 0.008 mm starken Bündel, das, wenn nicht ausschliesslich, so doch jedenfalls zum grössten Theil den Sehnerven ausmacht.

Die Elemente des inneren Blattes, die ich schon auf dieser Entwicklungsstufe als Opticusganglienzellen bezeichnen möchte, senden ihre Hauptfortsätze, die Opticusfasern direkt proximalwärts. Man muss also annehmen, dass, den Fall ungestörter Weiterentwicklung vorausgesetzt, diese Ganglienzellen allmählich eine Drehung durchgemacht haben würden⁴⁾, da ja im normalen ausgebildeten Wirbelthierauge die Opticusfasern von ihren Ganglienzellen zunächst distalwärts abgesandt werden und erst nach ihrer Sammlung zum Sehnerven eine proximalwärts gerichtete Bahn einschlagen.

Die Sehnervenfasern gehen auf ihrem Wege nach der Austrittsstelle aus dem Bulbus theilweise eine Kreuzung ein, welche auch hier dadurch zu Stande kommt, dass sie sich zum Theil nicht nach der der Lage ihrer Ganglienzellen entsprechenden Seite des Augenblasenstiels hinziehen, sondern nach der entgegengesetzten.

Nicht alle Zellen des eingestülpten Blattes senden jedoch Ausläufer aus; es sind mit anderen Worten nicht alle seine Elemente als Ganglienzellen aufzufassen; vielmehr kommen zwischen diesen einzelne etwas kleinere, runde Zellen ohne jede Spur von Ausläufern vor. Aus diesen hätten sich augenscheinlich allmählich die übrigen nervösen Theile der Retina, darunter freilich auch wieder Ganglienzellen entwickelt.

Das äussere Blatt der secundären Augenblase ist ebenfalls einschichtig; zuweilen ergaben sich bei meinen Präparaten Bilder, die stellenweise eine mehrschichtige Anordnung zu zeigen schienen, doch glaube ich diese Erscheinung auf Schrumpfungs- resp. Faltungsvorgänge, hervorgerufen durch Einwirkung

⁴⁾ Auf diese auffällige Erscheinung werde ich des Näheren im zweiten Theile dieser Arbeit und zwar in dem Abschnitt über Retinentwicklung eingehen.

der Conservirungs-, der Härtungsflüssigkeit etc., zurückführen zu müssen. Die Zellen des Blattes sind stets länglich mit meist ovalen Kernen: ihre Anordnung ist indessen insofern keine gleichmässige, als die lange Axe der Zellen, anscheinend ganz regellos, bald tangential zur Bulbusfläche, bald zu dieser Richtung senkrecht verläuft: eine Unregelmässigkeit, die sich wohl durch die verschiedenartigen Druckverhältnisse, denen die Zellen ausgesetzt sind, erklären lässt. Das äussere Blatt der secundären Augenblase steht im Zusammenhang mit den freilich nur noch ziemlich spärlich erhalten gebliebenen Zellen des Augenblasenstiels. Diese letzteren sind augenscheinlich im Verschwinden begriffen, nur da und dort hat sich zwischen den Nervenfasern die eine oder andere erhalten: am häufigsten sind sie noch gerade in der Nähe des Bulbus anzutreffen. Auch Bindegewebszellen finden sich im Sehnerv nicht selten, doch glaube ich nicht, dass dieselben einen Bestandtheil des Opticus repräsentiren. Wie schon ausgeführt, steht das ganze Organ auf einer Entwicklungsstufe, die niedriger ist, als diejenige, auf der die Rinnenbildung des Opticus und weiterhin die Einschliessung von Bindegewebsmassen im Sehnerv vor sich geht: die hier sich findenden Bindegewebszellen müssen also anderer Herkunft sein. Es liegt hierbei die Vermuthung nahe, dass man es hierbei mit Bindegewebelementen zu thun hat, die in das bereits im Zerfall begriffene Organ, und ein solches ist das *Typhlichthys*-Auge zweifellos, secundär eingewandert sind und an dessen weiterer Auflösung, vielleicht geradezu durch mechanische Einwirkung, einen activen Antheil nehmen. Solche Bindegewebszellen sind, wie wir sehen werden, im Auge des *Typhlichthys* allenthalben zu finden.

Der Sehnerv besass bei den von mir untersuchten Exemplaren noch keine besonders differenzirten Scheiden. Er war stets von grossen Massen stark gewellter, aber fester Bindegewebszüge umschlossen, die reich an ziemlich grossen ovalen Kernen waren. Von der den Opticus unmittelbar bekleidenden Membran, wie sie Wyman-Putnam beschreiben, die mit der Sclera in direktem Zusammenhang stehen soll, habe ich niemals etwas entdecken können. Ich bin auch sehr geneigt, hier einen Irrthum der genannten Untersucher anzunehmen, da ein Zusammenhang der pialen Opticusscheide, und als solche charakterisirte sich doch jene Membran, mit einer Sclera ganz ohne Beispiel dastehen würde.

Am vorderen, distalen Augenpol findet sich eine Linse. Dieselbe wird durch einen kugelförmigen Zellhaufen von 0,01 mm Durchmesser gebildet, der sich aus wenigen grossen, rundlich-ovalen Zellen zusammensetzt.

Im Innern hat das Gebilde einen kleinen Hohlraum. Von einer Linsenkapsel ist keine Spur vorhanden. Dafür, dass man in dem Körper eine Linse zu sehen hat, spricht vor Allem ganz unzweifelhaftig seine Lage zwischen den Rändern des in Bildung begriffenen Augenbechers: in zweiter Linie ist auch der Umstand von Bedeutung, dass der Zellhaufen im Innern des von der Sclera eingeschlossenen Raumes, und zwar unmittelbar an diese Haut anstossend, gelegen ist.

Die Sclera, die den ganzen Bulbus von Aussen umschliesst, macht auf den ersten Anblick den Eindruck einer vollkommenen Membran so Wyman-Putnam. Bei genauerer Untersuchung zeigt es sich jedoch, dass sie aus mehreren Lagen sehr feiner Fibrillen aufgebaut ist. Kerne kommen in dieser Sclera nicht vor, doch finden sich ihr, besonders auf der äusseren Fläche, häufig sehr langgestreckte Bindegewebszellen mit entsprechenden Kernen angelagert. Mit dem den Bulbus im weiteren Umkreise umhüllenden Bindegewebe steht die Sclera durch einzelne von ihr abgezweigte Fibrillen stellenweise

noch in Connex und ebenso tritt sie in Verbindung mit den Umhüllungshäuten der weiter unten zu behandelnden Pigmentanhäufungen. Von einer differenzierten Cornea ist keine Rede; die Sclera zeigt am distalen Augenpol vielmehr genau dasselbe Gefüge, wie in ihren übrigen Theilen.

Zwischen der Sclera und dem äusseren Blatte der secundären Augenblase liegt noch eine weitere Haut. Dieselbe besteht aus Bindegewebszellen, die, in der Hauptsache tangential zur Bulbusfläche verlaufend, in ein- bis dreifacher Schicht angeordnet sind. In der ventralen Hälfte des Auges treten diese Zellen sehr zurück; sie sind seltener und weniger regelmässig geschichtet, als dorsal, wo sie immer deutlich ihren Charakter als selbständig differenzierte Gewebsschicht erkennen lassen. Ich glaube, dass es sich hierbei um die erste Anlage einer Chorioidea handelt. Von Gefässen fehlt jedoch noch jede Spur.

Abgesehen von den behandelten Bindegewebelementen finden sich noch durch das ganze Auge zerstreute Bindegewebszellen und -Fasern vor. Es ist in Betreff ihrer nicht möglich, zu unterscheiden, ob und wie weit sie dazu bestimmt waren, zum Aufbau des Auges mit beizutragen, oder ob sie erst secundär in das im Zerfall begriffene Organ eingewandert sind. Besonders reichlich findet man solche Bindegewebszellen in dem Raum zwischen der Linse und dem inneren Blatt der secundären Augenblase. Sie kommen jedoch auch zwischen den Zellen dieses Blattes selbst, sowie des äusseren, vereinzelt auch in den peripheren Partien des ansehnlichen Restes der primären Augenhöhle vor. Zwischen den Linsenzellen und, wie schon bemerkt, den Elementen des Opticus finden sich ebenfalls vereinzelt langgestreckte Bindegewebszellen.

Das *Typhlichthys*-Auge ist absolut pigmentlos; nur in einem Falle glaube ich in der Linse und zwar auch hier nur in einer der eingewanderten Bindegewebszellen einzelne Pigmentkörnehen wahrgenommen zu haben. Um so reicher ist aber die nächste Umgebung des Auges an Pigment, das jedoch, wie ich gleich hier bemerken will, zum Sehorgan in gar keiner Beziehung steht.

Bald da, bald dort im Umkreis des Auges finden sich grosse Pigmentanhäufungen, und zwar treten dieselben hauptsächlich zwischen dem Bulbus und jenen Bindegewebszügen auf, die, wie oben geschildert, die Knorpelplatten zur Stützkapsel verbinden. Das Pigment füllt hier meist den ganzen Raum aus; einzelne kleine Pigmentflecken treten auch noch da und dort in den Bindegewebszügen der Schutzkapsel auf. Zuweilen erschien sogar die Sclera in ihren an eine solche Pigmentansammlung grenzenden Theilen vollständig pigmentirt, doch trat diese Erscheinung bei meinen Präparaten immer nur bei verhältnissmässig dicken Schnitten auf; die Annahme liegt also nahe, dass die Pigmentirung der Sclera nur eine scheinbare, die Haut vielmehr ebenfalls ganz pigmentfrei sei. Hierfür spricht ja auch der Umstand, dass die scheinbare Pigmentirung der Sclera immer nur so weit reicht, als die Faserhaut den grossen Pigmenthaufen unmittelbar anliegt. Putnam-Wyman beziehen sämtliche im Umkreis des Auges vorkommenden Pigmentansammlungen in den Bereich des Auges herein und sehen in ihnen einen Repräsentanten der Chorioidea, die am distalen Augenpol, also hinter dem von den genannten Forschern als Linse gedeuteten Körper, eine besondere Stärke besitzen soll. Die feine membranartige Sclera zöge sich alsdann natürlich über diese pigmentirte Chorioidea hin. Dies ist aber thatsächlich nicht der Fall. Es werden zwar die grossen Pigmentflecken (die jedoch, wie ich nochmals betonen möchte, keineswegs gleichmässig im ganzen Umkreise des Auges, sondern immer nur stellenweise, bald hier, bald dort auftreten von mehr oder minder deutlich abgesetzten Bindegewebshäuten von Aussen überzogen, die Sclera

selbst aber verläuft stets sehr deutlich zwischen der Zone, in welcher sich die Pigmentmassen finden, und dem von mir als Bulbus gedeuteten Gebilde. Die Umhüllungshäute der Pigmentlager stehen zuweilen mit der Sclera in Zusammenhang, sodass eine solche Ansammlung also gegen den Bulbus hin durch die Faserhaut, gegen Aussen durch eine eigene Umhüllungsschicht abgeschlossen ist. Eine derartige Verbindung der Sclera mit Theilen des benachbarten Bindegewebes findet aber, wie oben gezeigt, gelegentlich auch sonst in der ganzen Circumferenz des Augapfels statt.

Die geschilderten Pigmentmassen sind es meines Erachtens lediglich, die unter Umständen durch die darüberliegenden Gewebsschichten durchschimmern und so den Anschein erwecken, als ob das Auge in Gestalt eines schwachen Pünktchens äusserlich erkennbar wäre. Der Bulbus selbst ist viel zu klein, als dass er, zumal bei seinem absoluten Mangel an Pigment, durch die dicke Deckschicht und die Schutzkapsel hindurch von Aussen wahrgenommen werden könnte, ganz abgesehen davon, dass häufig eine jener grossen Pigmentansammlungen gerade vor seinen distalen Pol zu liegen kommt, das Auge also vollständig verdeckt.

Das Auge von *Proteus anguineus*.

Autoren:

- 1) Schreibers. A historical and anatomical description of a doubtful amphibious animal of Germany, called by Laurenti: *Proteus anguineus*. in: Philos. Transact. 1801. p. 241—264.
- 2) Cuvier. Le règne animal. 1817. Bd. II.
- 3) Schreibers. Sur le Protée. in: Isis, 1820. p. 567.
- 4) Oken. Der Olm (*Proteus anguineus*). in: Isis, 1817. p. 611 ff.
- 5) Configliachi und Rusconi. Del Proteo anguino di Laurenti. Monografia 1819. Referat in: Isis, 1820. Lit. Anz. 570.
- 6) Michahelles. Beiträge zur Naturgeschichte des *Proteus anguineus*. in: Isis, 1831. p. 499 ff.
- 7) Rud. Wagner. Lehrbuch der vergleichenden Anatomie. 1834—35. p. 437.
- 8) Freyer. Ueber eine neue Art von *Hypochthon* (*Proteus*). in: Erichsen's Arch. für Naturgesch. 1846. p. 289 f.
- 9) Fitzinger. Ueber *Proteus anguineus* in; Wien. Sitzungsber. Bd. V. 1850.
- 10) Schiödte. Specimen faunae subterraneae.
- 11) Leydig. Anatomisch-histologische Untersuchungen über Fische und Reptilien. 1853. p. 98 f.
- 12) ——. Lehrbuch der Histologie. 1857. p. 230.
- 13) v. Martens. Die Augenlosigkeit der Grottenthiere. in: Naturforscher (Sklarek), 1874. p. 321—322.
- 14) W. Krause. Die Nervenendigungen in der Retina. in: Arch. f. microsc. Anat. Bd. XII. 1876. p. 7-12 f.
- 15) Joseph. Beziehungen des Sehorgans zum Lichtmangel. Referat in: Naturforscher (Sklarek), IX. 1876. p. 469.
- 16) Leuckart. Organologie des Auges. in: Graefe und Sacmisch, Handb. d. Ophthalmol. 1876.
- 17) Semper. Die natürlichen Existenzbedingungen der Thiere. 1880. Bd. I. p. 95.
- 18) Desfosses. De l'oeil du Protée. in: Compt. rend. des Sciences. T. 94. 1882.
- 19) Wiedersheim. Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere. 1886.
- 20) ——. Beiträge zur Entwicklungsgeschichte von *Proteus anguineus*. Arch. f. microsc. Anat. Bd. 35. 1890.
- 21) Hess. Beschreibung des Auges von *Talpa europaea* und *Proteus anguineus*. in: Graefe's Arch. für Ophthalmol. XXXVI. 1. 1885. p. 12 ff.
- 22) Zeller. Ueber die Fortpflanzung des *Proteus anguineus* und seine Larve. in: Jahresber. d. Ver. f. vaterl. Naturkde. in Württemb. 1889. p. 131 ff. und in: Zool. Anz. 1888. XI. p. 570.
- 23) Schlampp. Die Augenlinse von *Proteus anguineus*. in: Biolog. Centralbl. XI. No. 2. 1891. p. 40 ff.
- 24) ——. Beiträge z. Anatomie d. Auges vom Grottenolm. in: Zeitschr. f. vergl. Augenheilkde. VII. p. 73 ff.
- 25) ——. Das Auge des Grottenolmes. in: Zeitschr. f. wiss. Zool. 1892. Bd. 53. Heft IV. p. 537 ff.

Der erste, der eine Beschreibung und Abbildung von *Proteus anguineus* lieferte, war Laurenti, 1765. Auf das Auge ging er hierbei nicht näher ein, und ebenso wenig thaten dies Scofoli 1772, Löwengreif 1805 in ihren Aufsätzen über den Olm, sowie Schreibers^{1) 3)} 1801, dem die erste genauere Beschreibung des Thieres zu verdanken ist. Von letzterem Forscher findet sich ausserdem 1820 in einem Briefe an M. Duméril noch die Notiz, dass er beim Olm keine Spur von äusserlich wahrnehmbaren Augen habe finden können. Er glaubt dem Thiere den Gesichtssinn daher vollkommen absprechen zu müssen.

Cuvier²⁾ beschreibt das Auge des Olmes als „excessivement petit et caché par la peau comme dans le rat taupe“.

Auch Oken⁴ berührt die Augen des Olmes nur ganz kurz, indem er auf ihre Lage „oben auf der Schnauze etwas hinter den Mundwinkel“ hinweist und sie von Aussen als „schwache dunkle Höcker unter der Haut ohne Lider“ sichtbar sein lässt.

Rudolphi schildert 1817 in einem Briefe das *Proteus*-Auge als einen unter dem „Fell“ verborgenen kleinen Körper, der aber sehr lichtempfindlich sei.

Im Jahre 1819 erschien dann über das Thier eine Schrift von Configliachi und Ruscioni⁵⁾, die auf das Sehorgan etwas näher eingeht. Es fehlt darnach jede Spur einer Orbita; die sehr kleinen Augen sind ganz von der Haut bedeckt. Mit dem ebenfalls gering entwickelten, länglichen Sehhügel im Gehirn stehen sie durch einen schwachen fadenförmigen Sehnerv in Verbindung. Eine Linse ist vorhanden. Sie ist sphärisch und verhältnissmässig gross. Die Sclera zeigt eine schwarze Färbung.

Michahelles⁶⁾ lässt das Auge unter der Haut verborgen sein. Dasselbe soll bei jungen Thieren viel deutlicher durchscheinen, als bei alten. Michahelles erwähnt auch das bekannte über die Geburt eines *Proteus* aufgenommene „Protocoll“, in dem die Augen des neugeborenen Thieres als sehr deutlich in Gestalt eines schwarzen mohnkornähnlichen Körpers von Aussen wahrnehmbar geschildert werden, während die des Mutterthieres verwachsen und infolge dessen nur undeutlich erkennbar gewesen sein sollen.

Auch Rud. Wagner⁷⁾ gesteht dem *Proteus*-Auge den Besitz sämtlicher typischer Häute, sowie einer Linse zu.

H. Freyer⁸⁾ beschreibt einen pigmentirten *Proteus* als Vertreter einer besonderen Species. Bei derselben soll das Auge von Aussen deutlich sichtbar sein, während es sich bei der schon vorher bekannten fleischfarbenen nur schwer erkennen lasse.

Fitzinger⁹⁾ stellte sieben besondere Species vom Genus *Proteus* auf, die sich unter anderem durch die grössere oder geringere Deutlichkeit, mit der die Augen durch die Haut scheinen, sowie durch die Lage des Sehorgans vor, auf, oder hinter der hinteren Grenze des ersten Drittels der Kopflänge unterscheiden sollte.

Schiödte¹⁰⁾ nennt in seiner Schrift: Specimen faunae subterraneae den *Proteus* ein blindes Reptil. Derselbe soll nur gering entwickelte Augen besitzen, die höchstens zu allgemeiner Lichtperception taugen. Von einem Sehen von Bildern könne keine Rede sein.

Nach Leydig¹¹⁾ hat das Auge des *Proteus* eine birnförmige Gestalt mit nach „vorn“ (wohl distalwärts) gerichteter Spitze, welche die Cornea darstellt, während der hintere Theil der Birne als Sclera

zufassen ist. In letzterer findet sich ein becherförmiger Scleroticaknorpel, und ausserdem noch einzelne Fettzellen. Die Chorioidea zerfällt in die bindegewebige Schicht, die nach Aussen durch eine Lamina fusca nach Innen durch die Membrana choriocapillaris abgegrenzt wird, und, hieran sich nach Innen anschliessend, eine einfache Lage polygonaler spurweise pigmentirter Zellen, die Lamina Pigmenti. Die Retina lässt Leydig¹³ (1853) durch eine einzige Zellschicht gebildet sein. Wenn er später (1857) erklärt, die Netzhaut des Ohnes bestehe aus Kernen, die in Molecularmasse eingebettet seien, so lässt sich hieraus nicht erkennen, ob er damit seine frühere Angabe hat widerrufen wollen, oder ob er an der Ansicht festhält, dass die Retina nur aus einer einzigen Zellschicht sich aufbaue. Stäbchen und Zapfen konnte er keine finden, ebensowenig Nervenfasern. Auch eine Iris fehlt und ebenso eine Linse. Nur in einem einzigen Falle glaubte Leydig in der klaren Flüssigkeit, die den Augenbecher erfüllte, einen festen hellen Körper nachweisen zu können: derselbe sei vollkommen strukturlos, aus einer homogenen eiweissartigen Masse gebildet gewesen, und Leydig glaubt darin eine Linse erblicken zu dürfen. Der Bulbus, über den sich die Körperhaut, unverändert in ihrem Bau, hinzieht, ist in eine Lage von Fettzellen eingebettet.

v. Martens¹⁴ bestreitet das Vorkommen schwarzen Pigments im *Proteus*-Auge.

W. Krause¹⁵ erklärt das nach seiner Messung 0,5 mm im Durchmesser besitzende Auge für rückgebildet. In der Retina, mit der er sich allein näher beschäftigt, unterscheidet W. Krause zunächst zweierlei Sehzellen: Zapfen und Stäbchen. Die Zapfen stellen sich dar als kleiner gegen die Chorioidea gerichteter kegelförmiger Aufsatz auf das nahezu kugelige ellipsoidische Zapfenkorn. Gerade durch diesen Aufsatz werden „die Zapfenzellen als solche charakterisirt“. Die Stäbchen unterscheiden sich hiervon dadurch, dass der Aufsatz niedriger und an der Basis breiter ist, und dass die Form des Kornes der Kugel noch mehr sich nähert. Die Basis der Hervorragungen ist in vielen Fällen dem resp. Korn aufgesetzt. Der Zapfen, resp. das Stäbchen, ist das Product einer Ausscheidung der zugehörigen Zelle, die Sehelemente sind also Cuticularbildungen.

Der Zapfen hat eine Länge von 0,0065 mm bei einer Basisbreite von 0,0077 mm, das Stäbchen ist 0,004 mm lang und an der Basis 0,009 mm breit. Das Zapfenkorn hat Axen von 0,017 resp. 0,015 mm, das nahezu kugelige Zapfenkorn einen Durchmesser von 0,015 mm. Die Zapfenkörner stehen nach Innen in Zusammenhang mit einer kurzen Zapfenfaser, die sich an eine rundliche Zelle ansetzt. Diese Zelle ist nach W. Krause homolog den radialen Stützfasern, die nicht bindegewebiger Natur sein sollen, sondern als Auswachsungen ectodermaler „Fulcrum“-Zellen betrachtet werden.

Zwischen der Zellschicht und jenen rundlichen Elementen liegt noch eine Schicht mehr cubischer Zellen. Nach Innen folgen dann mehrere Lagen innerer Körner; hieran schliesst sich die Granulosa mit 0,006 mm und die Schicht der Ganglienzellen, die einen Durchmesser von 0,011 mm besitzen. Die Optic-faserschicht ist sehr dünn und wird nach Innen durch eine 0,002 mm starke Limitans interna begrenzt. Die Retina wird von deutlichen Radialfasern durchzogen, die 0,004 mm breit und gezackt sein sollen.

Joseph¹⁶ behauptet das Vorhandensein einer „äusserst dünnen Stäbchenschicht“. Auch die Pigmentschicht sei sehr schwach und spärlich pigmentirt, der Sehnerv ganz gering entwickelt sein, und dementsprechend die Optic-faserschicht nur aus wenigen zarten Fäserchen bestehen. Das Auge ist mit

diaphaner Körperhaut überzogen. Es ist nach Joseph's Auffassung stark rückgebildet und hat sich „nur in dem Grad der Ausbildung erhalten, der zur Orientierung in der Dunkelung ausreicht, dass die Höhlen, wo das Thier lebt, sind nicht alsdort dunkel.“

Leuckart's kommt in seiner Organologie des Auges öfters auf das Seheorgan von *Pecten* zu sprechen. Er beschreibt es als klein mit schwarzer Muskulatur und auch in seinem inneren Bau von typischen mehrfach abweichend. Die Chorioides besteht aus einer einzigen Zellschicht mit wenig Pigment, die Retina stellt sich als eine kernhaltige Molekularschicht dar, in der sowohl Nervenfortsätzen als Stäbchen vollständig fehlen.

Nach Semper's¹⁾ erscheint das Auge des Olmes sehr in die Tiefe gerückt, es wird von Körperhaut bedeckt, durch die es schwach durchschimmert. Ausser Linse und Glaskörper die ihm fehlen, besitzt es alle charakteristischen Theile, dieselben verharren jedoch auf einer embryonalen Stufe der Ausbildung. Im Pigmentepithel finden sich nur ganz wenige Pigmentzellen verstreut. Infolge Fehlens der Linse haben sich die einander gegenüberliegenden Theile des Corpus illius bis zur gegenseitigen Berührung genähert, wie Semper in einer hochgehobenen Figur meines Wissens für ersten Mal das *Pecten*-Auge darstellt, veranschaulicht.

M. Desfosses's²⁾ Das Auge liegt 1—2 mm unter der Haut und setzt sich zusammen aus einer äusseren Unhüllenschicht mit einigen Korpelzellen, Epithelium, Pigmentepithelium, Chorioides, einer lockeren von Capillaren durchzogenen Chorioides und einer Retina, welche die ganze Hüllschicht des Auges auf der Stufe der secundären Augenbläschenbildung ausstellt. In der Netzhaut unterscheidet Desfosses von Aussen nach Innen zunächst ein epitheliales pigmentirtes Epithel. Dasselbe wird durch eine einfache Zellschicht gebildet, seine Pigmentirung wird je weiter entfernt vom Opticus desto reichlicher. An der Stelle wo das Pigmentepithel in das innere Epithel der secundären Augenbläschen sich umschlägt, nehmen seine Zellen eine gestreckte Form an. Es folgt alsdann eine als „granulose“ extern bezeichnete äussere Korpelzellschicht. Dasselbe setzt sich zusammen aus 1—2 Reihen Zellen von denen die äussersten sich als Schichten präsentieren. Daffos hat ganz eigens *lyalyte representant un état rudimentaire*. Dieses Stäbchen ist sehr klein. Seine Länge beträgt meist nur $\frac{1}{2}$ des $\frac{1}{2}$ von der Länge der zugehörigen Zelle, nur in ganz seltenen Fällen sind Aufsätze und Manubrien gleich lang. Von einer *Limitans externa* findet Desfosses niemals eine Spur. Weiter nach Innen lassen sich zwar noch einzelne Schichten in der Retina ausmachen, keine die sich ausserordentlich entwickelt sind, jedoch so wenig entwickelt, dass man sie nicht von einander unterscheiden kann. In der Nähe der Uebergangsstelle des inneren Blattes ins äussere findet sich noch die Andeutung einer Giliarregion. Das Sehneurofässt Desfosses als eine Zusammenfassung der Optikusfasern auf. Er vertheilt die Retinaschichten, die Chorioides und die Sklera, tritt dann aus dem Auge aus, *un nerf optique se dirige vers le cerveau que lui fournit cette dernière membrane* — die Sklera, Brachion, Mediane Linse und Glaskörper fehlen dem *Pecten*-Auge.

Auch Wiedersheim's³⁾ erklärt das *Pecten*-Auge ausdrücklich für in der Bildung begriffen. Es liegt 1—2 mm unter der Haut, Iris- und Glaskörper existiren nicht. Ein Conduktum lässt sich nicht unterscheiden. Die Zellen des Pigmentepithels haben keine Fortsätze gegen die Stäbchenschicht hin. „überhaupt gleicht das *Pecten*-Auge auf höherer Entwicklungsstufe stellen.“ In einer späteren Schrift

kommt Wiedersheim²⁰ bezüglich des Gesichtsorganes von *Proteus anguineus* zu dem Resultat, dass sich dasselbe „genau in der bei den übrigen Vertebraten üblichen Art und Weise“ entwickelte. Auch bei jungen Embryonen konnte Wiedersheim äusserlich vom Auge nichts entdecken; er hält es jedoch nicht für ausgeschlossen, dass an diesem Umstand die Conservierungsmethode, durch welche die Thiere ein bräunliches Colorit angenommen hatten, die Schuld trage. Eine der beigegebenen Figuren (15) zeigt das Auge auf der Stufe der secundären Blase, mit bereits vollständig abgeschwürter Linse. Die letztere ist durch einen breiten Raum vom Augenbecher getrennt und liegt ganz ausserhalb desselben. Wiedersheim folgert hieraus, dass von einer durch die Linse erfolgten mechanischen Einstülpung der Sehblase keine Rede sein könne.

Ausschliesslich mit dem Auge des erwachsenen Thieres beschäftigt sich C. Hess²¹). Er kennt über sein Thema nur zwei ausführliche Arbeiten, diejenige von Leydig und Desfosses, und ist der irrigen Meinung, selbst der erste zu sein, der eine Abbildung des *Proteus*-Auges gegeben hat. Von Desfosses bemerkt Hess: „an der Retina beschreibt er alle Schichten“. Soviel ich sehe, schildert aber Desfosses nur Pigmentepithel und äussere Körnerschicht; von den weiter nach Innen gelegenen Theilen der Netzhaut sagt er, wie schon oben bemerkt, nur, es lasse sich zwar noch eine gewisse Schichtung erkennen, die Elemente seien aber noch viel zu wenig entwickelt, als dass man von einer Differenzirung in bestimmte unter sich verschiedene Lagen sprechen könne.

Das Auge des *Proteus* ist nach Hess äusserlich als kleiner Punkt erkennbar, über den sich die Haut in den meisten Fällen ganz unverändert hinzieht. Die Pigmentirung des Auges ist sehr ungleich. Der Bulbus ist rundlich oder „durch Haut etwas verlängert“ und hat einen Durchmesser von 0,13 mm, das Verhältniss der Augenaxe zur Körperlänge soll sich demnach auf 1 : 100 stellen. Die Sclera stellt sich dar als häutiger, aus feinen Fibrillen und langen spindelförmigen Zellen gebildeter Sack, ohne scharfe Grenze nach Aussen. Ihr innerer Rand zeigt spärliches Pigment und ist als Andeutung eines Chorioidealstratum aufzufassen. Niemals finden sich Knorpelzellen. Von einer eigentlichen Chorioidea kann keine Rede sein: „schon wegen des Fehlens jeglicher Gefässe“, die überhaupt dem Inneren des *Proteus*-Auges absolut abgehen sollen. Die Retina füllt den von der Sclera gebildeten Sack vollständig aus, in der Art, dass die Ganglienschicht einen soliden Zapfen etwa im Mittelpunkt des Auges bildet. Nur in einem Falle sah Hess im Inneren dieses Zapfens einen kleinen mit feinkörniger Masse gefüllten Raum. Das Pigmentepithel ist in der Gegend des Opticuseintritts sehr dick und stark pigmentirt. Es schlägt sich an vorderen Augenpol in die Retina um, wobei die Ränder stets sehr nahe an einander heranrücken, sodass sie „nur durch einen ganz schmalen Zwischenraum von einander getrennt erscheinen“.

Von Linse, Glaskörper, Iris fehlt jede Spur.

Die Retina, in durchschnittlicher Dicke von 0,19—0,2 mm, besitzt alle gewöhnlichen Schichten.

Die Nervenfaserschicht setzt sich zusammen aus äusserst feinen Fäserchen, die sich „nach Innen von den Ganglienzellen oder zwischen denselben verzweigt“ finden. Die Ganglienzellen sind in doppelter oder dreifacher Lage dicht gedrängt, sehr grosskörnig, aber wenig von den Zellen der Körnerschichten verschieden. Es folgt nach Aussen eine relativ breite reticuläre Schicht, gebildet aus einer feinkörnigen Substanz, „in welcher man vielfach eine radiäre Streifung erkennen kann“.

Die innere und äussere Körnerschicht, erstere aus 3—4, letztere aus zwei Zelllagen gebildet, stossen unmittelbar an einander; nur zuweilen lässt sich zwischen ihnen eine ganz feine Spalte erkennen. Von Stäbchen und Zapfen kann man nicht reden. Die Sehzellen haben etwa die Grösse der äusseren Kornzellen und zeichnen sich durch gegen Aussen gerichtete Fortsätze aus, die meist die Gestalt von Halbkugeln, oder halben Ellipsoiden haben. An derselben lässt sich eine stärker lichtbrechende äussere Partie unterscheiden, die der kugeligen inneren haubenartig aufsitzt. Diese Sehzellen, die Hess als „rudimentär“ bezeichnet, sollen sich mit den gewöhnlichen Tinctionsmitteln nicht färben lassen. Eine feine *Limitans externa* ist vorhanden.

Der Sehnerv verläuft schräg nach hinten und oben in einer Stärke von 0,02 mm. Er hat intrabulbal einen dünnen Zellenbelag; extrabulbal ist er von reichlichem Pigment umgeben.

Der Bulbus ist in Bindegewebe eingebettet, in dem sich niemals Fettzellen finden. Von Augenmuskeln und Augendrüsen fehlt jede Spur. Auch eine Orbita existirt nicht.

Hess kommt zu dem Schlusse, dass das *Proteus*-Auge nicht als verkümmertes, sondern als ein nicht zur vollen Entwicklung gelangtes Organ aufzufassen sei. Eine Linse hat das Auge des Ohnes niemals besessen, was als Beweis angeführt wird für die Unrichtigkeit der Annahme, dass die secundäre Augenblase einer mechanischen Einwirkung der in Bildung begriffenen Linse ihre Entstehung danke.

„Ectodermale“ Elemente sollen sich am Aufbau des *Proteus*-Auges überhaupt nicht betheiligen.

Zeller²²⁾ beschreibt die erste Anlage des *Proteus*-Auges, soweit sich dieselbe von Aussen erkennen lässt. Dieselbe wird am Ende der 12. Woche des Larvenlebens äusserlich bemerkbar und zwar in Form eines dünnen, grauen, nach unten offenen Halbkreises, der allmählich schärfer und dunkler wird. Seine Enden wachsen einander entgegen, und der Innenraum füllt sich allmählich aus bis auf einen schmalen Spalt, der vom unteren Umfange ausgehend bis gegen die Mitte hin sich verfolgen lässt.

K. W. Schlamp²³⁾ glaubt der Erste zu sein, der die *Proteus*-Linse gesehen hat. Dieselbe fehlt bei älteren Thieren, nur bei jungen und bei Larven ist sie vorhanden. Sie bildet sich später zurück und wird resorbirt. Die Linse einer vier Wochen alten Larve ist kugelig, mit einem Durchmesser von 0,055 mm. Sie besteht in der vorderen Hälfte aus cylindrischen, in der hinteren aus eubischen Epithelzellen und hat eine sehr deutliche strukturlose Kapsel, mit der sie an der Augenkapsel befestigt ist. Seitlich wird die Linse vom Stratum ciliare berührt, nach hinten stösst sie, da der Glaskörper fehlt, direkt an die Retina. Die Linse reducirt sich alsdann sehr rasch: bei einem 10 cm langen Thier hat sie nur ein Fünftel ihrer früheren Grösse und zeigt sich auf dem Schnitt noch in Form von 5—6 neben einander lagernden Epithelzellen. Wenn die Linse ganz geschwunden ist, nähern sich die Ränder des Stratum ciliare bis zur gegenseitigen Berührung.

Schlamp glaubt, dass die Rückbildung der Linse gleich nach ihrer Abschnürung vom Ectoderm anfängt.

In der bindegewebigen Augenkapsel findet er bei jüngeren Thieren einzelne Knorpelzellen, bei älteren Knorpelplättchen und zwar nicht blos am hinteren Augenpol, sondern auch in der Gegend des Aequators. Eine besondere Cornea lässt sich niemals unterscheiden. Die Chorioidea besteht aus sehr zarten, „dicht mit Pigmentkörnchen beladenen“ Bindegewebsfasern, die ein enges Maschennetz, mit dazwischenliegenden Lymphräumen bilden. Durch diese Anordnung wird eine Art *Lamina fusca* geschaffen.

Die Chorioidea führt Gefässe. Die innerste Begrenzung der Chorioidea bildet eine „Capillare, theils noch vollgepfropft mit den grossen scheibenförmigen Blutkörperchen, theils collabirt“.

Es folgt nunmehr nach Innen die Pigmentschicht, eine einfache Lage grosser ovaler Zellen mit grossen Kernen; stark pigmentirt. Gegen den vorderen Augenpol hin wird dieselbe mehrschichtig und nimmt infolgedessen an Stärke bedeutend zu. Es entsteht so ein Ringwulst, der zur Augenaxe senkrecht steht und die Anlage eines Ciliarkörpers und einer Iris repräsentirt. Bei älteren Thieren nähern sich seine freien Ränder bis zur schliesslichen gegenseitigen Berührung.

Ein Glaskörper existirt nicht. Den ganzen Innenraum des Auges nimmt die „annäherungsweise kugelförmige nervöse Schicht der Netzhaut“ ein, die alle typischen Schichten zeigt. Die Ganglienzellen der Retina sind zu einem „cylindrischen Zapfen“ angeordnet. Der Opticus, der als zartes Stämmchen „durch eine Lücke der Augenkapsel“ eintritt, gibt (intraretinal) radiäre Fädchen ab, die sich durch die Ganglienzellschicht hindurch in die moleculäre Schicht hinein verfolgen lassen, wo sie verschwinden.

Die innere Körnerschicht wird von radiären Fasern durchzogen. Ob man in denselben nervöse oder Stützelemente zu sehen habe, will Schlampff nicht entscheiden.

In einer weiteren vorläufigen Mittheilung fügt Schlampff²⁴⁾ noch die kurze Beschreibung eines Organs bei, das ihm in der angendeckenden Epidermis aufgefallen ist. Es sollen nämlich über dem Auge die sonst in der Epidermis sich nur zerstreut findenden Leydig'schen Zellen dicht gedrängt stehen und eine Platte bilden. Schlampff wählt dafür die Bezeichnung „accessorische Hornhaut der Epidermis“ und glaubt, dass durch diese Einrichtung der Durchtritt des Lichts günstig beeinflusst werde.

Die definitive Arbeit Schlampff's²⁵⁾ über „das Auge des Grottenolmes“ bringt den beiden eben-erwähnten vorläufigen Mittheilungen gegenüber nichts Neues, führt vielmehr das in diesen Gesagte lediglich des Näheren aus. Die Schrift erschien erst nach Schluss meiner eigenen Arbeit, doch habe ich mich bemüht, im Text darauf noch, soweit nöthig, einzugehen.

Eigene Untersuchungen.

(Tafel V und VI.)

Das Auge von *Proteus anguineus* ist bei jüngeren Thieren von Aussen deutlich sichtbar und zwar präsentirt es sich als kleine kreisrunde Scheibe. Die glänzend schwarze Färbung derselben wird unterbrochen durch einen helleren Streifen von der Form eines sehr hohen gleichschenkeligen Dreiecks, dessen Basis dem ventralen Pole der Scheibe aufsitzt, während seine Spitze je nach der mehr oder weniger fortgeschrittenen Entwicklung des Thieres nur bis zum Mittelpunkt des Kreises reicht, oder etwas über denselben hinausgeht. Durch diesen Streifen tritt, wie schon hier gesagt sein mag, die fötale Augenspalte äusserlich in die Erscheinung. Bei zunehmendem Alter wird das Auge immer undeutlicher, schimmert nur noch matt durch die Haut durch und ist schliesslich, bei sehr grossen Exemplaren, gar nicht mehr sichtbar. Bei Larven tritt, wie dies Zeller beschreibt, das Auge zunächst als nach unten

offener Halbmond auf, der sich allmählich bis auf jene Spalte ausfüllt. Dieser Halbmond lässt sich nach meinen Beobachtungen auch beim erwachsenen Thiere noch erkennen: er hebt sich, tief schwarz, ziemlich scharf von dem etwas heller pigmentirten Innenraum der Scheibe ab, als welche sich das *Proteus*-Auge äusserlich darstellt.

Der Bulbus.

Der Augapfel ist in ein starkes Fettpolster eingebettet (Fig. 16, 17, 18); nur in einzelnen Fällen fehlte dasselbe, und war dann durch lockeres Bindegewebe ersetzt. Skelettheile schützen das Auge in keiner Weise: eine Orbitalhöhle existirt nicht. Der Bulbus hat die Gestalt eines Ellipsoids, dessen lange Axe bald mit der Längsaxe des Thieres parallel, bald nahezu senkrecht dazu verläuft: aber immer nur nahezu: Ganz parallel damit, oder ganz senkrecht dazu ist die grosse Bulbusaxe niemals gerichtet. Mit anderen Worten: die Verlängerung der Augenaxe trifft die Körperlängsaxe stets unter einem spitzen Winkel, und zwar ist sie immer etwas nach dem Schwanzende des Thieres zu geneigt. Diese Unregelmässigkeit scheint hier auf individueller Verschiedenheit zu beruhen, da künstliche Verschiebungen des durch Muskeln festgehaltenen Bulbus in solchem Umfange nicht wohl anzunehmen sind. Von einer durch äussere Einflüsse, oder etwa durch einseitige Contraction der Augenmuskulatur herbeigeführten Lagenveränderung bei einzelnen Thieren kann auch schon deshalb keine Rede sein, weil, wie unten näher ausgeführt werden soll, die fötale Augenspalte sich immer an derselben Stelle d. h. lateral und ventral am Bulbus findet.

Nimmt man also an, dass das Auge immer dieselbe Lage am Schädel besitzt, so ergibt sich eine um so grössere Verschiedenheit seiner Form. Bei den grössten von mir untersuchten Exemplaren maass z. B. die Augenaxe*) einmal 0,183, die Höhe des Auges dagegen betrug 0,293 mm, ein anderes Mal die Augenaxe 0,323, die Höhe 0,111 mm. Im ersten Falle repräsentirte also die Augenaxe, im zweiten die Höhe die lange Axe des Ellipsoids. Der Querschnitt des letzteren ist stets kreisrund (Durchmesser gleich der Höhe), der Bulbus stellt also ein Rotationsellipsoid dar. Bei kleinen Exemplaren betrug einmal die Augenaxe 0,353, die Höhe 0,293 mm, ein anderes Mal Augenaxe 0,265, Höhe 0,301 mm. Das Längenverhältniss der beiden Axen zeigt Schwankungen zwischen 1 : 1,01 und 1 : 1,26.

Eine Ausnahmestellung nahm hier, wie in vielen anderen Beziehungen, unter den von mir untersuchten Olmen ein Exemplar von ca. 15 cm Länge ein. Während bei demselben im linken Auge die Augentiefe sich zur Augenhöhe verhielt wie 1,61 : 1, stellte sich für das rechte Auge desselben Thieres dies Verhältniss auf 3,18 : 1.

Wenn ich nun auch zugeben muss, dass Schwankungen in den Ergebnissen der Messungen sich oft mit einer kleinen Verschiedenheit der Schnitttrichtung alle Messungen wurden an Schnitten

*) Unter Länge der Augenaxe oder Augentiefe verstehe ich den Durchmesser des Bulbus vom distalen Rand der Cornea des distalen bis zur proximalen Grenze der Sclero-Chorioidea des proximalen Augenpoles. Augenhöhe bezeichnet die zur Augenaxe senkrecht stehende Axe des Bulbusellipsoids, also den Aequatordurchmesser.

Tiefe der Linse ist in der Augenaxe, Höhe senkrecht dazu in der Querschnittsebene gemessen.

Als Papille bezeichne ich der Kürze wegen den Abstand der Augenbecherränder von einander.

vorgenommen, die senkrecht zur Längsaxe, quer durch den Schädel geführt waren erklären lassen, so ist in diesem Falle der Unterschied doch wohl zu bedeutend, als dass diese Erklärung auch hier noch anreichen könnte. Man hat es vielmehr thatsächlich mit der z. B. auch bei *Myxine* vorkommenden Erscheinung zu thun, dass unter Umständen die beiden Augen desselben Thieres in Bezug auf Grösse, Form etc. ein ganz verschiedenes Verhalten zeigen können.

Man kann also jedenfalls sagen: ein festes Grössenverhältniss der beiden Axen des Ellipsoids zu einander besteht nicht; bald stellt das Auge ein ziemlich langgestrecktes Ellipsoid dar, bald ist es der Kugel mehr genähert. Hess gibt den Durchmesser des von ihm für nahezu kugelig erklärten Bulbus kurzweg auf 0,13 mm an, ohne über die Thierlänge etwas zu sagen: und auch W. Krause lässt den Bulbus, ohne irgend welche sonstige Angabe, einen Durchmesser von 0,5 mm besitzen. Aus der Bemerkung, dass das Verhältniss von Augenaxe zu Körperlänge sich auf 1 : 400 stelle, lässt sich entnehmen, dass es sich für Hess um ein Thier von ca. 17,2 cm handelte. Ganz unrichtig ist es aber, wenn Hess die gefundenen Zahlen auf das *Proteus*-Auge überhaupt anwendet. In denselben Fehler verfällt Schlamp²⁵⁾, wenn er für das erwachsene Thier schlechtweg 0,16 mm Augenaxenlänge und 0,38 mm Bulbushöhe angibt. Wie schwankend hier alle Verhältnisse sind, zeigt folgende Tabelle:

Thierlänge	Augentiefe	Augenhöhe	Augenhöhe : Thierlänge	Augentiefe : Thierlänge
1) 12 cm	0,255 mm	0,333 mm	1 : 465	1 : 360
2) 11 -	0,322 -	0,396 -	1 : 134,5	1 : 353
3) 16,1 -	0,336 -	0,422 -	1 : 488	1 : 388
1) 22,2 -	0,131 -	0,396 -	1 : 515	1 : 560

Man sieht, dass von einem constanten Verhältniss in diesem Punkte keine Rede sein kann.

Vergleicht man das Volumen des Auges, das sich aus den Axen des Bulbusellipsoids annähernd berechnen lässt, mit der Thierlänge, so ergeben sich folgende Zahlen:

Thierlänge	Augenvolumen
1) 12 cm	0,011 cbmm
2) 11 -	0,021 -
3) 16,1 -	0,025 -
1) 22,2 -	0,031 -

Ein constantes Verhältniss ergibt sich also auch hieraus nicht, doch ist eine gewisse Gesetzmässigkeit nicht zu verkennen.

Mit zunehmender Ausbildung des Thieres nimmt das Auge an Volumen unverhältnissmässig zu. Es ergibt sich die auffallende Thatsache, dass die jüngsten von mir untersuchten Thiere im Verhältniss zu ihrer Körperlänge viel kleinere Augen besitzen, als die älteren.

Die Bedeckung des Auges.

Das Auge des *Proteus anguinus* wird von Körperhaut und einer Schicht subcutanen Bindegewebes überzogen, deren Dicke sehr schwankend ist. In den meisten Fällen ist die das Auge deckende Hautschicht von grösserer Mächtigkeit, als sie die sonstige Kopfhaut besitzt. Lässt man das subcutane Bindegewebe, das zu messen bei der gewöhnlichen Kopfhaut meist unmöglich ist, ausser Betracht, so zeigt sich z. B., dass bei dem grössten von mir untersuchten *Proteus*, einem Thiere von 25,7 cm Länge, die Deckschicht (also Epidermis und Cutis zusammen) eine Stärke von 0,362 mm, die gewöhnliche Kopfhaut, gemessen von einer etwas höher, als das Auge am Schädel gelegenen Stelle, eine Mächtigkeit von 0,259 mm besitzt. Bei einem kleineren Thiere von ca. 16,1 cm Länge stellte sich die Stärke der Deckschicht auf 0,256, die der gewöhnlichen Kopfhaut auf 0,151 mm; ein Thier von etwa 12,5 cm Länge zeigte eine Deckschichtdicke von 0,155 mm, gegenüber einer Dicke des sonstigen Kopfhautteguments von 0,119 mm.

Nur bei einem der von mir untersuchten Exemplare, einem *Proteus* von 22,2 cm Länge, hatte die Deckschicht gegenüber der übrigen Körperhaut eine Verdünnung erlitten. Sie maass 0,177, die übrige Kopfhaut 0,198 mm.

Die Stärke der Deckschicht ist immer geringer, als die Länge der Augenaxe, d. h. die Augentiefe, nur bei dem grössten meiner Objecte (25,7 cm) überwiegt die Stärke der Deckschicht mit 0,505 mm über die Länge der Augenaxe von 0,183 mm. Ein constantes Verhältniss zwischen Deckschicht und Augenaxe existirt nicht. Dasselbe schwankt zwischen 1 : 1,22 und 1,05 : 1.

Vergleicht man vollends die Stärke der Deckschicht mit der Körperlänge, so ergeben sich die in folgender Tabelle verzeichneten Werthe.

Verhältniss von Dicke der Deckschicht zur Thierlänge:

Thierlänge	Verhältniss
25,7	1 : 506
22,2	1 : 995
16,1	1 : 600
12,5	1 : 725
10,6	1 : 537
7,3	1 : 422

Die Zahlen schwanken hiernach etwa zwischen 1 : 400 und 1 : 1000. Von einem auch nur annähernd sich gleichbleibenden Verhältniss ist also keine Rede.

Man kann demnach nur sagen: das Auge wird von der Körperhaut überzogen, die dabei eine nicht unbedeutende Verdickung erfährt. Doch lässt sich auch nicht feststellen, auf Rechnung welcher Schicht der Körperhaut — der Epidermis oder der Cutis, diese Verstärkung zu setzen ist. Einmal verdickt sich über dem Auge nur die Cutis, während die Epidermis sogar abnimmt, ein anderes Mal tritt gerade der umgekehrte Fall ein. Dann wieder betheiligen sich an der Zunahme beide Schichten, aber in ungleichem Maasse und zwar fällt auch hier wieder einmal die Cutis, ein anderes Mal die Epidermis mehr ins Gewicht. Im Uebrigen zeigt die Deckschicht in ihrem feineren Aufbau absolut keine Veränderung gegenüber der sonstigen Körperhaut. Hier, wie dort finden sich die grossen Drüsenräume der Amphibienhaut, die, hauptsächlich in der Cutis gelegen, durch einen engen in der Epidermis sich wieder zu einem kleinen Hohlraum erweiternden Gang das Secret der einzelnen Drüsenzellen nach Aussen treten lassen; die auf die Epidermis beschränkten einzelligen Drüsen (Leydig'sche Zellen), senden, in der Deckschicht, wie sonst in der Körperhaut, ihre feinen Ausführungsgänge ebenfalls durch die über ihnen liegenden Epidermisschichten und durchsetzen mit denselben zuletzt die Cuticula. Letztere zeigt, in der Deckschicht, wie anderwärts, die bekannte feine Strichelung.

An ihrer proximalen Grenze ist die augendeckende Epidermis aus einer ziemlich regelmässigen Lage ungefähr gleich grosser Zellen gebildet, die man als eine Art Rete Malpighii auffassen kann, doch sind dieselben niemals cylindrisch, meist rundlich, oder cubisch, zuweilen distalwärts in eine kurze Spitze ausgezogen. Eine eigentliche Malpighi'sche Schicht gibt es also nicht. Ebenso wenig zeigen die der Cuticula zunächst gelegenen Zelllagen der Epidermis die für ein Stratum corneum charakteristische Abplattung. Ihre Elemente sind zwar etwas kleiner, als die der übrigen Epidermis, aber meist rundlich oder cubisch, ja zuweilen stellen sie sogar die Form eines Ellipsoids dar, dessen lange Axe senkrecht zur Cuticula gerichtet ist.

Schlampff weist darauf hin, dass in der augendeckenden Epidermis die einzelligen Schleimdrüsen (Leydig'sche Zellen), die sich anderwärts nur vereinzelt finden, enge gedrängt stehen und vor dem Auge eine runde Platte bilden. Er glaubt, dass dieselben „optisch zu wirken geeignet“ seien und „den Durchtritt des Lichtes günstig beeinflussen“. Auch mir ist dieser Drüsencomplex aufgefallen. Die einzelligen Drüsen kommen zwar auch sonst in der Epidermis von *Proteus* recht häufig vor, keineswegs nur „hier und dort eingestreut“, wie Schlampff behauptet, nirgends stehen sie aber allerdings so enge gedrängt, wie gerade über dem Auge. Bei einem Thier von 11 cm Länge ergab sich für die Ausdehnung des fraglichen Complexes ein Durchmesser von 1,81 mm, während die lange Axe des Bulbusellipsoids, hier die Augenhöhe darstellend, 0,141 mm, die Pupille eine grösste Weite von 0,041 mm aufwies. Im Verhältniss zur Grösse des Auges ist die Platte, zu welcher sich jene Zellen angeordnet finden, also sehr ausgedehnt. Was die von Schlampff gegebene Deutung der Einrichtung betrifft, so hat dieselbe allerdings einige Wahrscheinlichkeit für sich und möchte ich dieselbe mangels anderer Erklärung vorläufig auch meinerseits acceptiren, wenn mir die vorgeschlagene Bezeichnung als „accessorische Hornhaut der Epidermis“ auch etwas unglücklich gewählt erscheint. Ich will jedoch nicht unterlassen, auf die auffallende Erscheinung hinzuweisen, dass die Schleimzellen in der Platte keineswegs gleichmässig dicht gelagert sind, sondern dass ein etwa 0,3 mm Durchmesser besitzender Fleck existirt, wo die Zellen noch viel enger an einander gedrängt erscheinen, als ausserhalb desselben. Dieser Fleck liegt aber nicht

direkt vor dem Auge, sondern ventralwärts verschoben, sodass der Lichtstrahl, der hier die Haut durchdringt, das Auge unter keinen Umständen mehr treffen kann.

Die Cutis der Deckschicht (Fig. 18, 19) besitzt in ihrem distalen Drittel eine etwas lockerere, welligere, in ihrem proximalen eine sehr feste, straffe Anordnung; die sie bildenden Faserzüge sind besonders gegen die Grenze hin ungemein fein und führen nur wenige ganz kleine und schmale Kerne. Zahlreicher und grösser sind diese in dem mittleren und distalen Drittel der Schicht. Die Cutis zeigt häufige Gefässe und, nahe dem äusseren Rande des distalen Drittels, auch über dem Auge reichliche Pigmenteinlagerungen.

Die Augenkulatur.

Das Auge von *Proteus anguineus* (Fig. 56) hat die typischen sechs Augenkulatur. Ein *Musculus retractor bulbi* fehlt und ebenso, entsprechend der Abwesenheit einer Nickhaut der *Musculus quadratus* und der *Musculus pyramidalis*. Es ist unrichtig, die vorhandene Augenkulatur als verkümmert zu bezeichnen, oder gar, wie Hess, ihr Vorhandensein überhaupt zu bestreiten. Die Muskelbündel sind freilich nur schwach, die einzelne Muskelfaser jedoch zeigt sogar eine sehr bedeutende Stärke. Sie maass bei einem Thiere von 25,7 cm Körperlänge z. B. im Durchschnitt 0,00526 mm, und bei einem Exemplar von 22,2 cm Thierlänge 0,00719 mm.

Man ersieht schon aus diesen Zahlen, dass sich ein festes Verhältniss der Augenkulaturstärke zur Thierlänge nicht aufstellen lässt und man kommt zu demselben negativen Resultate, wenn man die Breite der Muskelfaser mit der Bulbustiefe, d. h. der Länge der Augenaxe, vergleicht. Bei dem erstgenannten Thiere (25,7 cm) stellt sich dieses Verhältniss auf 1 : 91,8, beim letzteren (22,2 cm auf 1 : 60. Bedenkt man, dass die Stärke der Muskelfaser zur Länge der Augenaxe bei einem ausgewachsenen *Triton cristatus* von ca. 7 cm Länge sich verhält wie 1 : 180, so ist klar, dass die Muskelfaser des *Proteus*-Auges hinter der des normalen Amphibienauges keineswegs in der Entwicklung zurückgeblieben, sondern im Gegentheil, wie schon die freilich ungemein schwankenden angegebenen Zahlen erkennen lassen, wenigstens in Bezug auf Stärke über das gewöhnliche Maass hinausgegangen ist.

Im Gegensatz zu ihrer unverhältnissmässigen Stärke zeigt die Muskelfaser in ihrem feineren Bau dagegen ein vollständig embryonales Verhalten. Eine Querstreifung ist zwar in der Regel vorhanden doch ist sie fast immer ungemein zart und daher schwer zu erkennen. Vereinzelt finden sich auch ganz glatte Fasern, oder es ist wenigstens der den Kern bergende Theil der Faser ungestreift. In einzelnen Fällen erleidet die kernführende Partie eine bedeutende Anschwellung, so z. B. bei einem 22,2 cm langen Thiere von 0,00621 auf 0,01183 mm. Der Kern ist dann nahezu kugelig und füllt die ganze Breite der Faser aus: die angeschwollene Partie derselben, in welcher der Kern liegt, ist stets ungestreift. Meist ist der Kern aber länglich, immer liegt er in der Axe der Faser und hat eine bedeutende Dicke. So beträgt z. B. in einer 0,00631 mm breiten Faser seine Stärke 0,00518, seine Länge 0,02368 mm. Die schmalen wandständigen Kerne der typischen Muskelfasern sind in der Augenkulatur des *Proteus* niemals anzutreffen.

Sclera, Cornea und Chorioidea.

Der äusserste Theil des Auges d. h. alles das was aus der Augenblase hervorgegangen ist, so wie die Linse, wird von einer bindegewebigen Hülle umgeben, die sich aus mehr oder weniger gewellten Faserzügen mit bald zahlreicheren, bald selteneren, grösseren oder kleineren Kernen zusammensetzt.

Bei den jüngeren der von mir untersuchten Thiere zeigt diese bindegewebige Augenkapsel, die ich auch hier als Sclera-Chorioidea bezeichnen möchte, fast noch keine Differenzirung in einzelne Blätter. Der dem Auge anliegende Theil ist ziemlich locker geschichtet und führt einige wenige Gefässe, auch haben die in ihm enthaltenen Kerne meist die Gestalt eines der Kugel nahekommenden Ellipsoids, dessen lange Axe keineswegs immer tangential zur Augenoberfläche, sondern stets den ziemlich stark gewellten Faserzügen entsprechend verläuft. Der äussere Theil der Augenkapsel zeigt im Allgemeinen eine etwas straffere Anordnung. Die Bindegewebszüge sind hier nur leicht wellig, infolge dessen sind ihre etwas selteneren Kerne stets so gelagert, dass deren lange Axe ganz oder doch nahezu tangential zur Augenoberfläche gerichtet ist. Die Kerne sind gestreckter und auch im Allgemeinen kleiner, als in den mehr nach Innen gelegenen Partien. Eine Grenze zwischen den beiden Theilen der Kapsel besteht nicht. Pigment findet sich in ihrer ganzen Ausdehnung, doch ist es gegen den Innenrand hin etwas reichlicher vorhanden. Gegen das umgebende lockere Bindegewebe (Fig. 50, 51) ist die Augenkapsel in allen von mir untersuchten Stadien bereits scharf abgesetzt*.

Bei älteren Thieren erscheint die Augenkapsel aus zwei getrennten Schichten, einer inneren Chorioidea und einer äusseren Sclera zusammengesetzt.

Die Chorioidea wird gegen Innen wieder durch eine besonders differenzirte Bindegewebslage abgeschlossen. Diese besteht aus wenigen, nur ganz leicht gewellten Bindegewebsfaserzügen mit einzelnen kleinen Kernen, die je älter das Thier wird, desto mehr zurücktreten. Die Schicht selbst gewinnt mit zunehmendem Alter ein immer festeres Gefüge, sie wird auch dünner und nähert sich der wirklichen Membran immer mehr, sie erreicht jedoch dies Ziel niemals vollkommen, wie dies z. B. bei *Petromyzon* der Fall war, sondern lässt immer noch ihre Zusammensetzung aus feinen Fasern erkennen; die Kerne verlieren sich bei älteren Thieren schliesslich ganz.

Die letzte diese Gewebslage nach ihrer Beschaffenheit beim älteren *A. m. des* und ausgebildeten *Petromyzon* „Zwischenmembran“ genannt (Fig. 57, 58, 64) und möchte diese Bezeichnung auch für dasselbe Gebilde im *Protomyzon* beibehalten, obgleich hier, wie gesagt, die Form einer Membran noch nicht erreicht werden ist. Wie bei Beschreibung der Retina und des Sehnervs gezeigt werden wird, tritt die Zwischenmembran ganz wie bei *Petromyzon* und *Myxine* in Beziehung zu den Müller'schen Fasern resp. deren Anlagen, und zur Pilscheide des Opticus. Sie zeigt niemals auch nur eine Spur

* Zuhilfenahme der mit demselben Tit. bes. Zusammenhang, der durch einzelne gewellte Bindegewebsfasern vermittelt ist. Dasselbe sind jedoch auch viel zu wenig befestigt, um soviel zu zart, als dass man, wie Schlampff² deswegen für eine Verbindung des Bulbus mit dem angrenzenden Bindegewebe sprechen könnte, einer Verbindung, die man, wenn es sich um nichts anderes, als um dasjenige, gegen Bezug nehmen, die Kapsel völlig ausgeschlossen“ er

von Blutkörperchen in ihrem Gefüge und es ist schon aus diesem Grunde meines Erachtens absolut unrichtig sie, wie dies augenscheinlich Schlümpf thut als Capillare aufzufassen oder in ihr einfach eine Membrana chorio-capillaris zu sehen. Ich könnte mir ganz wohl vorstellen, dass auch schwer vorstellen dass auf Schnittpräparaten keine Capillaren immer in der Art getroffen sein sollte dass sie auf jedem Schnitte der Serie sich rings um das Auge herum ununterbrochen fände*.

Die Chorioidea selbst setzt sich stets aus stark welligem Bindegewebe zusammen das zahlreiche ovale Kerne besitzt. Bei jüngeren Thieren finden sich in ihr weniger bei älteren mehr Gefässe vor. Bei sehr grossen Exemplaren Augentiefe ca. 1,5 mm strahlt die dann auch sehr dicke Chorioidea förmlich von Blutgefässen so dass alle Theile derselben geradezu damit angefüllt sind, und das Bindegewebe der Schicht sich auf die Gefässwandungen zu beschränken scheint.

Hess erklärt ausdrücklich, im Protom-Auge könne von keiner eigentlichen Chorioidea die Rede sein, schon weil die Augenkapsel hier als hohle keine Gefässe habe. Er sucht deren Fehlen mit der Kleinheit des ganzen Auges und der relativ bedeutenden Grösse der Blutkörperchen des Protom zu erklären: „Der auf den ersten Blick befremdliche Gefässmangel wird weniger wunderbar erscheinen wenn man bedenkt, dass der Durchmesser des Auges nur etwa 11—12mal den eines rothen Blutkörperchens übertrifft“. Dem ist entgegenzuhalten, dass das Auge eben nicht 11—12 mal so gross ist als ein Blutkörperchen. Vielleicht ist Hess' Irrthum dadurch entstanden, dass er die von Weicker für die frischen freiliegenden Blutkörperchen von Protom angegebenen Dimensionen mit den Zahlen verglich, die ihm seine Messungen an einem in Salzwasser conservirten, daher stark eingeschrumpften Auge ergeben hatten. Ausserdem ist nicht zu vergessen, dass die Blutkörperchen sehr elastisch sind, sich also durch die Gewalt des Stromes in dem sie schwimmen mit Leichtigkeit in Gefässe hineinpressen, die auf den ersten Blick für ihre Aufnahme viel zu eng erscheinen.

Pigment findet sich in einzelnen Körnchen durch die ganze Chorioidea zerstreut, ganz frei davon ist nur die Zwischenmembran. Nach Schlümpf's Angaben würde die gesammte Chorioidea des Bild einer Lamina fusca bilden. Dies kann ich nicht finden. Wo die Oberhaut überhaut ein Gefässe zeigt, das an eine Lamina spherulifera erinnern könnte, und das ist nur bei sehr grossen Olmen der Fall, beschränkt sich diese Erscheinung stets auf die äusseren Grenzpartien der Schicht**.

Die Sclera wird gebildet aus ungewein fest geschichteten Bindegewebsfasern. Dieselben sind sehr fein und gestreckt, von welliger Anordnung zeigen sich in einer bereits gegen die Chorioidea abgesetzten Sclera nur noch schwache Spuren. Die Kerne sind nicht so zahlreich als in der Chorioidea, sind sehr langgestreckt und dünn. Sie klingen gegen die äusseren Grenze der Sclera hin etwas häufiger

* Sie stellen sich mir Schlümpf's Auffassung auf Grund seiner oben verhandelten Mittheilungen 27 und 28 dar. Aus der Arbeit „Ueber das Auge des Grossolmen“ folgt es nicht indessen, dass er unter dem „capillaren Blutgefässsystem“ eine zur Chorioidea selbst gehörige Schicht versteht, die er, obwohl dunkel als die Chorioidea, nicht Blutkörperchen enthaltend, Capillarschicht bezeichnet bezeichnet. Dieser Grenzstrich sollte sich, wie einmal leer und eintüchtig, das andere Mal von Blutkörperchen erfüllt die. Mit seiner „Zwischenmembran“ die er augenscheinlich nicht gesehen, hat also diese von Schlümpf beschriebene Chorio-capillaris nichts zu thun.

** In seiner Arbeit „Ueber das Auge des Grossolmen“ vertritt mit Schlümpf ebenfalls diese Ansicht — entgegen der in seinen verhandelten Mittheilungen 27 und 28 vertretenen Ansicht. Er unterscheidet nur zwischen einer äusseren Lage die er mit einer Lamina fusca verleiht, und einer inneren über Chorio-capillaris. Verstehe ich die Anmerk.

vor, als in den mittleren und proximalen Partien. Die Sclera zeigt zuweilen schon bei jungen Thieren zerstreutes Pigment, das bei älteren Thieren reichlicher wird und in der an den inneren Rand der Faserhaut sich anschliessenden Lamina fusca am dichtesten auftritt.

Schon bei ziemlich kleinen Olmen finden sich in der hinteren Hälfte der Sclera Einlagerungen von einzelnen Knorpelzellen und Knorpelplättchen. Mit zunehmendem Wachstum mehren sich die knorpeligen Elemente und bilden schliesslich im hinteren Drittel der Haut um das Auge einen geschlossenen Ring Fig. 57a von sehr schwankender Breite. Bei einem sehr grossen *Proteus* hatte diese Verknorpelung einen so hohen Grad erreicht, dass fast die ganze hintere Hälfte der Sclera, bis nahe gegen den Aequator des Bulbus hin, einen Knorpelbecher einschloss, der im proximalen Augenpol nur eine Oeffnung für den Durchtritt des Sehnerven besass. Eine vollständige Verdrängung der bindegewebigen Elemente der Sclera durch Knorpel hatte aber nicht stattgefunden, sondern, wie soust, so stellte sich auch hier dieser Scleroticalbecher nur als eine knorpelige Einlage in die Sclera dar, deren faserige Elemente sich noch in einer, auf der äusseren Seite allerdings sehr dünnen Schicht über die knorpeligen hinzogen. Auf Schnitten findet sich also der Knorpel der Sclera von der Chorioidea einerseits und den lockeren Bindegewebelementen resp. Fettzellen, in welche der Bulbus eingebettet liegt, andererseits je durch eine dünne Schicht straffer angelagerter Sclerafibrillen getrennt (vergl. auch Schlamp²⁵).

Am distalen Rande des Knorpelbeckers resp. Knorpelringes findet sich zuweilen ein starkes Blutgefäss, sonst ist die Sclera ganz gefässlos.

Fettzellen, wie sie Leydig beschreibt, habe ich in der Sclera niemals entdecken können.

Eine eigentliche Cornea existirt nicht. In seltenen Fällen schien mir das Gefüge des über die Augenbecheröffnung sich hinziehenden Theiles der Sclera noch etwas fester, seine Kerne etwas gestreckter zu sein, als in den übrigen Partien der Faserhaut. Doch ist dieser Unterschied, wenn überhaupt vorhanden, stets ungemein gering. Von den beiden Membranae elasticae fehlt jede Spur, ebenso wenig kann selbstverständlich von einer Conjunctiva die Rede sein.

Auch eine Membrana Descemetii gibt es nicht.

Am Rande des Augenbeckers steht die Chorioidea, resp. wo noch keine Differenzirung stattgefunden hat, die Sclero-Chorioidea in direktem Zusammenhang mit den Bindegewebsmassen, die den Hohlraum der secundären Augenblase erfüllen.

Die Linse. (Fig. 50—55.)

K. W. Schlamp's Untersuchungen haben das, übrigens schon von Wiedersheim constatirte, Vorhandensein einer Linse im Auge der *Proteus*-Larve festgestellt²⁶. Es scheint jedoch schon gegen Ende des Larvenlebens in Bezug auf dieses Organ ein Rückbildungsprocess einzusetzen, der ziemlich rasch verläuft, so dass jüngere Exemplare des ausgebildeten Thieres oft nur noch einzelne offenbar in Auflösung

²⁵ Auch schon Rasecni spricht von einer Linse des *Proteus*-Auges, doch ist es freilich sehr zweifelhaft, ob das von ihm dabei gehaltene verhältnissmässig grosse Gebilde wirklich einer solchen entspricht.

begriffene Zellen an Stelle der Linse, ältere auch hiervon keine Spur mehr zeigen. Schlammpp nimmt an, dass der Zersetzungsprocess gleich nach Absehnürung der Linse vom Ectoderm beginnt, und es scheint dies auch mir um so wahrscheinlicher, als ja die Linse auf allen Stadien, wo sie noch nicht zu sehr zerfallen ist, einmal einen Hohlraum, eine Linsenöhle, im Inneren birgt und dann auch im Bau ihrer distalen und proximalen Wand noch so gut wie gar keine Verschiedenheit zeigt.

Es findet sich indessen auch bei dem Larvenstadium bereits entwachsenen Thieren öfters noch eine deutliche Linse in Gestalt eines den Raum zwischen den Rändern des Augenbechers mehr oder weniger vollkommen ausfüllenden Zellhaufens, der von einer ziemlich dicken Membran, einer Linsenkapsel, umschlossen ist. Diese Linse ist aber hinsichtlich ihres Baues, ebenso wie in Bezug auf den Grad ihres Zerfalles weitgehenden Schwankungen unterworfen. So zeigten sich z. B. bei dreien der von mir untersuchten Thiere nachstehende Verhältnisse.

Thierlänge	Augentiefe	Augenvolumen	Weite der Pupille	Tiefe der Linse	Hohe der Linse
14 cm	0,333 mm	0,0496 cbmm	0,056 mm	0,065 mm	0,069 mm
12 -	0,258 -	0,0116 -	0,053 -	0,039 -	0,013 -
11 -	0,304 -	0,0092 -	0,065 -	0,060 -	0,052 -

Wenn schon aus obiger Tabelle hervorgeht, dass ein festes Zahlenverhältniss der Grösse des Linsencomplexes zur Thierlänge, oder zur Augentiefe, oder zum Augenvolumen sich nicht nachweisen lässt, so tritt eine noch grössere Unregelmässigkeit zu Tage, wenn man den Grad des Zerfalles der Linse in Betracht zieht.

Das Auge des kleinsten der drei Thiere (Fig. 53) bei denen ich eine Linse constatiren konnte (Thierlänge 11 cm), zeigte das Organ entgegen aller Erwartung in der Rückbildung am weitesten fortgeschritten. Die Linsenkapsel ist hier so sehr zerfetzt, dass sich z. B. am proximalen Pole und an den ventralen Partien der Linse ihre Stücke von den umgebenden Bindegewebstfasern meist nicht mehr unterscheiden lassen. Etwas besser hat sich der Zusammenhang der Linsenkapsel dorsal und am distalen Pole erhalten, doch sind auch hier überall Risse und Löcher zu finden. Die Elemente, die früher die Linse zusammengesetzt haben, zeigen auch nicht die geringste Spur einer regelmässigen Anordnung mehr. Die Zellgrenzen sind gänzlich verschwunden und das Zellprotoplasma hat sich durch die ganze Anlage zerstreut. In diesem Gerinnsel liegen ganz regellos die grossen Kerne, die aber selbst wieder in ihrer Consistenz keineswegs intact geblieben sind. Man kann vielmehr bei diesen Gebilden gar nicht mehr von eigentlichen Zellkernen sprechen, da sie nur noch mehr oder weniger dichte Anhäufungen von Kernsubstanz darstellen, die selbst schon einem weit vorgeschrittenen Auflösungsprocess verfallen sind. Nur wenige haben noch die ursprüngliche ovale Gestalt, die meisten haben alle möglichen Formen angenommen, sind sogar gelegentlich im Verlaufe ihrer Auflösung mit einander zusammengeflossen und bilden so grosse Klumpen von Kernsubstanz. Von Kernmembranen ist bei keinem dieser Gebilde mehr

die Rede. Durch die Oeffnungen der Linsenkapsel sind Bindegewebsmassen eingedrungen, die, mit reichlichen Kernen, die ganze Linse, centrale wie peripherische Theile durchsetzen. Diese Bindegewebszüge sind Theile der die Glaskörperanlage bildenden Bindegewebsmassen. Sie rücken von allen Seiten her in die Linse ein, wobei jedoch zu bemerken, dass die Einwanderung vom proximalen Pol und der ventralen Circumferenz des Linsencomplexes aus eine viel bedeutendere ist, als vom Rücken, oder vom distalen Pole her. Es ist dies auch leicht erklärlich, da ja ventral, wo die grossen Bindegewebsmassen der fötalen Augenspalte, und proximal, wo ebenfalls reichliche Anhäufungen von dem Bindegewebe der den Augenbecher füllenden Glaskörperanlage zur Verfügung stehen, ein viel reichlicheres Material für die mesodermale Durchwachsung der Linse zur Verfügung steht, als z. B. am distalen Linsenpol, wo höchstens von den Geweben der Sclero-Chorioidea, die sich noch nicht als feste Schicht consolidirt hat, einzelne Bindegewebszüge zu erwarten sind. Das Bindegewebe, das die Linse durchsetzt, steht immer in deutlichem Zusammenhang mit dem der Glaskörperanlage, der fötalen Augenspalte und der Sclero-Chorioidea, d. h. der bindegewebigen Augenkapsel.

Das zweite der hier in Betracht kommenden von mir untersuchten Augen (Fig. 52) gehörte einem etwas älteren Thiere an (Thierlänge 12 cm), man müsste also annehmen, dass die Linse hier noch mehr zerfallen wäre, als im vorigen Stadium. Das ist jedoch keineswegs der Fall. Schon die Linsenkapsel ist viel besser erhalten; sie besitzt zwar auch Risse, doch ist ihr Zusammenhang nirgends ganz verloren gegangen. Wie bei dem soeben beschriebenen Thiere, so geschieht auch hier die Einwanderung des Bindegewebes vorwiegend an den ventralen und proximalen Partien der Linse. Die eingedrungenen Bindegewebsfasern und besonders die Bindegewebskerne sind jedoch weniger zahlreich, ja letztere fehlen in der dorsalen Hälfte der Linse vollständig. Die Linsenzellen lassen zuweilen noch Stücke von Zellgrenzen erkennen, doch hat sich eine Zelle niemals ganz intact gehalten, das Zellprotoplasma ist auch hier über den ganzen Raum aus einander geflossen. Die Kerne sind etwas schärfer umschrieben, einzelne besitzen noch die regelmässige ovale Form, die meisten sind freilich auch hier in der Auflösung weit vorgeschritten, doch ist ein Zusammenfliessen ihrer Masse noch nirgends eingetreten. Die Kerne der Linsenzellen sind weniger zahlreich, doch meist etwas grösser, als im vorigen Stadium, eine regelmässige Anordnung lässt sich auch hier nicht mehr erkennen.

Das dritte Stadium (Fig. 50, 51) ist abermals älter (Thierlänge 14 cm), doch ist gerade hier die Linse noch weitaus am besten erhalten. Die Linsenkapsel zeigt allerdings in ihren proximalen Theilen weitgehende Zerreibungen und auch ventral einige Oeffnungen, dorsal und distal ist sie dagegen nahezu ganz unverletzt geblieben. Das eindringende Bindegewebe durchzieht nicht die ganze Linse; die centralen Theile sind noch frei davon; die Bindegewebskerne sind viel seltener und finden sich mit wenigen Ausnahmen ausschliesslich an der proximalen Peripherie. Sämmtliche Linsenzellen lassen noch Zellgrenzen erkennen, wenn dieselben auch nur in vereinzelt Fällen unverletzt sind. Meistens hat auch hier schon ein Austritt des Protoplasma aus den Zellen und eine Ausbreitung desselben in dem Linsenraum stattgefunden. Die Kerne sind stets scharf umschrieben, haben meist deutliche Kernmembran und scheinen von dem Zersetzungsprocess erst wenig oder noch garnicht berührt zu sein. Die Linsenzellen sind zahlreicher, als bei dem zuletzt beschriebenen Thiere und auch grösser. Sie zeigen eine, freilich nur undeutliche Anordnung, insofern als sie in dem distalen Theile der Linse in einer einfachen Lage

an einander gereiht erscheinen. Etwa in der Gegend des Linsenäquators hört aber diese, schon vorher nicht streng durchgeführte Ordnung auf, und in dem mittleren und dem proximalen Drittel der Linse liegen ihre Zellen wieder ohne jede Spur einer Anordnung regellos durch einander.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass die Rückbildung der Linse bedeutenden Schwankungen in Bezug auf den Zeitpunkt, wo sie einsetzt, unterworfen sein muss. Sie beginnt augenscheinlich bei dem einen Thier früher, bei dem anderen später. Im letzteren Falle hat die Linse Zeit gehabt, sich noch weiter zu entwickeln, ehe der Zerfall anfangt, sie wird also naturgemäss umfangreicher geworden sein, d. h. aus zahlreicheren und auch wohl grösseren Zellen bestehen, als eine andere, bei der die Rückbildung schon auf einer früheren Altersstufe ihren Anfang nahm. Es erklärt sich so der Umstand, dass das älteste der von mir untersuchten hier in Betracht kommenden Augen die grösste Linse besitzt, und dass diese Linse am wenigsten in der Auflösung fortgeschritten ist, die Linse des jüngsten der fraglichen Augen dagegen viel kleiner und viel mehr zerfallen erscheint.

Ist somit der Zeitpunkt, an dem die Rückbildung der Linse beginnt, von einer Reihe unkontrollirbarer Factoren abhängig und erscheint deshalb individuell schwankend, so steht es mit der Art, wie die Rückbildung vor sich geht, anders. Dies ist immer die gleiche. Wovon der erste Anstoss dazu ausgeht, lässt sich nicht feststellen, den ersten Abschnitt in dem Zerfallprocess des Organs bildet aber sicher stets die Auflösung der Zwischensubstanz zwischen den Zellen. Ob diese durch Leucocyten bewirkt wird, oder auf andere Weise vor sich geht, mag dahingestellt bleiben. Die Linsenzellen büssen dann zunächst ihre regelmässige Anordnung in etwas ein und Hand in Hand damit geht wohl die Durchlöcherung, ZerreiSSung und der allmähliche Zerfall der Linsenkapsel. Sobald diese Oeffnungen zeigt, beginnt das der Linse anliegende Bindegewebe sich an der Zerstörung activ zu betheiligen. Es wandert ein, schiebt sich zwischen die durch Resorption der Intercellularsubstanz in ihrem Zusammenhang ohnehin gelockerten Linsenzellen und drängt dieselben aus einander. Bald darauf gehen dann die Zellmembranen zu Grunde, sei es, dass sie den Angriffen von Leucocyten erliegen, sei es, dass ein chemischer Zersetzungsprocess dabei eine Rolle spielt. Das Zellprotoplasma strömt aus, und der Kern ist nunmehr den zersetzenden Einflüssen preisgegeben, die auch ihn nach Zerstörung seiner Membran rasch zur Auflösung bringen. Inzwischen ist Bindegewebe in immer grösserer Menge eingewandert, besonders seine Kerne haben sich bedeutend vermehrt.

Das *Proteus*-Auge hat also jedenfalls während der embryonalen und Larvenperiode, bis in die ersten Stadien des ausgebildeten Thieres herein eine Linse besessen, man darf somit nicht mehr, wie dies Desfosses und Hess thun, das Auge des Olmes als Beispiel anführen, wenn es sich darum handelt, zu beweisen, dass bei der Bildung der secundären Augenblase aus der primären die Linse als ursächliches Moment nicht in Betracht komme.

K. W. Schlampp's angekündigte Untersuchungen über das Larvenauge von *Proteus* müssen zeigen, welche Stufe der Ausbildung die larvale Linse erreicht*. Ich glaube nicht, dass diese eine sehr hohe sein kann; dagegen spricht schon der Umstand, dass auch die weitestentwickelte Linse aus sehr

*; Leider hat die inzwischen erschienene Arbeit über diesen Punkt keine Aufklärung bringen können, da zu den Untersuchungen nur ein einziger Larvenkopf zur Verfügung stand.

grossen Zellen zusammengesetzt gewesen sein muss, die wohl noch keine Spur einer Hinneigung zur Faserbildung verrathen haben. Eine solche müsste ja auch bei der in Zerfall begriffenen Linse, wie sie mir vorgelegen hat, constatarbar gewesen sein, was aber niemals der Fall war.

Ob die von Configliachi und Rusconi, sowie von Rud. Wagner beschriebene *Proteus*-Linse mit dem hier geschilderten Gebilde identisch ist, lässt sich nicht entscheiden, unter keinen Umständen aber ist es der Fall bei dem von Leydig gefundenenen Körper, der mir vielmehr einem bereits etwas weiter, als auch bei sehr grossen Thieren gewöhnlich, entwickelten Vitreum zu entsprechen scheint. Gegen die Auffassung als Linse spricht vor allem seine Lage, dann aber auch die Zusammensetzung aus einer structurlosen homogenen eiweissartigen Masse.

Der Glaskörper. (Fig. 55, 59, 63, 66.)

Von den beiden Einstülpungen, die typisch die primäre Augenblase erfährt, lässt sich bei älteren Exemplaren von *Proteus anguineus* nur eine erkennen. Es scheint also entweder die, wie viele Forscher annehmen, durch Entwicklung einer Linse bewirkte laterale Einstülpung der primären Augenblase zur secundären, — oder die ventrale Einstülpung, d. h. die sogenannte fötale Augenspalte zu fehlen.

Ich glaube indess, dass die für fast alle Wirbelthiere typischen zwei Einstülpungen ursprünglich auch im *Proteus*-Auge vorhanden gewesen sind. Die primäre Augenblase hat zunächst wohl eine laterale Einstülpung erlitten. Ob die gleichzeitige Bildung der Linse dabei als ursächliches Moment aufzufassen ist, mag hier dahingestellt bleiben. Unmittelbar nach der Augenbecherbildung ist es alsdann auch zur zweiten, ventralen Einstülpung gekommen, wodurch der Augenbecher die bekannte haubenförmige Gestalt angenommen hat. Die Linse verschwand nun allmählich, und ein Theil des dadurch freigewordenen Raumes wurde durch Hereinwachsen des dorsalen Augenbecherrandes ausgefüllt, doch kommt es dabei niemals, wie Semper, Hess, Schlampp u. A. angeben, zu einer gegenseitigen Berührung der Augenbecher-ränder, es bleibt immer ein bald sehr weiter, bald engerer Raum dazwischen frei. Der Durchmesser der Pupille, wenn man diesen Ausdruck für die Augenbecheröffnung gebrauchen darf, schwankt zwischen 0,081 und 0,015 mm. Er ist sehr häufig für die beiden Augen desselben Thieres ein verschiedener und auch der Vergleich mit der Augenaxe ergibt kein constantes Verhältniss. Dasselbe stellt sich z. B. das eine Mal auf 1 : 1,86, ein anderes Mal auf 1 : 9,61 und dann wieder auf 1 : 5,32.

Die Ränder der ventralen Einstülpung, die ja mit der lateralen in Zusammenhang steht, veränderten ihre Lage nicht, die Augenspalte blieb somit erhalten. Es erklärt sich auf diese Weise, dass die einzige beim älteren Thiere noch sichtbare Oeffnung des Augenbechers nicht lateral, sondern ventral sich findet.

Auf diesem Wege wandert nun Bindegewebe in die Augenblase ein und füllt auch den durch Verschwinden der Linse frei werdenden runden Hohlraum aus, soweit derselbe nicht durch den vordringenden dorsalen Augenbecherrand eingenommen wird.

Das Auge von *Proteus* hat sich somit auf dieselbe Weise gebildet, wie das der meisten anderen Wirbelthiere. Die primäre Augenblase hat eine laterale Einstülpung erfahren, und es ist so die secundäre

Augblase entstanden, deren inneres Blatt, die distalen Partien der primären Augenblase, zur Netzhaut wird, während das äussere die Pigmentschicht abgibt. Das innere Blatt wird an seiner äusseren (proximalen) Grenze schliesslich von der äusseren Körnerschicht mit den aus ihr hervorgehenden Sehelementen, an ihrer inneren (distalen) von den Opticusganglienzellen begrenzt.

Der Glaskörper, oder vielmehr dessen erste Anlage, ist räumlich nur gering entwickelt und beschränkt sich auf wenige Bindegewebszüge, die den spaltförmigen Hohlraum der secundären Augenblase erfüllen. An ihm schliessen sich sofort die stets mehrschichtig angeordneten Opticusganglienzellen an, die auf diese Weise im Inneren des Auges einen länglichen Zapfen zu bilden scheinen, der einen schmalen, durch das Bindegewebe der Glaskörperanlage erfüllten Raum in sich schliesst. Diesen Hohlraum im Ganglienzapfen hat in einem einzigen Falle auch Hess gesehen, ohne jedoch den Versuch einer Deutung desselben zu machen. In seinem Falle war der Hohlraum mit „feinkörniger Masse“ (also wohl mit bereits zerfallenem Bindegewebe) erfüllt.

Auch der homogene Körper, den Leydig einmal im Inneren des *Proteus*-Auges beobachtet hat, dürfte wohl weniger als Linse, denn als Anfang einer Glaskörperbildung aufzufassen sein. Schlampff kennt den Hohlraum nicht. Nach seiner Angabe bildet die Ganglienschicht einen soliden Zapfen, in dessen Axe der Opticus hinzieht. Das Vorhandensein eines Glaskörpers verneint er ausdrücklich.

Der Glaskörper besteht, wie bemerkt, noch vollständig aus Bindegewebszügen, die, besonders im Lumen jenes Ganglienzapfens, reichliche Kerne führen. In einzelnen Fällen hatten sich bei den von mir untersuchten Thieren zwischen den Bindegewebsfasern bereits verhältnissmässig bedeutende Massen feinkörnigen freien Protoplasmas angesammelt, die zweifellos einer Umwandlung von Theilen des Glaskörperbindegewebes ihr Dasein dankten; die Glaskörperentwicklung war hier also schon etwas weiter vorgeschritten. Diese Erscheinung ist in der Hauptsache auf jüngere Stadien beschränkt. Sie findet sich in grösserem Umfange bei Thieren, die noch eine deutliche Linse besitzen und tritt mit zunehmendem Zerfall dieses Organs mehr und mehr zurück. Bei älteren Exemplaren finden sich nur noch ganz schwache Spuren einer derartigen, dem typischen Glaskörpergefüge bereits sehr nahe kommenden Masse.

Den Haupttheil der Glaskörperanlage bilden jedoch auf allen von mir untersuchten Stadien die unveränderten Bindegewebsfasern, und in zweiter Linie die Bindegewebszellen. Im Laufe der Entwicklung, Hand in Hand mit der Auflösung der Linse, findet die Umwandlung der Bindegewebs Elemente in immer geringerem Grade statt und hört schliesslich ganz auf. Das bereits vorhandene freie Protoplasma verschwindet allmählich, und sein Platz wird wieder von neugebildeten resp. neu eingewanderten Bindegewebszellen und -Fasern eingenommen, bei denen von einer Umwandlung überhaupt nicht mehr die Rede ist.

Das erwähnte freie Protoplasma ist also ganz anderer Herkunft als dasjenige, das, wie oben gezeigt wurde, in der sich rückbildenden Linse gefunden wird. Dort ist es auf den Zerfall der Linsenzellen zurückzuführen, also ectodermalen Ursprungs, hier verdankt es einer Umwandlung von Bindegewebs theilen seine Entstehung, gehört also dem mittleren Keimblatte an. Es ist dabei nun freilich nicht ausgeschlossen, dass durch Austritt des Protoplasmas der Linsenzellen aus der zerrissenen Linsenkapsel das ectodermale Protoplasma, um mich einmal so auszudrücken, in das Gewebe des Glaskörpers hineingeräth, dass also beide, in Bezug auf ihre Herkunft verschiedenen, Protoplasmaarten, sich so mit einander

vermischen, dass eine Unterscheidung nicht mehr durchführbar ist. Doch ist diesem Umstaude wohl keine Bedeutung beizumessen, da ja binnen Kurzem sowohl das ectodermale, wie das mesodermale freie Protoplasma wieder verschwindet, die Erscheinung also sehr vorübergehender Natur ist. Der umgekehrte Fall, d. h. eine Umwandlung der in die Linse eingedrungenen Bindegewebsfasern und -Zellen tritt niemals ein.

Die Glaskörperanlage füllt stets den Raum zwischen den Rändern des Augenbeckers vollkommen aus, ebenso wie den Platz, welchen früher die Linse eingenommen hatte. Sie steht in ununterbrochenem direktem Zusammenhang mit der das Auge umschliessenden Bindegewebskapsel, also bei jungen Thieren mit der Sclero-Chorioidea, bei älteren mit der Chorioidea allein.

In der Gegend der Oeffnung des Augenbeckers findet sich im Bindegewebe der Glaskörperanlage zuweilen ein Gefäss: in den weiter nach dem Augeninneren hin gelegenen Bindegewebszügen habe ich jedoch niemals Blut getroffen.

Die Bindegewebsfasern des Glaskörpers, der gegen die Opticusganglienschicht noch keine Spur einer Membrana limitans interna abgesetzt hat, dringen durch die Ganglienschicht durch und ziehen sich weiterhin quer durch die gesammte Retina. Es gilt dies nicht blos für die eigentliche Netzhaut, sondern ebenso für die Pars Iridis Retinae.

Iris und Ciliarkörper.

Eine eigentliche Iris fehlt dem *Proteus*-Auge, doch kann man, meines Erachtens, den Rand des Augenbeckers sehr wohl als eine, wenn auch wenig entwickelte, Anlage dazu auffassen. Dieselbe setzt sich aus den drei typischen Blättern zusammen. Zunächst, von Innen nach Aussen gerechnet, trifft man auf den der Netzhaut angehörigen Theil des Irisstratum. Diese Pars retinalis Iridis ist stets einschichtig und setzt sich aus cubischen oder rundlichen Zellen zusammen, die an der Umbiegungsstelle, dem Augenbecherrand, sich oft stark in die Länge ziehen. Das zweite Blatt, das vom ersten immer durch einen oft ziemlich breiten Spalt, den Rest der primären Augenhöhle, getrennt ist, wird durch die vordersten Theile des Pigmentepithels gebildet. Seine Zellen sind hier stets gross, cubisch, mit starken runden Kernen: häufig nehmen sie sogar eine Cylinderform an, und das, stets einschichtige, Pigmentblatt gewinnt dadurch an dieser Stelle eine, besonders in Vergleich zu seiner sonstigen Mächtigkeit sehr bedeutende Stärke. Bei einem Thiere von 22,2 cm Länge mit einem Bulbusvolumen von ca. 0,031 cbmm hatte z. B. das Pigmentepithel in der Irisanlage eine Dicke von 0,017 mm, an anderer Stelle nur von 0,001 mm; ein Exemplar von 11 cm Thierlänge bei einem Augenvolumen von 0,021 cbmm zeigte im Irisstratum eine Pigmentepithelstärke von 0,008 mm, sonst nur von 0,005 mm. Im ersten der beiden angegebenen Fälle beträgt also die Stärke des Pigmentepithels in der Irisanlage das 1,1 fache, im zweiten nur das 1,3 fache der gewöhnlichen Dicke dieses Blattes. Es scheint demnach, dass das Pigmentepithel der Irisanlage mit zunehmendem Alter an Stärke unverhältnissmässig zunimmt, doch lässt sich freilich kein festes Zahlenverhältniss hinsichtlich dieser Zunahme constatiren.

Das dritte Blatt der Iridanlage liefert die Chorioidea, die dem Pigmentepithel immer dicht anliegt. Sie hat hier auch bei dem meisten der getrockneten der von mir untersuchten Thiere, noch keine Zwischenmembran differenzirt. In einzelnen Fällen fand sich in dem Bindegewebe der Chorioidea ganz nahe dem Augenbechertrande ein etwas Gefäss (Fig. 54) das augenscheinlich sich ringförmig um die Pupille, wenn man von einer sehr geringen Spannung der Linse noch sprechen darf, herumzieht. Auch sonst zeigt die Pars chorioidea's kein Gefäss, wenn sie in dieser Abtheilung auch niemals so reichlich auftreten, wie wohl sonst in der Chorioidea.

Zwischen der eigentlichen Pars Iris und der einschichtigen Pars Iridis Retinae findet sich stets ein aus drei bis vier Lagen kugelförmiger Zellen gebildeter ringförmiger Wulst, den ich als Theil einer Ciliarkörperanlage, freilich auf sehr niedriger Ausbildungsstufe auffasse.

Derselben Ansicht scheint Desfosses zu sein.

Einen solchen ringförmigen Wulst beobachtet auch Schlamp und deutet ihn ebenfalls als Anlage eines Ciliarkörpers. Er lässt ihn jedoch in der Hauptsache als dem an dieser Stelle mehrschichtig gewordenen Pigmentepithel sich auflösen. Meine Untersuchungen haben sehr deutlich ergeben, dass dem nicht so ist. Das Pigmentepithel theilte sich allerdings auch an der Zusammensetzung der Ciliarkörperanlage, aber nur in der Art, dass seine Zellen, ähnlich wie in der Irisanlage hier viel grösser, vor allem höher und cylindrischer werden als in den der Retina gegenüber liegenden Partien; von einer Schichtenvermehrung des Pigmentepithels ist aber, wie ich wiederhole, niemals die Rede.

Das Stratum ciliare zeigt, abgesehen von der Form seiner Zellen, gar keine weitere Differenzirung. Bei älteren Thieren erscheint es stärker entwickelt, als bei jüngeren wo es oft gar nicht nachweisbar ist.

Das Pigmentepithel. Fig. 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65.

Das Pigmentepithel ist, abgesehen von seinem, vordersten, zum Aufbau der Irisanlage mit herangezogenen Theil, stets sehr dünn. Es besteht durchweg aus einer einzigen Schicht sehr gestreckter Zellen, deren lange Axe tangential zur Bulbusoberfläche verläuft und die sehr grosse nahezu runde Kerne besitzen. Von Ausläufern der Zellen gegen die Sehzellschicht hin fehlt auf allen Entwicklungsstufen im *Pratinus*-Auge jede Spur. Auf nach Innen gekehrten Flächen der Pigmentepithelzellen sind immer vollkommen glatt.

Der Grad der Pigmentirung ist ein ungemein verschiedener. Als allen von mir untersuchten Thieren gemeinsam lässt sich nur feststellen, dass die Pigmentirung in der dorsalen Augenhälfte immer stärker ist, als in der ventralen und zwar gilt dies für die Chorioidea und Sclera ebenso gut wie für das Pigmentepithel. Die Zellen des letzteren waren oft nur in ihrer dem Augeneinneren zugewandten Hälfte (Fig. 57, 58, 60) mit Pigment spärlich versehen, in anderen Fällen zeigte sich die ganze Zelle mit sehr dicht gelagertem Pigment erfüllt (Fig. 59). Dorsal reichte die Pigmentirung des Pigmentepithels häufig bis an den Augenbechertrand hin, ventral zeigte dagegen der Abschnitt des Pigmentepithels, der einen Theil des Iridstromes bildet, niemals eine Spur von Pigment.

Der grössere oder geringere Grad der Pigmentirung im *Proteus*-Auge hängt übrigens keineswegs mit dem Alter des Thieres zusammen. Ich fand häufig das Auge eines kleinen Thieres viel reichlicher mit Pigment versehen, als das eines viel grösseren. Es ist mir nicht zweifelhaft, dass die Pigmentbildung mit dem Grade der Beleuchtung, dem das Thier während seines Lebens ausgesetzt war, zusammenhängt. Wie bei Olmen, die längere Zeit im Lichte gehalten werden, die Körperhaut immer dunkler wird und zuletzt nahezu schwarz erscheint, so wird wohl auch im Auge unter dem gesteigerten Einflusse des Lichts die Pigmentbildung erhöht werden. Untersuchungen habe ich leider in dieser Richtung noch nicht anstellen können, doch hoffe ich binnen Kurzem in der Lage zu sein, über diesen Punkt auf Grund eigener Erfahrung zu berichten.

Die Retina.

An der Netzhaut des ausgebildeten Thieres lassen sich alle typischen Schichten unterscheiden. Betrachten wir zunächst die Retina eines ziemlich grossen *Proteus* (25,7 cm) (Fig. 60).

Von Innen nach Aussen gerechnet präsentirt sich zuerst, in einer Stärke von 0,024 mm, die Schicht der Opticusganglienzellen, die, ohne durch eine *Membrana limitans interna* davon getrennt zu sein, sich unmittelbar an die Bindegewebszüge der Glaskörperanlage anschliesst. Sie besteht aus einer 2—3fachen Lage grosser runder Zellen (Durchmesser 0,014 mm) mit grossen Kernen.

Das innere Blatt der secundären Augenblase ist, wie eine weiter unten gegebene Tabelle zeigen wird, im Vergleich zur Grösse des ganzen Bulbus ungemein stark, es bleibt daher für den Hohlraum des Augenbeckens, welcher von der Glaskörperanlage ausgefüllt wird (Fig. 57), nur ein sehr kleiner streifen- oder vielmehr zapfenförmiger Raum übrig, der nur in der Gegend der Irisanlage, resp. da, wo sich früher die Linse befunden hat, eine grössere Ausdehnung besitzt. Infolge dieser Verhältnisse hat auch die Opticusganglienschicht eine zapfenförmige Gestalt.

Die Ganglienzellen senden ziemlich starke Fortsätze nach Innen, d. h. nach der Spitze des Zapfens hin. Da diese Fortsätze sich erst dort, also nach Verlassen der Schicht zu einem gemeinsamen Bündel, dem Sehnerv, vereinigen, kann man vorher von keiner eigentlichen Opticusfaserschicht sprechen. Die Fortsätze treten nicht etwa von ihren resp. Zellen aus zunächst nach dem Innenrande der Ganglienschicht, wie dies gewöhnlich der Fall ist, sondern nehmen gleich nach dem Abgang aus ihrer Zelle zwischen den anderen Ganglienzellen hin den nächsten Weg nach dem erwähnten Sammelplatz zum Sehnerv (Fig. 60, 63), d. h. nach der Spitze des Zapfens.

In die Tiefe der Retina schicken die Ganglienzellen ebenfalls, neben einzelnen sehr feinen Ausläufern, einen Hauptfortsatz, der die folgende Schicht, die *Granulosa interna*, durchzieht und mit Ganglienzellen, die sich am distalen Rande der inneren Körnerschicht finden, in Verbindung tritt. Solcher Ganglienzellen (0,011 mm Durchmesser), immer in einfacher Lage angeordnet, sind es erheblich weniger, als Opticusganglienzellen, es wird also in der Regel eine dieser „inneren Ganglienzellen“ mehrere von den Hauptfortsätzen der Opticusganglienzellen aufnehmen müssen, was in der That auch der Fall und deutlich zu erkennen ist.

Jede dieser Ganglienzellen sendet in die Tiefe der „inneren Körnerschicht“ hinein wieder eine Anzahl sehr feiner Ausläufer, die zwischen den Körnern der Schicht allmählich verschwinden, ohne dass sich ein Zusammenhang mit weiteren zelligen Elementen nachweisen liesse.

Die *Granulosa interna* (Fig. 60 *Gi*) hat eine Breite von 0,026 mm und besteht ausschliesslich aus protoplasmatischem Gerinnsel ohne jede Spur zelliger Elemente. Eine besondere Anordnung ihres Protoplasmas in horizontale oder radiäre Streifen ist nicht vorhanden; in vielen Fällen kann man freilich auf den ersten Blick durch die die Schicht quer durchsetzenden nervösen und bindegewebigen Fasern zur Annahme einer radiärstreifigen Anordnung der Grundsubstanz der Schicht verleitet werden, wie dies augenscheinlich Hess passirt ist.

Die innere Körnerschicht (Fig. 60 *JK*) hat eine Stärke von 0,012 mm, wovon 0,015 mm auf die Schicht der oben erwähnten „inneren Ganglienzellen“ kommen. Ihre Hauptmasse wird gebildet aus 4—5 Lagen von Zellen mit grossen Kernen und meist deutlich erkennbaren Zellgrenzen (Durchmesser ca. 0,010 mm). Am proximalen Rande finden sich in einfacher, vielfach unterbrochener Schicht, Zellen von gleicher Grösse, die augenscheinlich ganglionärer Natur sind. Dieselben senden nur in seltenen Fällen ganz feine kurze Fortsätze nach allen Seiten und ich glaube, dass man es hier mit Zellen zu thun hat, die im Begriff sind, sich zu wirklichen Ganglienzellen, den „äusseren Ganglienzellen“ höher entwickelter Augen, anzubilden, um vielleicht später in die nervöse Leitung zwischen Sehnerv und Sehzelle eingeschaltet zu werden. So, wie sie jetzt sind, haben sie aber erst ganz geringfügige Unterschiede gegenüber den gewöhnlichen Kornzellen der Schicht, stehen auch keineswegs alle auf derselben Entwicklungsstufe.

Eine weitere Art von Elementen der inneren Körnerschicht repräsentiren die Stützzellen, die, ebenso wie die an die innere Körnerschicht sich anschliessende *Granulosa externa*, in Zusammenhang mit dem bindegewebigen Stütznetz der Retina besprochen werden sollen.

Es folgt alsdann in einer Stärke von 0,031 mm die äussere Körnerschicht (Fig. 60 *IK*), in der sich wiederum zweierlei Elemente unterscheiden lassen.

Am distalen Rande der Schicht finden sich grosse Ganglienzellen (0,013 mm Durchmesser), die stets in einfacher Lage angeordnet und häufig durch grosse Zwischenräume von einander getrennt sind. Ich habe dieselben bei einer früheren Gelegenheit als Zwischenganglienzellen bezeichnet, und möchte diesen Namen auch hier beibehalten. Sie senden nach der Tiefe der Retina zu feine Ausläufer, die sich durch die *Granulosa externa* verfolgen lassen und in das Gebiet der inneren Körnerschicht eintreten, wo sie dann bald verschwinden. Mit den ganglienartigen Zellen des proximalen Randes jener Schicht gehen sie keine Verbindung ein, und ebenso wenig wollte es mir gelingen, ein Anastomosiren mit den proximalwärts gerichteten Fortsätzen der inneren Ganglienzellen nachzuweisen.

Auch hier also wieder, wenn auch in etwas anderer Art, die von mir des öfteren constatirte, wirkliche oder scheinbare, Unterbrechung der nervösen Leitung im Gebiete der inneren Körnerschicht. Die Erscheinung lässt auch im *Proteus*-Auge die beiden Erklärungen zu: entweder, dass eine direkte Verbindung der beiden Ganglienschichten nun einmal dennoch existirt, und die Ausläufer nur eben so fein verästelt sind, dass ein Anastomosiren derselben sich nicht mehr constatiren lässt, oder aber, dass

die feinen Fortsätze der beiden Ganglienschichten schliesslich in die protoplasmatische Grundsubstanz der inneren Körnerschicht übergehen, also diese selbst die Leitung vermittelt. Von den beiden Möglichkeiten scheint mir auch hier die erstgenannte die wahrscheinlichere.

Nach Aussen senden die Zellen dieser „Zwischenganglienschicht“ je mehrere stärkere Fortsätze aus und treten durch jeden derselben in Verbindung mit einer Sehzelle, deren also immer mehrere zu derselben Ganglienzelle in Beziehung stehen. Die äusseren Kornzellen, von denen ein Theil zu Sehzellen sich umgewandelt hat, besitzen eine Dicke von etwa 0,011 mm, ihre Länge schwankt je nach dem Grade, in dem sie schon zur Sehzellbildung herangezogen sind, zwischen 0,011 und 0,023 mm.

Die Sehelemente, ob Stäbchen oder Zapfen lässt sich unmöglich unterscheiden, stellen sich immer als proximalwärts gerichtete Auswachsungen der Zelle selbst dar. Die Zellkerne sind sehr gross; in allen Fällen lässt sich um sie her noch ein, freilich ganz schmaler protoplasmatischer Saum, ein Zellkörper und eine deutliche Zellgrenze, die in ununterbrochenem Zusammenhang mit dem Sehelemente stehen, nachweisen. Das letztere kann also unmöglich eine Cuticularbildung, ein Exsudat des Kornes sein, wie vielfach behauptet worden ist.

Die Sehelemente selbst haben in diesem höchstentwickelten der von mir untersuchten *Proteus*-Augen erst eine sehr niedere Stufe der Ausbildung erreicht und verhalten sich in Grösse und Form ungleichmässig verschieden. Ihre Länge, gerechnet von der Membrana limitans externa bis zur Spitze, schwankt zwischen 0,004 und 0,013. Sie stellen sich bald als lange schmale zapfenförmige Gebilde dar, bald haben sie die Gestalt kuppenförmiger Ansätze, oder sie bilden sogar eine niedrige, aber breite, plattenförmige Auswachsung der Sehzelle. Vorherrschend ist die Gestalt des schmalen unregelmässigen Kegels, der ungefähr dieselbe Länge besitzt, wie die Sehzelle und an der Basis etwa $\frac{2}{3}$ von ihrer Breite hat. In ganz seltenen Fällen zeigen die Sehelemente im Niveau der Limitans eine Einschnürung.

Die Sehelemente sind von feinem Protoplasma erfüllt, das etwas dunkler ist, als das ihrer Zellen, aber stets viel heller und feiner, als dasjenige, aus dem sich der sehr dunkle und grobstrukturierte Kern aufbaut. Eine Differenzirung des protoplasmatischen Inhaltes hat nur insofern stattgefunden, als derselbe sich in den meisten Fällen vom Rande etwas zurückgezogen hat. Infolge dessen besteht dann zwischen Zellmembran und den dichteren Partien der Sehelemente eine hellere Randschicht. Diese Erscheinung tritt indess keineswegs immer auf: häufig erfüllt das Protoplasma auch das ganze Sehelement gleichmässig.

Zwischen den Sehzellen finden sich ziemlich zahlreiche Kornzellen, bei denen noch kein Anfang zur Bildung von Sehelementen zu bemerken ist. Sie liegen stets etwas mehr in der Tiefe der Schicht und reichen niemals bis an die Limitans externa heran, stehen aber zuweilen doch schon durch einen Fortsatz mit einer der Zwischenganglienzellen in Verbindung. Man hat es hier zweifellos mit Reservezellen zu thun, die im Laufe der Weiterentwicklung zur Bildung von Sehelementen mit herangezogen werden.

Eine weitere Zellart der äusseren Körnerschicht wird durch die Stützzellen gebildet.

Bei dem vorliegenden Stadium existirt eine wirkliche Limitans interna, die sich als ziemlich starke strukturlose Membran an der proximalen Grenze der protoplasmatischen Zwischensubstanz der äusseren Körnerschicht hinzieht. Sie verläuft stets ganz regelmässig. Sie stellt eine glatte Fläche dar,

aus der die Schzellen und Müller'schen Stützfasern, für deren Durchtritt sie Oeffnungen besitzt, herausragen. Zwischen ihr und dem Pigmentepithel liegt ein schmaler Spaltraum, der den letzten Rest der primären Augenhöhle darstellt und mit dem Spaltraum in der Iris (zwischen dem Pigmentepithel und dem Iristheil der Retina) communicirt.

Stützfasern und Stützzellen (Fig. 60, 60 a). Von der Glaskörperanlage ausgehend, ziehen zahlreiche feine Bindegewebszüge quer durch die Netzhaut. Im Bereiche der Opticusganglienschicht finden sich in ihrer Begleitung vereinzelt Stützzellen mit sehr langgestreckten, oft etwas gekrümmten Kernen. Diese Zellen fehlen in der Granulosa interna vollständig, werden aber in der inneren Körnerschicht sehr zahlreich und kommen weiterhin noch in der äusseren Körnerschicht, namentlich zwischen jenen Reservezellen, aber auch zwischen den einzelnen Schzellen vor. In ganz vereinzelt Fällen konnte ich sie sogar noch zwischen den Zellen des Pigmentepithels nachweisen. Die Stützzellen haben eine durchschnittliche Länge von 0,019 bei einer Dicke von 0,004 mm.

In dem 0,003 mm breiten Raum zwischen innerer und äusserer Körnerschicht kommt es zu einer sehr bedeutenden Horizontalverästelung der Bindegewebsfasern. Es wird dadurch in Verbindung mit reichlichem Protoplasmagerinnsel, das wohl auch hier grösstentheils auf zerfallene Stützzellen zurückzuführen ist, eine besondere Schicht gebildet, die man als Granulosa externa bezeichnen mag.

Die Fasern ziehen sich alsdann ohne weitere Verzweigung zwischen den Elementen der äusseren Körnerschicht hin, durchsetzen den Spaltraum zwischen Retina und Pigmentepithel, dringen zwischen den Elementen dieser Schicht hindurch und treten zur Zwischenmembran heran (Fig. 60 a, mit der sie sich vereinigen. Man hat also auch hier wieder, wie bei *Petromyzon* und bei *Myxine* gezeigt wurde, ein Bindegewebsgerüst, das die ganze Retina einschliesst, beziehungsweise durchzieht; nur ist dasselbe bei *Proteus* der Vollendung ferner. So fehlt hier, wie auch bei *Myxine*, vor allem eine Limitans interna und auch die Zwischenmembran reicht nicht weiter nach vorn, als bis etwa in die Gegend, wo die Chorioidea in ihren Iristheil übergeht. Die Verbindung zwischen pialer Opticusscheide und Zwischenmembran ist dagegen bereits deutlich, freilich fehlt dann wieder, wie hier vorausgenommen werden mag, das bindegewebige Querfasersystem im Sehnerv, das sich bei *Petromyzon* so klar ausgesprochen findet.

Ein *Proteus* von 11 cm Länge (Augentiefe 0,322 mm, Augenvolumen 0,021 cbmm) zeigte folgende Verhältnisse.

Die Opticusganglienschicht hat eine Mächtigkeit von 0,018 mm, die einzelne Ganglienzelle 0,01 mm Durchmesser. Betreffs der nervösen Leitung zeigt das vorliegende Stadium keine Verschiedenheit gegenüber dem vorigen, dieselbe lässt sich, mit Ausnahme der Unterbrechung im Bereich der inneren Körnerschicht, auch hier von Schzelle bis Sehnerv verfolgen.

Die Granulosa interna hat 0,023 mm Dicke und scheint aus gröberem Gerinnsel zu bestehen, ist aber auch hier ohne jede Spur zelliger Bestandtheile, oder einer streifigen Anordnung.

Die innere Körnerschicht ist viel mächtiger. Sie misst im Ganzen 0,061 mm. Die Ganglienzellen ihres distalen Randes, die „inneren Ganglienzellen“ sind etwas kleiner, als vorhin 0,013 mm. Am proximalen Rande der Schicht zeigen die Körnzellen nur in seltenen Fällen ein ganglienartiges Aussehen, sie sind meist von den übrigen Zellen der Schicht nicht zu unterscheiden.

Die Ganglienzellen der äusseren Körnerschicht, die „Zwischenganglienzellen“ haben einen Durchmesser von 0,012, die viel zahlreicheren, nahezu runden Reservezellen, einen solchen von 0,009 mm. Eine Verbindung dieser Zellen mit Zwischenganglienzellen liess sich nur in ganz seltenen Fällen nachweisen.

Eine Membrana limitans externa ist nicht vorhanden. Die proximale Grenze der Zwischensubstanz der Schicht zeigt aber eine entschiedene Verdichtung ihres Protoplasmas und bildet so einen sehr ausgesprochenen Margo limitans externus, der ziemlich regelmässig verläuft.

Ueber denselben ragen die Auswüchse der eigentlichen Sehzellen in sehr ungleichem Maasse (schwankend zwischen 0,002 und 0,005 mm) heraus. Diese Sehelemente sind, wie schon die gegebenen Maasse zeigen, viel geringer entwickelt, als im vorher beschriebenen Stadium; sie stellen sich immer als einfache, nicht weiter differenzirte Auswachsungen der Zellen dar. Auch ihr Inhalt zeigt noch keine Spur jener Scheidung in eine centrale und eine periphere Partie, das Protoplasma erfüllt die Sehelemente immer ganz gleichmässig, nur ist es meist etwas dichter, als das des übrigen Zellkörpers. Der Kern der Sehzellen ist derselbe, wie oben beschrieben.

Die Bindegewebszüge, welche die Retina durchsetzen, verlaufen nicht so regelmässig, doch finden bedeutendere Verzweigungen der Fasern auch hier nur in dem Gebiete zwischen innerer und äusserer Körnerschicht, also im Bereiche der Granulosa externa (0,002 mm dick) statt.

Die Stützfasern lassen sich viel seltener bis zur Zwischenmembran verfolgen; meist verschwinden sie zwischen den Sehzellen, oder lösen sich in der Granulosa externa vollständig in Verzweigungen auf.

Die Stützzellen sind viel zahlreicher, besonders in der Opticusganglienschicht und der inneren Körnerschicht. Sie fehlen in der Granulosa interna und kommen vereinzelt in der Granulosa externa, häufiger zwischen den Sehzellen vor. Sie haben bei einer Länge von 0,013 mm eine Dicke von 0,008 mm, sind also viel weniger langgestreckt als beim vorigen Stadium.

Als drittes Beispiel sei noch die Netzhaut eines *Proteus* von 12,5 cm Länge hier näher beschrieben. Dieselbe gehört dem linken Auge (Tiefe 0,258 mm, Volumen 0,0116 cbmm) an, das entschieden viel weiter in der Entwicklung vorgeschritten war, als das rechte.

Es lässt sich hier eine strenge Eintheilung der Netzhaut in die verschiedenen Schichten nur mit grossen Schwierigkeiten durchführen, da die zelligen Elemente fast alle noch wenig entwickelt und daher schwer von einander zu unterscheiden sind.

Am leichtesten kann man noch eine besondere Opticusganglienschicht aufrecht erhalten. Dieselbe hat eine Stärke von ungefähr 0,011 mm, ihre Elemente besitzen einen Durchmesser von 0,01 mm. Von den Fortsätzen der Ganglienzellen ist der eine, nach Innen gerichtete, also die Opticusfaser, stets wohl entwickelt, der andere in die Tiefe der Retina gesandte lässt sich jedoch nur selten bis zu seiner Vereinigung mit einer der inneren Ganglienzellen verfolgen. Meist verschwinden diese Ausläufer vorher in dem ziemlich grobkörnigen Protoplasmaerimsel der 0,027 mm starken Granulosa interna. Eine streifige Anordnung des Protoplasmas dieser Schicht ist auch auf diesem Stadium nicht vorhanden.

Die innere Körnerschicht hat eine Mächtigkeit von 0,018 mm. Die inneren Ganglienzellen 0,012 mm Durchmesser sind viel weniger entwickelt, doch noch immerhin als solche zu erkennen. dagegen zeigt sich bei den Zellen des proximalen Randes der Schicht keine Spur von ganglionarem Habitus.

Auf die innere Körnerschicht folgt unmittelbar die äussere, mit der Schicht der Zwischenganglienzellen (Fig. 61). Diese sind wohl entwickelt, haben einen Durchmesser von 0,013 mm und stehen durch Fortsatz mit den eigentlichen Sehzellen, niemals aber mit den sich reichlich findenden runden Reservezellen (Durchmesser 0,012 mm) in Verbindung.

Von einer Membrana limitans externa fehlt jede Spur: die Grundsubstanz zeigt am Rande weder einer Verdichtung noch verläuft dieser Rand auch nur annähernd regelmässig, man kann also auch nicht wohl von einem Margo limitans sprechen.

Die Sehzellen (Fig. 61) sind nur sehr wenig entwickelt. Sie haben ohne die Auswachsung d. h. das Sehelement, eine Länge von 0,012 mm bei einer Dicke von 0,01 mm. Die Auswachsungen, die weder was Form, noch was Dichtigkeit oder Arrangement ihres protoplasmatischen Inhalts betrifft, irgend welche Differenzierung aufweisen, haben eine Länge von 0,001—0,005 mm und stellen mehr oder weniger flache Kuppen dar, deren Basisbreite der Breite der Kornzellen entspricht.

Die ganze Retina ist stark von Bindegewebszügen durchsetzt, die von der Glaskörperanlage ausgehen und ungemein reich an Zellen sind. Die Stützzellen finden sich auf diesem Stadium besonders zahlreich in der inneren Körnerschicht, in zweiter Linie in der Opticusganglienschicht, auch in der Granulosa interna sind einzelne anzutreffen. Dagegen fehlen sie vollkommen zwischen den Sehzellen und sind auch im Gebiete der Zwischenganglienzellen sehr selten. Sie haben eine Länge von 0,015 mm, eine Breite von 0,005 mm, sind also bei gleicher Dicke etwas länger, als im letztbeschriebenen Stadium; die Fasern lassen sich nur bis an die proximale Grenze der inneren Körnerschicht verfolgen, wo sie sich verästeln. Zuweilen ist es möglich, als besondere Zone dieser Verästelung der Stützfaseru einen schmalen, etwa 0,0006 mm breiten Streifen zwischen innerer und äusserer Körnerschicht festzustellen, meist ist aber keine Spur davon vorhanden, und die Verästelung geschieht zwischen den Zellen des proximalen Randes der inneren Körnerschicht selbst resp. vereinzelt noch im Bereiche der Zwischenganglienzellen. Niemals jedoch erreichen die bindegewebigen Fasern die Reservezellen oder gar die eigentlichen Sehzellen. Eine Verbindung mit der schon ziemlich deutlichen Zwischenmembran ist demnach auf diesem Stadium selbstverständlich ausgeschlossen.

Allgemein lässt sich nach meinen Untersuchungen über die Retina des *Proteus*-Auges Folgendes feststellen:

Die Gesamtstärke der Netzhaut ist sehr schwankend. Sie beträgt z. B. bei einem Thiere von 22,2 cm Länge 0,155 mm, bei einem solchen von 11 cm 0,134 mm, bei einem Thiere von ca. 13 cm Länge für das linke Auge 0,115, für das rechte dagegen 0,116 mm. Vergleicht man die Dicke der Netzhaut (gemessen im dorsalen Augenhintergrunde und zwar von der inneren Grenze der Opticusganglienschicht bis zur Membrana limitans externa, resp. dem Margo limitans externus) mit der Länge der Augenaxe und mit der Augenhöhe, so ergeben sich bei den einzelnen Exemplaren folgende Zahlen:

Thierlänge	Verhältniss von Retinadiecke zu Augenaxenlänge (Augentiefe)	Verhältniss von Retinadiecke zu Augenhöhe
25,7 cm	1 : 3,52	1 : 3,17
22,2 -	1 : 2,73	1 : 2,50
16,1 -	1 : 2,36	1 : 2,97
14 -	1 : 2,10	1 : 2,95
13 - rechtes Auge	1 : 2,76	1 : 2,59
linkes Auge	1 : 2,21	1 : 2,53

Ein constantes Verhältniss existirt auch hierin nicht, doch kann man den Satz aufstellen, dass die Retina mit zunehmendem Alter gegenüber dem sonstigen Wachsthum des Auges etwas zurückbleibt.

Die bei jungen Thieren verhältnissmässig grössere Stärke der Retina wird hauptsächlich bedingt durch die bedeutendere Mächtigkeit der inneren Körnerschicht. Während z. B. bei einem Thiere von 25,5 cm Länge die Retina eine Gesamtdicke von 0,126 mm besitzt, misst die innere Körnerschicht 0,042 mm, was einem Verhältniss von 3 : 1 entspricht. Für ein Thier von 22,2 cm Länge stellt sich das Verhältniss auf 0,158 : 0,051, also 2,92 : 1, bei einem *Proteus* von 11 cm auf 0,134 : 0,061, d. h. 2,19 : 1.

Die Granulosa interna hat auf die mit zunehmendem Alter eintretende Stärkenabnahme der Retina keinen Einfluss, denn das Verhältniss der Dicke dieser Schicht zu der der Netzhaut stellt sich constant auf etwa 1 : 1,7.

Noch weniger kann die Opticusganglienschicht hierbei in Betracht kommen, denn diese Schicht nimmt im Laufe der Entwicklung an Stärke unverhältnissmässig zu. Sie misst z. B. bei dem Exemplar von 25,7 cm Länge 0,021 mm, was bei einer Netzhautdicke von 0,126 mm ein Verhältniss von 1 : 5,25 ergibt. Ein Thier von 11 cm besitzt eine Opticusganglienschicht von 0,015 mm; verglichen mit der Netzhautdicke von 0,131 mm resultirt hieraus das Verhältniss 1 : 7,14. Für einen *Proteus* von 12,5 cm stellt sich das Verhältniss von Opticusganglienschicht zu Retinastärke auf 0,011 : 0,115, also 1 : 8,24.

Die verschiedenen Schichten der Retina lassen sich bei jungen Thieren nur schwer aus einander halten, woran, wie schon bemerkt, hauptsächlich der Umstand die Schuld trägt, dass die zelligen Elemente zum Theil in der Entwicklung noch weit zurück und sich noch sehr ähmlich sind, sowie, dass vor Allem die Ganglienzellen sich von den nervösen Körnerzellen in vielen Fällen noch nicht unterscheiden lassen.

Die Zellen der Opticusganglienschicht scheinen sich schon früh zu entwickeln, wenigstens sind sie bei dem kleinsten mir zur Verfügung stehenden Thiere (10 cm schon unzweifelhaft als Ganglienzellen zu erkennen, und auch ihr nach Innen abgesendeter Hauptfortsatz, d. h. die Opticusfaser, ist deutlich nachweisbar.

Anders steht es mit den nach der Schzellschicht hin gerichteten Fortsätzen. Diese sind anfangs nur gering entwickelt, und eine klare Verbindung mit den inneren Ganglienzellen lässt sich erst bei späteren Stadien, etwa von 13—14 cm Thierlänge an, klar feststellen, d. h. auf einer Entwicklungsstufe, auf der die inneren Ganglienzellen selbst eben erst als solche erkennbar geworden sind.

Nach Schlampff gibt der Opticus, der sich „in der Axe der zu einem cylindrischen Zapfen angeordneten Ganglienzelllage“ hinzieht, eine Anzahl Nervenfädchen ab, die in die Netzhautkugel einstrahlen; dieselben lassen sich durch die Lage der Ganglienzellen hindurch verfolgen und strahlen in die moleculare Schicht ein, wo sie verschwinden. Wenn ich Schlampff recht verstehe, so würden diese Opticusfasern mit den Ganglienzellen keine Verbindung haben, wie diese überhaupt zum Opticus in gar keiner Beziehung zu stehen scheinen. Oder sollte vielleicht hier eine Verwechslung mit Müller'schen Fasern vorliegen?

Früher als die Opticusganglienzellen, wohl nicht viel später, als die Elemente der Opticusganglienschicht, haben sich augenscheinlich die „Zwischenganglienzellen“ entwickelt, die schon bei ganz jungen Thieren in Verbindung mit den kaum noch erkennbaren Schzellen angetroffen werden. Eine direkte Verbindung der Zellen der beiden Ganglienlagen der inneren Körnerschicht lässt sich auf keiner Entwicklungsstufe nachweisen. Die nach der Tiefe der Schicht beiderseits ausgesandten feinen Fortsätze lassen sich aber bei älteren Thieren stets weiter verfolgen, als bei jüngeren, wo sie oft nur ganz unbedeutend sind. An eine Rüchbildungserscheinung darf man also hierbei nicht denken. Viel eher könnte man annehmen, dass die direkte Leitung erst im Werden begriffen, man es also mit einer noch unvollendeten Anlage zu thun hat. In beiden Fällen jedoch wäre ein Lichtempfindungsvermögen des Thieres absolut ausgeschlossen. Da das Vorhandensein eines solchen aber durch zahlreiche Versuche unwiderleglich festgestellt erscheint, so bleibt nur der Ausweg, anzunehmen, dass eine nervöse Leitung zwischen den beiden Ganglienschichten, und damit in letzter Linie zwischen Schzelle und Gehirn, auf die eine oder andere der oben (bei Betrachtung der Netzhaut des *Proteus* von 25,7 cm Länge) angegebenen Arten besteht, obgleich sie sich nicht nachweisen lässt.

Die Sehelemente treten ebenfalls erst verhältnissmässig spät auf und erreichen auch bei den ältesten Thieren nur einen sehr niederen Ausbildungsgrad. Es sind stets einfache Auswachsungen von äusseren Körnerzellen und zwar von ihrem dem Pigmentepithel zugekehrten Pol aus. Sie erreichen niemals eine soweit gehende Differenzirung, dass es möglich wäre, einen Unterschied zwischen künftigen Stäbchen und Zapfen zu machen, wie dies W. Krause thut, und auch die Lage der Zellen, als deren Theile sie sich darstellen, gibt hierzu kein Mittel an die Hand, da alle zur Bildung von Sehelementen in Anspruch genommenen äusseren Körnerzellen in einer einfachen Lage unmittelbar an der proximalen Grenze der Schicht, d. h., soweit eine solche vorhanden, direkt an der *Membrana limitans externa* liegen. Nur in einem einzigen Falle hatten nach meinen Untersuchungen ganz wenige mehr in der Tiefe der Schicht gelegene Kornzellen einen Anfang zur Bildung von Sehelementen gemacht und ihr proximales Ende zwischen den vor ihnen liegenden Schzellen hierdurch in der Richtung nach dem Pigmentepithel hin auswachsen lassen.

Die Sehelemente entstehen, wie gesagt, dadurch, dass der proximale Pol der Schzellen dem Pigmentepithel entgegenwächst. Der Kern der Zelle theiligt sich an diesen Vorgängen nicht direkt.

er bleibt vielmehr stets an derselben Stelle. Das Schelement stellt daher zunächst eine ganz flache Kuppe dar, die allmählich länger und spitzer wird und schliesslich eine Kegelgestalt annimmt. Nur in ganz seltenen Fällen übertrifft die Länge des Schelements die der Kornzelle, meist bleibt sie bedeutend dahinter zurück. Auch die Breite der Schelemente ist meistens geringer, als die der betreffenden Zellen. Doch kommen hier häufiger Ausnahmen vor, indem zuweilen die Schelemente eine bauchige Kuppelgestalt annehmen, deren Breite die der Schzelle selbst übertreffen kann. Gewöhnlich tritt diese Erscheinung bei den, freilich seltenen, Zellen zu Tage, die im Nivean der Limitans externa eine Einschnürung gewonnen haben, d. h. allem Anscheine nach den ältesten der ganzen Anlage. Die Schelemente, und wohl auch die Schzellen selbst, haben nämlich augenscheinlich ein sehr verschiedenes Alter, trifft man doch in derselben Netzhaut Schelemente, die kaum über das Stadium der allerersten Auswachsung hinaus sind, neben Elementen, die jene Einschnürung zeigen, ihre Kornzelle in Länge und Breite übertreffen und auch schon in ihrem Inhalte eine gewisse Differenzirung zeigen. Die Schelementbildung scheint also ununterbrochen weiterzugehen, indem immer neue Kornzellen aus der Zahl der von mir so bezeichneten „Reservezellen“ dazu herangezogen werden.

Die Differenzirung des protoplasmatischen Inhalts der Schelemente nimmt stets damit ihren Anfang, dass das Protoplasma des ausgewachsenen Theils der Zelle dichter und dunkler wird, als das der Zelle selbst, und sich so gegen das letztere scharf absetzt. In der Folge zieht das Protoplasma der Schelemente sich von der Membran etwas zurück. Es entsteht eine hellere Randzone, die mit der Kornzelle communicirt, neben einer dunkleren, dichteren centralen Partie. Weiter geht jedoch die Differenzirung niemals.

Es liess sich an meinen Präparaten auch für *Proteus* stets aufs deutlichste erkennen, dass die Schzelle auf die geschilderte Art, d. h. durch Auswachsen zu Stande kommt, dass das Schelement also nicht, wie z. B. W. Krause annimmt, das Product einer Ausscheidung der betreffenden Zelle, also eine Cuticularbildung, ist.

Eine Membrana limitans externa tritt erst sehr spät auf, zu einer Zeit, wo die Schelemente schon verhältnissmässig hoch entwickelt sind, und wo die Stützfasern, wenigstens zum Theil, das Pigmentepithel bereits erreicht und durchdrungen haben. Die Limitans externa, die sich bei alten Thieren als deutliche Membran darstellt, kann also nicht aus Stützfasern hervorgegangen sein, sie ist vielmehr meines Erachtens als das Abscheidungsproduct der protoplasmatischen Grundsubstanz der Retina, somit als eine Cuticularbildung aufzufassen.

Das bindegewebige Stütznetz wächst von der Glaskörperanlage her in die Retina ein. Bei jungen Thieren lassen sich die Bindegewebszüge und -Zellen erst in den mehr nach Innen gelegenen Netzhautschichten nachweisen, mit zunehmendem Alter dringen sie immer weiter vor bis zur schliesslichen Vereinigung zahlreicher Bindegewebsfasern mit der zwischen Chorioidea und Pigmentepithel sich hinziehenden Zwischenmembran.

Auf allen Entwicklungsstufen sind die Stützfasern noch in unmittelbarem Zusammenhang mit den Bindegewebsmassen der Glaskörperanlage und documentiren so ihren mesodermalen Ursprung.

Anderer Ansicht ist unter Anderen W. Krause, der die Müller'schen Fasern durch Auswachsen von aus der Retina selbst hervorgegangenen Fulcrumzellen, die ectodermalen Ursprungs wären, entstehen lässt.

Mit zunehmendem Alter nimmt die Zahl der Bindegewebszellen in der Netzhaut ab, auch nehmen die noch vorhandenen eine immer länger gestreckte und immer dünnere Gestalt an. Zu reichlicher horizontaler Verzweigung der Bindegewebsfasern und dadurch zur Bildung einer besonderen Retinaschicht, die also, wenigstens hauptsächlich, mesodermalen Ursprungs, kommt es nur einmal: es ist dies die zwischen äusserer und innerer Körnerschicht sich hinziehende Granulosa externa, die mit zunehmendem Alter an Stärke zunimmt, aber freilich niemals sehr bedeutend wird (sie erreicht nie eine grössere Mächtigkeit, als die von 0,003 mm!).

Eine Limitans interna existirt auf keiner Entwicklungsstufe, und ebenso hat sich auch bei den weitest entwickelten Thieren in der Gegend der Irisanlage noch keine Zwischenmembran aus dem Bindegewebe der Chorioidea heraus differenzirt. Da jedoch dieses Gewebe in unmittelbarem Zusammenhang steht mit den Bindegewebsmassen der Glaskörperanlage, mit welchen wieder ihrerseits die Müller'schen Stützfasern in Connex verblieben sind, so hat auch für das *Proteus*-Auge der feste Rahmen, zwischen dem sich das bindegewebige Stütznetz für die Retina ausspannt, keine Lücke.

Der Sehnerv. (Fig. 63, 64, 65.)

Wie schon bemerkt, senden die Opticusganglienzellen nach Innen, oder besser gesagt, direkt in der Richtung nach dem Augenhintergrund hin, ziemlich starke Fortsätze, die zunächst weit aus einander liegen, im Verlauf ihres Wegs aber näher zusammenrücken, und sich etwa an der Spitze des durch die Opticusganglienschicht dargestellten Zapfens zu einem starken Bündel, dem Nervus opticus, vereinigen. Dasselbe nimmt, während es durch die Granulosa interna und das distale Drittel der inneren Körnerschicht hinzieht, allmählich an Dicke ab, schwillt etwa in der Mitte der inneren Körnerschicht rasch auf etwa das Doppelte seiner vorigen Stärke an und gewinnt mit dem Durchtritt durch Chorioidea und Selera, also mit dem Austritt aus dem Bulbus, die Mächtigkeit wieder, die es bei Eintritt in die innere Körnerschicht besessen hatte.

Im Gebiete dieser Schicht gehen die Opticusfasern eine Kreuzung ein (Fig. 63, 65). Es theiligen sich an derselben jedoch nur die im Sehnerv mehr central gelegenen Fasern, und zwar in der Art, dass die von dorsal gelegenen Opticusganglienzellen herrührenden im Sehnerv eine ventrale Lage, und umgekehrt, annehmen, hinwiederum die Fortsätze, welche dem Kopfende zugekehrten Theilen der Opticusganglienschicht ihr Dasein verdanken, sich an der dem Schwanzende zugekehrten Seite des Opticus sammeln, und umgekehrt. Stets geht dabei aber auch eine geringe Anzahl von Fasern nach der entsprechenden Seite (also dorsal ausgesandte nach dem dorsalen Theil des Sehnervs, ventrale nach dem ventralen und so fort) und diese, keiner Kreuzung unterworfenen Nervenfasern bilden die peripheren Theile des Sehnervs; die Kreuzung der Opticusfasern ist also nur eine partielle, das Chiasma nervi optici nicht vollkommen.

Bindegewebsfasern oder -Kerne lassen sich im Sehnerv des erwachsenen *Proteus* nicht nachweisen; zuweilen nur reichen einzelne Fasern der Glaskörperanlage, die den durch die Opticusganglienschicht gebildeten Hohlzapfen ausfüllen, in das Nervenfaserbündel hinein, doch finden sie sich niemals

witer, als bis etwa gegen die Mitte der Granulosa interna hin vorgedrungen. Häufig tritt auch noch intrabulbär im Sehnerv ein starkes Gefäss auf, eine Arteria centralis, die sich, von Aussen herkommend, öfters bis gegen den distalen Rand der inneren Körnerschicht hin verfolgen lässt. Sonst konnte ich in der Retina niemals eine Spur von Blut nachweisen.

Bei einem einzigen der von mir untersuchten *Proteus*-Augen (Fig. 65) zeigte sich in der erwähnten intrabulbären Anschwellung des Opticus eine auffallende Erscheinung. Der Sehnerv schien nämlich an dieser Stelle eine Art Höhlung zu besitzen, in welcher sich, von einem zarten Gewebe umschlossen, eine Anzahl (5—6 grosser etwa eiförmiger Protoplasmaklumpen vorfand, die von den Tinctionsstoffen nur ganz schwach gefärbt waren. Mit einem Gefäss hat man es hierbei sicher nicht zu thun, das zeigt die Vergleichung mit der unmittelbar daneben (im Niveau des Pigmentepithels) getroffenen Arteria centralis und den in ihr sich findenden Blutkörperchen. Eher möchte ich mich der Annahme zuneigen, dass es sich dabei um zerfallendes Bindegewebe handelt, das in sehr früher Zeit die sich auf den Augenblasenstiel fortsetzende fötale Augenspalte erfüllt hatte, dann, ganz wie für *Myrine* und *Petro-myzon* beschrieben, in den sich bildenden Opticus eingeschlossen worden war, und an der fraglichen Stelle noch in letzten Resten erhalten geblieben ist. Die in der Höhlung sich findenden Körper sind zwar bedeutend umfangreicher, als die sonst im Auge anzutreffenden Bindegewebskerne. Man muss aber berücksichtigen, dass Kerne, die in der Auflösung begriffen sind, sehr häufig zunächst anzuschwellen scheinen, da das bisher fest gefügte Protoplasma seinen Zusammenhang verloren hat und im Begriff ist, aneinanderzufallen. Andererseits könnte die auffallende Grösse der eventuellen Bindegewebskerne auch auf äussere Einwirkungen zurückgeführt werden: die Kerne sind im Zerfall begriffen. Sie gestatten in diesem Zustande den bei Conservirung, Färbung etc. des Objects verwendeten Reagentien, insbesondere Säuren, eine ganz besonders intensive Einwirkung, und es ist leicht möglich, dass die Gestalt, in der sie sich in meinen Schnittpräparaten darstellten, auf dadurch bewirkte starke Quellung zurückzuführen ist. Die abnorme Grösse der ellipsoidischen Ballen liesse sich also erklären, und ebenso halte ich es nicht für unwahrscheinlich, dass die sie umhüllende Gewebsschicht aus Fasern jenes Bindegewebes gebildet ist, die einerseits in Auflösung begriffen, andererseits augenscheinlich durch Reagentien stark beeinflusst sind. Ich habe im Vorstehenden eine Deutung der beschriebenen Erscheinung versucht, ohne für ihre Richtigkeit indess Beweise erbringen zu können. Ich wollte dabei eben nur auf eine Möglichkeit hinweisen, Sicherheit habe ich nicht erlangen können, zumal da, wie bemerkt, der fragliche Körper sich nur bei einem einzigen der von mir untersuchten Augen fand.

Während seines Weges durch die innere Körnerschicht wird der Sehnerv von einer einfachen (selten doppelten) Lage von Zellen umschlossen. Dieselben sind augenscheinlich den nervösen Körnerzellen, die die Hauptmasse der Schicht ausmachen, zuzurechnen. Sie sind jedoch insofern etwas verändert, als sie eine mehr gestreckte Form angenommen und sich dachziegelartig um den Opticus angeordnet haben. Diese Zellen bilden um den Nerv eine Art feste Röhre, die ihm häufig auch noch über die äussere Körnerschicht hinaus bis zum Pigmentepithel hin umgibt (Fig. 63, 64, 65 UZ).

An der Stelle, wo der Opticus durch das Pigmentepithel durchtritt, findet sich dorsal oft eine bedeutende Anhäufung von Pigment, die den Raum zwischen Pigmentepithel und Sehzellschicht meist ausfüllt, und sich oft noch auf die nächstgelegenen der den Opticus umschliessenden Retinazellen (UZ) ausdehnt.

Gleich nach Durchtritt durch das Pigmentepithel, noch im Gebiet der Chorioidea, erhält der Sehnerv seine innere, piale Scheide, die hier als eine direkte Fortsetzung der Zwischenmembran, d. h. der besonders differenzirten innersten Bindegewebslage der Chorioidea, sich darstellt. Die Pialscheide besteht auch bei sehr alten Thieren aus einer Menge starker Bindegewebszüge mit starren Fasern und reichlichen Kernen.

Wie die piale mit der Zwischenmembran, so steht die durale Scheide mit der Sclera, resp. den äusseren Lagen der Sclero-Chorioidea, in direktem Zusammenhang. Die Pialscheide und die Zwischenmembran scheinen sich ungefähr um dieselbe Zeit zu differenziren, wenigstens fehlt in Augen, deren Zwischenmembran sich noch nicht abgesetzt hat, auch jede Spur einer besonderen Pialscheide. Der extrabulbare Opticus ist auf diesem Stadium von einer ziemlich lockeren Bindegewebshülle umgeben, die sich in das Bindegewebe der Sclero-Chorioidea fortsetzt. Mit Bildung der Zwischenmembran, die sich vor der Scheidung von Sclera und Chorioidea vollzieht, differenziren sich auch die innersten Lagen jenes opticusumhüllenden Bindegewebes zu einer Schicht, der Pialscheide. Nach Entstehung einer besonderen Sclera bildet sich der Rest jenes Bindegewebes zur Duralscheide um, die mit der Sclera in Verbindung bleibt. Der Zusammenhang mit der eigentlichen Chorioidea geht daher verloren. Die Verbindung zwischen Sclera und Duralscheide behauptet auch Desfosses, wenn er vom Sehnerv schreibt: „et continue son trajet entouré d'une gaine que lui fournit cette dernière membrane“ (nämlich die Sclera).

Das Auge von *Siphonops annulatus*.

Autoren:

1. Leydig. Lehrbuch der Histologie. Hamm 1857.
2. ——. Ueber die Schleichenlurche (Coeciliae). in: Zeitschr. f. wiss. Zool. XVIII. 1868. p. 280 ff.
3. Wiedersheim. Ueber den Kopf der Gymnophyonen. in: Zool. Anz. II. 1879. p. 87 u. 158.
4. ——. Die Anatomie der Gymnophyonen. Jena 1879.
5. ——. Ueber den sogenannten Tentakel der Gymnophyonen. in: Zool. Anz. III. 1880. p. 493.
- 6) Greeff. Ueber *Siphonops Thomensis*. in: Sitzungsber. Ges. Beförd. ges. Naturwiss. Marburg. No. 1. p. 15 ff. (Sitzungsber. v. 31. Jan. 1884.)
- 7) Waldschmidt. Zur Anatomie des Nervensystems der Gymnophyonen. in: Jenasche Zeitschr. für Naturwiss. Bd. XX. (N. F. XIII.) 1887. p. 461 ff.
- 8) P. u. F. Sarasin. Ergebnisse naturwissenschaftlicher Forschungen auf Ceylon. Bd. II. 1890. Heft IV. Zur Entwicklungsgeschichte und Anatomie der ceylonesischen Blindwühle *Ichthyophis glutinosus*.

Unter den mir bekannt gewordenen Aufzeichnungen über das Auge von *Siphonops annulatus* findet sich die älteste in Leydig's¹⁾ Lehrbuch der Histologie (p. 211). Das Auge soll hiernach alle wesentlichen Theile besitzen: eine bindegewebige Sclerotica, darunter eine pigmentirte Chorioidea (wobei zu beachten ist, dass Leydig, wie die meisten älteren Forscher, zur Chorioidea auch noch das Pigmentepithel rechnet), dann eine Retina, an welcher man noch deutlich ein Stratum bacillosum erkennen konnte. Dieses letztere besteht aus „schlanken Stäbchen viel dünner und kleiner, als die der Batrachier) und Zapfen, welche nach einer Seite conisch verlängerten Zellen ähnlich waren“.

Nur die nach Leydig kugelige Linse soll embryonalen Charakter tragen. Sie setzt sich aus rundlichen und rohrartig ausgewachsenen Zellen zusammen, ohne dass es jedoch zur Bildung wirklicher Fasern gekommen wäre.

In seiner späteren Schrift²⁾ über das Auge der Schleichenlurche beschreibt Leydig die Linse ebenfalls als rein kugelig, von einer homogenen Kapsel umschlossen. Die Linsenzellen zeigen eine bestimmte Anordnung, die ihm indessen „nicht weiter verständlich geworden“ ist. Eine gesonderte Cornea gibt es nicht: an ihrer Stelle zieht sich die Körperbedeckung über das Auge hin. Dieselbe hat hier nur insofern eine Veränderung erfahren, als ihre Drüsen kleiner und pigmentlos sind, sowie weiter auseinander liegen.

An der Chorioidea hat sich ein Ciliarkörper entwickelt. Der Bulbus ist rund, wie die Linse. Von Hilfsorganen beschreibt Leydig vier quergestreifte Augenmuskeln und eine verhältnissmässig grosse Harder'sche Drüse, die den Augapfel halbkreisförmig umgibt. Es lässt sich hierbei nicht entscheiden, ob mit „Harder'sche Drüse“ das ganze, von späteren Untersuchern als Orbitaldrüse aufgefasste Organ, oder vielleicht nur dessen distale Partien gemeint sind.

Wiedersheim^{3) 4) 5)} schliesst sich in Bezug auf das Auge von *Siphonops annulatus* in den meisten Punkten an Leydig an. Nur hinsichtlich der Augenmuskeln glaubt er an einen Irrthum dieses Forschers, der wahrscheinlich Theile des Musc. retractor (des Tentakels) für Augenmuskeln gehalten habe. Die wirklichen Augenmuskeln seien äusserst klein; ihre Zahl vermag Wiedersheim nicht anzugeben.

Der N. opticus wird als ein feines, vom Gehirn her durch die Orbitaldrüse sich ziehendes Fädchen geschildert, dessen Zusammenhang mit dem Augenbulbus jedoch niemals nachgewiesen werden konnte. Auch in Bezug auf Leydig's „Harder'sche Drüse“ ist Wiedersheim anderer Ansicht. Er lässt das fragliche Organ in Beziehung zum Tentakel treten und beschreibt es, unter der Bezeichnung „Orbitaldrüse“, als Theil einer Art von Giftapparat. Mit den Augendrüsen, der Anuren z. B., soll es auch seinem Bau nach absolut keine Verwandtschaft haben. Es besitzt einen mächtigen Musc. compressor; in seinem Inneren zieht sich der Musc. retractor des Tentakels hin.

Auch Waldschmidt⁷⁾ beschreibt den (extrabulbalen) Opticus als ein ganz schwaches Fädchen. Auf das Auge selbst geht er nicht näher ein. Er bemerkt nur, dass es mehr oder weniger tief unter der Haut verborgen sei und hält eine physiologische Leistungsfähigkeit für ganz ausgeschlossen, oder doch minimal. Die Augenmuskulatur wird von einem Nervenast innervirt, der sich aus Verzweigungen der N. oculomotorius und „einer Faser“ des N. trigeminus zusammensetzt. Derselbe Ast besorgt die Innervation des Musc. compressor mit Ausnahme von dessen hinterstem Theile, der von einer anderen Abzweigung des Oculomotorius, ohne Vermengung mit Theilen des Trigemini, innervirt wird.

P. und F. Sarasin⁶⁾ gehen in ihrer Beschreibung des *Ichthyophis*-Kopfes auf das Sehorgan nicht ein. Sie bilden dasselbe nur einmal (Taf. XVIII, 54) ab, doch lässt sich aus der Figur, die ja auch nur die grosse Drüse und ihre Lage veranschaulichen soll, für das Auge nichts entnehmen. Jene Drüse, Wiedersheim's Orbitaldrüse, bezeichnen sie als eine Harder'sche. Wiedersheim's Tentakel-drüse erklären sie für eine „Drüse des Jakobson'schen Organs“ oder kurzweg „Jakobson'sche Drüse“. Dieselbe ergiesst ihr Sekret ausschliesslich in das Jakobson'sche Organ. Dieses besitzt einerseits eine Öffnung in die Nasenhöhle „und zwar von der medialen Seite her in die laterale Bucht derselben“. Andererseits geht vom Jakobson'schen Organ „noch ein anderer Gang ab, der von den Drüsenschläuchen sich auf den ersten Blick unterscheidet. Dieser Canal theilt sich alsbald in zwei Aeste, welche die Maxille durchbohren, nach vorne und unten ziehen und endlich an der Oberlippe sich nach Aussen öffnen. Die Mündung der beiden Canäle befindet sich am vorderen Rande des sogenannten falschen Nasenloches, aus welchem der Tentakel zu Tage tritt“. Die Verfasser glauben, dass die beiden kleinen Canälchen der Thränenröhren, das kurze gemeinsame Endstück, welches in das Jakobson'sche Organ sich öffnet, dem Thränenmasengang der übrigen Amphibien und höheren Vertebraten entspreche. Eine direkte Beziehung dieser Canäle zum Auge besteht weder bei dem erwachsenen Thier noch auf irgend

einer Stufe des embryonalen, oder des Larvenlebens. Wiedersheim hatte darin die Ausführungsgänge der von ihm als Tentakeldrüse bezeichneten Jakobson'schen Drüse gesehen.

Eigene Untersuchungen.

(Tafel VII.)

Die Lage des Auges von *Siphonops annulatus* ist äusserlich nur durch einen mattweissen Fleck in der Haut zu beiden Seiten des Kopfes markirt. Zuweilen schimmert jedoch durch diesen Fleck das Auge in Gestalt eines ganz feinen, eben noch erkennbaren dunklen Pünktchens hindurch.

Die mikroskopische Untersuchung des Organs hat mich zu den nachstehend verzeichneten Resultaten geführt

Der Bulbus oculi. (Fig. 66.)

Die Tiefe des Bulbus, mit anderen Worten die Länge der Augenaxe, beträgt 0,361 mm, die Höhe 0,513 mm. Tiefe verhält sich demnach zu Höhe wie 1 : 1,42. Betrachtet man den Bulbus als einen soliden Körper, was ja trotz der verschiedenen Dichtigkeit seiner einzelnen Theile wohl angeht, so ergibt sich für sein Volumen 0,035 cbmm.

Da mir von den Objecten, die ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, nur die Köpfe vorlagen, muss ich darauf verzichten, die Verhältnisszahlen zwischen Bulbustiefe resp. -Höhe und Thierlänge etc. festzustellen.

Die Orbita (Fig. 66) stellt eine sehr weite Höhle dar, in welcher ausser dem Auge noch mehrere andere Organe Unterkunft gefunden haben.

Unmittelbar hinter dem Bulbus nämlich schliesst sich ein im Querschnitt ca. 0,871 mm langer, 0,525 mm hoher Drüsencomplex an: die von Wiedersheim sogenannte Orbitaldrüse (Fig. 66 *Or*). Dieselbe setzt sich aus einer Menge verhältnissmässig grosser Drüsenschläuche zusammen, die sich um einen hinter dem Auge vorbeiziehenden Muskel herumgruppieren. Es ist dies der *Musc. retractor* der Papille des „falschen Nasenloches“. Von Aussen wird der gesammte Drüsencomplex von einem Ringmuskel, einem *Musc. compressor* umgeben.

Dorsal davon findet sich in der Orbitalhöhle ein weiteres Drüsenorgan, das sich von der Orbitaldrüse jedoch vor Allem dadurch unterscheidet, dass es nicht aus einzelnen Schläuchen aufgebaut ist, sondern sich als ein mehr traubenartiges Convolut einzelner dichtgedrängter Drüsenpakete darstellt. Es ist dies die Tentakeldrüse Wiedersheim's, die ebenfalls in Beziehung zu jenem, früher sogenannten falschen Nasenloch steht*. Hinsichtlich der Orbitaldrüse mag es genügen, auf Wiedersheim's bezügl.

* Ob die Drüse selbst Ausführungsgänge nach der Tentakelöffnung hin besitzt, wie Wiedersheim will, oder ob P. und E. Sarsasin Recht haben mit ihrer Angabe, dass, wenigstens bei *Ichthyophis glutinosus*, die fragliche, von ihnen

Veröffentlichungen zu verweisen, die ich, soweit mir mein Material die Untersuchung gestattete, in dieser Richtung durchweg bestätigen kann. Nur in einem Punkte möchte ich Wiedersheim nicht rückhaltlos zustimmen: es betrifft dieser die Frage, ob die Orbitaldrüse, ausser an der Papille des „falschen Nasenlochs“, auch noch in einen vor dem Auge gelegenen Raum eine Ausmündung besitze. Das Vorhandensein der letzteren bestreitet Wiedersheim. Bei einem meiner Präparate schien es mir aber doch, als ob eine solche Communication thatsächlich vorhanden wäre in der Art, dass der am weitesten gegen die ventrale Circumferenz des Auges vorgeschobene Drüsenschlauch sich gegen den unten zu besprechenden praecornealen Hohlraum hin öffnete (Fig. 70). Freilich konnte ich diese Erscheinung nur bei einem einzigen Präparate, und auch da nicht mit absoluter Deutlichkeit, constatiren, will also vorläufig das Vorhandensein der Ausmündung noch keineswegs fest behaupten. Angenommen, sie existirte wirklich, so würde dadurch die Deutung, die Wiedersheim von dem ganzen Drüsenapparat gibt, nur insofern alterirt, als es etwas zweifelhaft würde, ob man das Drüsensecret als „Gift“ bezeichnen darf, was ja auch von P. und F. Sarasin bestritten wird. Die Gewalt, mit der die Flüssigkeit aus dem Tentakel hinausgepresst wird, würde keine merkliche Verminderung erleiden. Der praecorneale Hohlraum ist ja im Vergleich zur Masse der Drüse winzig klein, wäre also vom Secret sehr bald erfüllt. Andererseits ist er nach allen Richtungen hin fest abgeschlossen, für die Drüsenflüssigkeit wäre also bei einer Compression des Muskels nach wie vor kein anderer Weg vorhanden, um nach Aussen zu gelangen, als eben durch den Tentakel.

Ich halte jedoch auch die Möglichkeit nicht für ausgeschlossen, dass man es bei dem als Orbitaldrüse bezeichneten Organe mit zwei getrennten Drüsen zu thun hat: einmal der die grosse Masse des Complexes darstellenden wirklichen Orbitaldrüse, die zum Auge in absolut keine Beziehung tritt, und andererseits einer, im Vergleich zur Orbitaldrüse, nur ganz kleinen Harder'schen, die, wie schon Leydig anführt, den Augapfel halbkreisförmig von hinten umgibt und gegen die vordere Circumferenz des Bulbus hin ausmündet. Der histologische Bau der Drüse scheint mir von dem einer Harder'schen keineswegs gar so verschieden zu sein, wie Wiedersheim glaubt. Der gegenwärtige Stand meiner Untersuchungen gestattet mir indessen, wie gesagt, nicht, mich über diese Fragen bestimmt auszusprechen, doch glaubte ich die vorläufigen Ergebnisse meiner Beobachtungen an dieser Stelle wenigstens erwähnen zu sollen.

Die Innervation der zur Orbitaldrüse in Beziehung stehenden Muskeln besorgen, wie dies auch Waldschmidt beschreibt, theils der Oculomotorius, theils ein aus Verschmelzung von Verästelungen des letzteren mit Theilen des N. trigeminus hervorgegangener Nervenstamm¹⁾.

„Jakobson'sche“ genannte, Drüse nach dem Jakobson'schen Organ sich öffne, die Ausführungsgänge gegen das „falsche Nasenloch“ hin aber als Thränennasengang, resp. als Thränenröhrchen aufzufassen seien und eine Ausmündung des Jakobson'schen Organs selbst darstellen, mag hier unerörtert bleiben. Für die vorliegende Untersuchung ist nur von Wichtigkeit die aus Wiedersheim's, wie der beiden Sarasin's Angaben hervorgehende Bestätigung meiner Befunde, dass Thränennasengang und Thränenröhrchen, wenn überhaupt vorhanden, jedenfalls in keiner Beziehung zum Auge stehen.

* Was die Benennung des Organs betrifft, so wäre es m. E. nicht nothwendig gewesen, die Bezeichnung als Harder'sche Drüse fallen zu lassen. Genetisch ist es jedenfalls, mag es nun einheitlich sein oder aus zwei Partien bestehen, als eine solche aufzufassen, die sich gewaltig weiter entwickelt hat und neben ihrer einmal angenommenen Verbindung mit dem präcornealen Hohlraum in Beziehung zu einem anderen Organ, hier dem Tentakel, getreten ist. Aehnliche Functionserweiterungen gerade dieser Drüse kommen, wie Born nachgewiesen und auch meine Untersuchungen an *Typhlops vermi-*

Die Orbitalhöhle wird gegen Aussen zunächst von dem fast ringförmig vorgelagerten Os maxillare zum grössten Theile abgeschlossen, so dass für den Bulbus oculi nur noch ein kleiner Raum zwischen den Rändern dieses Skelettstückes frei bleibt.

Der Augapfel stellt, wie schon aus den oben angegebenen Maassen hervorgeht, einen ovalen Körper dar, dessen lange Axe ungefähr parallel zur Längenaxe des Thieres verläuft. Er ist in seiner proximalen Hälfte zunächst durch eine ausserhalb der Sclera liegende dünne Bindegewebschicht, ohne jede Spur von Fettzellen und weiterhin durch den oben erwähnten Drüsencomplex umhüllt; nach vorn ragt er frei in den praecornealen Hohlraum hinein.

Dieser letztere, den man seiner Gestalt nach, aber auch nur in dieser Hinsicht, mit dem Coniunctivalsack der Ophidier vergleichen kann, wird proximal durch den Bulbus und weiter hinten durch Theile des drüsenumhüllenden Bindegewebes, distal durch einen dicken Zapfen subcutanen Bindegewebes begrenzt. Dieser Bindegewebszapfen (Fig. 67 *sbBdg*) hat direkt vor dem Auge eine Stärke von 0,119 mm: er besteht aus leicht gewellten feinen Bindegewebszügen, die, besonders im proximalen Drittel des Zapfens, eine Neigung zeigen, sich zu einzelnen Bündeln oder Bändern zusammenzudrängen und, ebenfalls vorwiegend im distalen Drittel, zahlreiche längliche Kerne besitzen. Die Gewebiszüge dieses Gebildes setzen sich an die Ränder der die Orbita vorn abschliessenden Skelettstücke, also das Os maxillare an. Es ist somit nicht, wie z. B. Wiedersheim behauptet, die Cornea, welche mit dem Knochen in Verbindung steht, sondern eben jener Bindegewebszapfen, der von der Cornea immer durch einen Hohlraum getrennt ist. Ein Theil der Bindegewebsfasern inserirt nicht an dem Knochen, sondern zieht noch weiter nach hinten und vereinigt sich dort mit dem Bindegewebe, welches die Orbitaldrüse umhüllt, so dem praecornealen Hohlraum auch an seinen hinteren Rändern einen festen Abschluss gebend.

Cutis und Epidermis ziehen sich ununterbrochen über das Auge hin: aber keineswegs auch unverändert. Beide Integumentschichten erfahren in ihren augendeckenden Partien vielmehr eine ganz bedeutende Reduction in ihrer Mächtigkeit. So misst z. B. die Epidermis des Kopfes sonst 0,034 mm, über dem Auge dagegen nur 0,015 mm; die Cutis hat in den benachbarten Partien eine Dicke von 0,052 mm, vor dem Auge geht sie auf 0,010 mm zurück. Diese Veränderung geschieht bei der Epidermis vorzüglich auf Kosten des Rete Malpighii und des Stratum relaxatum, während das Stratum corneum mit seinem Cuticularsaum davon wenig oder gar nicht betroffen wird. Die Zellen der Malpighi'schen Schicht werden hier flach und langgestreckt, liegen auch etwas unregelmässig, da und dort in ihrem Zusammenhange unterbrochen. Das Stratum relaxatum besteht aus 2—3 (gegenüber sonst 8—10) Schichten von Zellen, die von Anfang an, d. h. von der tiefsten Schicht an, eine viel bedeutendere Abplattung zeigen, als dies sonst in der Epidermis von *Siphonops annulatus* der Fall zu sein pflegt. Während an anderen Stellen des Kopfes die Cutis ein ziemlich welliges, lockeres Gefüge hat und zahlreiche runde Kerne aufweist, auch nicht selten querverlaufende Faserzüge erkennen lässt, setzt sich die Cutis der augendeckenden Schicht aus ungemein feinen Lamellen zusammen, die nur ganz selten sehr langgestreckte

cularis zeigen werden, auch sonst noch vor, ohne dass man es deshalb bisher für nöthig gehalten hätte, einen neuen Namen für den Apparat aufzustellen. Da aber die Bezeichnung „Orbitaldrüse“ einmal eingeführt ist, habe ich dieselbe auch meinerseits beibehalten, zumal ja Verwechslungen dadurch nicht hervorgerufen werden können. Auch P. und F. Sarasin gebrauchen den Ausdruck Orbitaldrüse gelegentlich neben der Bezeichnung Harder'sche Drüse.

dünne Kerne zeigen. Von querverlaufenden Faserzügen fehlt hier jede Spur. Die in der sonstigen Cutis so überaus häufigen grossen Hautdrüsen, die dichtgedrängt liegen und von reichlichem Pigment umspinnen sind, fehlen in der dem Auge vorgelagerten Cutis zwar auch nicht vollständig, sind aber hier nur ganz klein und sehr weit aus einander gerückt. Pigment fehlt ihnen gänzlich. Die Grenze der augendeckenden Cutis gegen das subcutane Bindegewebe hin ist nicht sehr scharf, doch immer deutlich erkennbar.

Von einem unveränderten Fortziehen der Haut über das Auge kann also keine Rede sein, doch wird die durch Verdünnung von Cutis und Epidermis herbeigeführte Stärkenverminderung der das Auge bedeckenden Häute reichlich wieder aufgewogen durch die an dieser Stelle gewaltige Entwicklung des subcutanen Bindegewebes. Ob man jedoch die physiologische Leistungsfähigkeit des Auges für „ausgeschlossen oder doch minimal“ erklären darf, wie dies Waldschmidt thut, möchte ich, blos auf Grund dieser anatomischen Thatsachen, doch nicht so ohne Weiteres zugeben. Das subcutane Bindegewebe besitzt wahrscheinlich einen sehr hohen Grad von Durchsichtigkeit, und auch das starke Zurücktreten der Drüsen in der Cutis, sowie der Wegfall der Pigmentirung kann für das Sehen nur förderlich sein.

Die Augenmuskeln (Fig. 70) sind in der typischen Sechszahl vorhanden: 1 Recti, 2 Obliqui. Eine genauere Untersuchung gelang mir nur für den M. rect. inf. Derselbe hatte kurz vor seiner Insertion an der Sclera eine Stärke von 0,036 mm. Seine Fasern waren, soweit ich es constatiren konnte, sämtlich quergestreift. Die Breite der Muskelfaser betrug 0,005 mm, ihr Kern hatte eine Länge von 0,007, eine Dicke von 0,001 mm.

Sclera und Cornea. (Fig. 67, 71, 70.)

Wie bei allen höher entwickelten Augen, so bildet auch bei dem von *Siphonops annulatus* eine relativ feste und widerstandsfähige Schicht die äussere Haut des Bulbus. Es ist dies die Sclera, in ihren dem Lichtstrahl zugewandten distalen Partien als Cornea bezeichnet.

Die Sclera setzt sich zusammen aus sehr enggeschichteten feinen Bindegewebsfibrillen, die leicht gewellt sind und längliche Kerne, wenn auch nicht gerade in grosser Menge besitzen. Knorpel­einlagen kommen in der Sclera von *Siphonops* niemals vor, auch zeigt sich keine Spur von Pigmentirung in ihr, es fehlt also vor Allem eine Lamina fusca. Die Faserhaut hat im Augenhintergrund eine Dicke von 0,005 mm; nach vorne nimmt sie ganz allmählich etwas an Stärke zu; ihr Uebergang in die Cornea vollzieht sich ohne jede nachweisbare Grenze.

Die Cornea unterscheidet sich nur wenig von der Sclera. Sie ist etwas stärker am distalen Augenpol excl. Membrana Descemetii (0,0071 mm) und entschieden fester geschichtet. Sie setzt sich aus sehr feinen, gerade verlaufenden Bindegewebszügen zusammen, die, fast ohne mehr eine Spur von welliger Anordnung zu zeigen, sehr enge an einander gelagert sind. Kerne finden sich fast ausschliesslich in der proximalen Hälfte der Schicht und auch da wenig zahlreich. Sie sind immer viel dünner und gestreckter, als die der Sclera. In der distalen Hälfte der Hornhaut sind nur ganz vereinzelte sehr feine und ungemein langgezogene Kerne anzutreffen. Die Anordnung der Fasern nimmt, Hand in Hand mit

dem Zurücktreten der Kerne, von Innen nach Aussen an Dichtigkeit zu. Von dem darüberliegenden subcutanen Bindegewebe ist die Cornea, wie erwähnt, stets durch eine Spalte, den von mir so genannten praecornealen Hohlraum (Fig. 66, 67), getrennt. Auch durch ihren Bau unterscheidet sie sich von den Zügen jenes Bindegewebspfropfens auf Schärfste. Nirgends findet ein Zusammenhang zwischen Cornea und jenen Gewebsmassen statt, erst sehr weit hinten, wo die Cornea schon längst in die Sclera übergegangen ist, kommt es zu einer Verbindung einzelner von jener Masse abgezewigter Faserzüge mit dem der Sclera aufliegenden, resp. die distalen Partien der Orbitaldrüse umhüllenden Bindegewebe.

An die proximale Fläche der Cornea schliesst sich die Anlage der Membrana Descemetii (Fig. 71 *MD*). Dieselbe besteht aus einer etwa 0,0032 mm starken einfachen Lage langgestreckter Zellen mit ebensolchen Kernen. Sie steht in deutlicher Verbindung mit der Chorioidea, aus welcher sie hervorgegangen ist. Sie liegt der Cornea noch nicht allenthalben an: es zeigen sich vielmehr noch da und dort kleine Spalträume zwischen den beiden Häuten. Von einer Conjunctiva kann selbstverständlich nicht die Rede sein.

Die Chorioidea. (Fig. 72.)

Die Gefässhaut misst im Augenhintergrund etwa 0,009 mm. Gegen vorn nimmt ihre Stärke allmählich ab, so dass sie in dem der Iris angehörenden Theil noch etwa 0,004 mm beträgt. Die Chorioidea wird durch ziemlich lockere Bindegewebszüge gebildet, die stark gewellt und reich an ovalen Kernen sind. In der ganzen Ausdehnung der Haut finden sich zahlreiche kleine Muskelbündel, die, ebenso wie der Muskel der Ciliarregion, von glatten Fasern gebildet werden. Daneben führt die Chorioidea reichliche, aber nur kleine Gefässe. Eine besondere Differenzirung der Chorioidea gegen das Pigmentepithel hin, wie eine solche z. B. in der „Zwischenmembran“ für *Proteus* von mir nachgewiesen worden ist, existirt im Auge von *Siphonops annulatus* nicht. An einzelnen Stellen, besonders im dorsalen Augenhintergrund, ist die Chorioidea leicht pigmentirt.

Die Iris. (Fig. 67.)

Die Iris besitzt in ihren dem Rande genäherten Theilen eine Gesamtstärke von 0,036 mm; gegen hinten, d. h. dem Ciliarkörper zu, gewinnt sie erheblich an Stärke und zwar in ihren ventralen Partien stets in weit höherem Grade, als in ihren dorsalen. Sie zeigt deutlich ihre Zusammensetzung aus drei auf einander gelegten Blättern. Das äusserste derselben ist der Iristheil der Chorioidea, der gegen den freien Irisrand hin äusserst schwach entwickelt ist, aber etwa von der Stelle an, wo aus ihm die Membr. Descemetii sich abspaltet, rasch zu bedeutender Stärke anschwillt. Hier liegt in ihm der ziemlich stark entwickelte glatte M. ciliaris. Das zweite, mittlere Blatt der Iris bildet das Pigmentepithel; das dritte, innerste, liefert die Pars retinalis Iridis. Ein Ciliarkörper ist vorhanden, jedoch, wie bereits bemerkt, nur ventral höher entwickelt. Dorsal ist er lediglich dadurch angedeutet, dass die

Zellen des Iristheils der Retina näher zusammen rücken und etwas höher, cylindrischer werden, als in den benachbarten Theilen. Ventral dagegen ist entschieden ein wirklicher Ciliarkörper ausgebildet mit der charakteristischen Anschwellung aller beteiligten Schichten, sowie der grossen Pigmentanhäufung, die auch auf den Theil der Pars retinalis Iridis sich ausdehnt, die den typischen Belag mit „cubischen“, hier allerdings entschieden cylindrischen Zellen liefert.

In direkter Beziehung zur Linse tritt der Ciliarkörper jedoch auch ventral nicht. Er bleibt vielmehr von ihr stets durch einen sehr grossen Zwischenraum getrennt. Auch eine Berührung der Linse durch den Augenbecherrand, also den freien Rand der Iris, findet nicht statt: auch hier bleibt stets noch ein Zwischenraum bestehen.

Linse und Glaskörper. (Fig. 67.)

Die Linse hat ungefähr die Form eines Rotationsellipsoids, doch ist ihre vordere, distale Fläche ein wenig stärker gekrümmt, als ihre hintere. Ihre Höhe (grosse Axe beträgt 0,198, ihre Tiefe kleine Axe) 0,156 mm. Die beiden Axen verhalten sich also zu einander wie 1,27 : 1. Als Rotationsellipsoid betrachtet, hat die Linse ein Volumen von 0,00253 cbmm, ihre Masse verhält sich also zum Volum des ganzen Bulbus wie 1 : 13,81.

Es lässt sich an der Linse von *Siphonops annulatus* noch deutlich ein Linsenepithel in Stärke von 0,0015 mm unterscheiden, das durch eine schmale, in der Augenaxe gemessen 0,01 mm breite Spalte, den Rest der Linsenhöhle, von der Hauptmasse der Linse, dem Linsenkörper, getrennt ist. Das Linsenepithel ist also im Vergleich zur Grösse der Linse selbst sehr schwach. Es baut sich aus einer einfachen Lage sehr flacher langgestreckter Zellen auf. Dieselben haben bei einer Höhe von, wie bereits angegeben, 0,0045 mm, eine Länge von 0,032 mm. Ihre Kerne messen 0,0022 mm in der Dicke, 0,011 mm in der Länge. Auch für *Siphonops annulatus* lässt sich die Entstehung der die Linse selbst bildenden Elemente aus denen des Linsenepithels nachweisen. Etwa bei Beginn des hintersten proximalen Viertels des Linsenumfangs sieht man deutlich den Uebergang der Zellen des Linsenepithels in die Linsenzellen in der Art, dass die ersteren immer breiter und dabei, wenn auch nicht in demselben Maasse, länger, ihre Kerne immer rundlicher werden. Die Zellen, welche den hintersten Abschnitt der Linse, vornehmlich deren periphere Partien bilden, liegen in der Hauptsache mit ihrer langen Axe parallel zur Augenaxe, also zur Tiefenaxe der Linse, und sind stets länglich-oval, oder, wie Leydig sich ausdrückt, röhrenförmig. Mehr gegen das mittlere Drittel der Linse hin werden die Linsenzellen rundlicher und verlieren allmählich, auch wieder vorwiegend in den peripheren Partien, ihre zur Augenaxe parallele Richtung. Dies setzt sich, je weiter nach vorn, desto ausgesprochener, fort, so dass in den vordersten [distalen] Theilen des Linsenkörpers die Zellen vollkommen parallel zur Oberfläche, ihre Längensachsen also ganz, oder nahezu senkrecht zur Augenaxe zu liegen kommen.

Die Linsenzellen sind häufig länglich, röhrenförmig, niemals aber ist es bei ihnen schon zu einer auch nur annähernden Umbildung in Fasern gekommen. Sie besitzen sehr scharfe deutliche Grenzen gegen einander. Eine Zahnung oder Riffelung derselben lässt sich nicht nachweisen. Stets führen sie,

mogen sie nun länglich-röhrenförmige, oder rundliche Gestalt besitzen, grosse runde Kerne von 0,0075 mm Durchmesser. Eine Ausnahme machen nur die in jener mit dem Linsenepithel in Zusammenhang stehenden Zone peripherisch gelegenen Zellen. Diese sind augenscheinlich die jüngsten, eben erst aus dem Linsenepithel hervorgegangenen Bestandtheile des Linsenkörpers: ihre Kerne haben daher, entsprechend der langgestreckten Gestalt der Linsenepithelkerne, noch eine längliche Form. Von Anordnung der Kerne in eine bestimmte (sog. Meyer'sche) Kernzone fehlt jede Spur.

Die Linse umgibt eine sehr feine dünne Kapsel. Dieselbe war bei den von mir untersuchten Exemplaren nur in einem Falle vollständig ausgebildet und stellte sich als zarte structurlose Membran dar. In anderen Fällen war die Kapsel am ventralen Scheitel des Linsenellipsoids augenscheinlich noch in der Bildung begriffen. Es fand sich hier zwischen Linse und Iris resp. Ciliarkörper ein Haufen Bindegewebszellen mit grossen Kernen, sowie ein Gewirr von bindegewebigen Fasern, in welche die, an der übrigen Circumferenz der Linse bereits fertige, Kapsel überging. Einen Zusammenhang mit anderen bindegewebigen Schichten hatte diese Gewebsmasse nicht mehr. Man hat in ihr augenscheinlich den letzten Ueberrest jener Bindegewebszüge zu suchen, die auf früherer Entwicklungsstufe den ganzen Augenbecher ausgefüllt hatten, und denen z. B. auch der Glaskörper seinen Ursprung verdankt. Möglicherweise ist die fragliche Masse aber auch nicht auf dieses eingewanderte Bindegewebe, sondern auf jene wenigen mesodermalen Elemente zurückzuführen, die, wie Einige annehmen, bei Bildung der Linsenblase sich von der Körperwand mit abgeschmürt haben sollen. Wie dem auch sein mag, soviel scheint mir sicher, dass man es hier mit Bindegewebe zu thun hat, aus dem heraus die Linsenkapsel zum grösseren Theil sich bereits differenziert hat, zum kleineren sich zu bilden eben im Begriffe ist. Dass gerade ventral dieser Process der Umwandlung zellig-faseriger Gewebzüge noch etwas zurückgeblieben, ist leicht erklärlich, wenn man bedenkt, dass ja gerade an dieser Stelle die fötale Augenspalte sich befunden hat, dass gerade hier die Einwanderung der Gewebsschichten vorwiegend stattgefunden, dass grosse Gefässe hier herein ihren Weg genommen hatten etc., dass also hier noch reges Leben herrschte zu einer Zeit, wo im übrigen Umkreis der Linse bereits wieder eine relative Ruhe eingetreten sein musste.

Abgesehen von diesen zelligen Ueberresten zeigt der Glaskörper keine Spur seines bindegewebigen Ursprungs mehr. Er besteht aus einer gleichartigen Masse sehr feinkörnigen Protoplasmas. Auf der ganzen Innenfläche der Netzhaut hat sich bereits die *Membrana limitans interna* als dünne structurlose Haut gebildet. Sie zieht sich von der eigentlichen Retina weiter über die Ciliarkörperanlage und die *Pars Iridis Retinae* hin und schlägt sich, zuweilen von Pigment verdeckt, über den Irisrand hinweg. Sie ist dann noch eine kurze Strecke weit zwischen Chorioidea und Pigmentepithel zu verfolgen, geht aber bald zwischen den Gewebzügen der ersteren verloren. Im Zusammenhang mit der *Limitans interna* stehen die Müller'schen Fasern, auf die bei Betrachtung der Netzhaut eingegangen werden soll.

Ausser den beiden genannten finden sich im Umkreis der Linse noch weitere Membranen. Es ist dies zunächst eine structurlose Haut, die aus der *Limitans interna* etwa an der Grenze zwischen Ciliarkörper und Iristheil der Retina abzweigt und sich hinter der Linse hinzieht. Sie entspricht der bei höher entwickelten Augen sog. *Membrana hyaloidea*, d. h. der die distale Grenze des Glaskörpers bildenden Haut. Im vorliegenden Falle, wo, wie gezeigt, der Ciliarkörper weit von der Linse entfernt

bleibt, liegen aber auch noch distalwärts von jener Membran erhebliche Partien des Glaskörpers und scheint sie mir lediglich dazu vorhanden zu sein, die Linse in ihrer Lage festzuhalten. Ein weiterer Apparat zur Fixirung der Linse ist nicht vorhanden; es existiren weder Aufhängebänder, wie sie sich zuweilen bei niederen Wirbelthieren, noch weniger eine Zonula Zinii und die damit in Verbindung stehenden Organe, wie sie sich bei höheren Thieren finden.

Auf früherer Entwicklungsstufe hatte demselben Zwecke augenscheinlich noch eine Membran gedient, die, aus dem chorioidealen Theil der Iris nicht weit vom Pupillenrande abzweigend, die Linse von vorn umgab, also eine Membrana pupillaris. Sie scheint dann später durch die Ausbildung der Cornea und besonders der Membrana Descemetii überflüssig geworden und deshalb einer Rückbildung unterworfen worden zu sein. Bei den von mir untersuchten Exemplaren fand sie sich stets nur zerissen vor. Ihre Reste hatten sich meist bloß noch in dem durch Iris und Membrana Descemetii gebildeten Winkel erhalten.

Pigmentepithel und Retina.

Das Pigmentepithel wird durch eine einfache Lage oblonger Zellen gebildet. Im Augenhintergrund haben dieselben eine Höhe von 0,014, eine Breite von 0,019 mm; gegen vorne nimmt ihre Höhe etwas ab, so dass sie, etwa in der Gegend, wo die Retina in ihre Pars Iridis übergeht, nur noch 0,0101 mm hoch sind. Die Kerne haben durchweg 0,0052 mm in der Höhe, bei einer Breite von 0,0096 mm. Bei den von mir untersuchten Thieren fanden sich gegen die Retina hin kurze Fortsätze der Pigmentepithelzellen. Dieselben erstreckten sich in einzelnen Fällen bis etwa gegen die basale Grenze der Stäbchenendglieder (s. u.), erreichten aber in den meisten Fällen nicht einmal die Spitzen der Stäbchen. Bei einem der Exemplare, die ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, waren die Fortsätze sämmtlich vollkommen pigmentirt, ebenso wie die Zellen selbst (Fig. 73, 74), bei denen nur zuweilen der der Retina abgekehrte Rand, sowie der Kern ganz oder theilweise pigmentfrei erschienen. Bei einem anderen Exemplar war das Pigmentepithel selbst vollkommen pigmentirt, sodass es auf dem Schnitte einen ununterbrochenen tiefdunkeln Streifen von 0,015 mm Breite darstellte (Fig. 72). Die Fortsätze der Zellen jedoch, die niemals die Länge von 0,0065 mm überschritten, waren vollständig pigmentfrei. Diese Verschiedenheit bei den beiden Exemplaren ist jedenfalls auf die im Momente des Todes des Thieres verschiedene Belichtung des Auges zurückzuführen: im ersten Falle war dieselbe stärker, im zweiten schwächer.

Die bedeutendsten der von mir beobachteten (pigmentirten) Fortsätze hatten eine Länge von 0,0066 mm. Die längsten weist entschieden der Augenhintergrund auf; gegen vorn treten sie allmählich zurück und sind schon eine Strecke vor Beginn des Iristheils des Pigmentepithels vollständig verschwunden.

Die Netzhaut (Fig. 73) hat im Augenhintergrund und zwar ventral von der Opticusaustrittsstelle ihre grösste Stärke mit 0,071 mm, geht jedoch in ihrem Verlauf nach vorn rasch auf 0,0592 mm zurück und behält diese Dicke bis kurz vor dem Uebergang in die Pars Iridis bei. Sie setzt sich aus den typischen Schichten zusammen.

Von Innen nach Aussen, also vom distalen zum proximalen Rand hin. betrachtet, präsentirt sich somit. anschliessend an die Membrana limitans interna, zunächst die Opticusfaserschicht (Fig. 73 OF). Diese stellt sich auch hier deutlich dar als eine Zusammenfassung der von den Elementen der nächstfolgenden Schicht, also den Opticusganglienzellen, zunächst distalwärts abgesandten Ausläufer.

Die Opticusganglienschicht (Fig. 73 OG) wird stets durch eine einfache Lage grosser Ganglienzellen gebildet, die ziemlich nahe bei einander stehen. Sie sind nicht vollkommen rund, sondern nähern sich mehr der Eiform. Ihre lange Axe, — die übrigens keine bestimmte Richtung zu haben scheint, sondern bald senkrecht zur Innenfläche der Retina verläuft, bald dieselbe unter spitzem Winkel trifft, oder auch parallel zu ihr gerichtet ist — misst 0,011, die kurze Axe 0,0055 mm. Die Kerne der Ganglienzellen sind kugelig mit einem Durchmesser von 0,0066 mm. Ausser dem erwähnten distalwärts gerichteten Fortsatz, der Opticusfaser, senden die Ganglienzellen auch proximalwärts mehrere Ausläufer, von denen der stärkste die folgende Netzhautschicht, die Granulosa interna, durchsetzt und mit Elementen der weiterhin sich anschliessenden inneren Körnerschicht in Verbindung tritt. Die übrigen, sehr feinen Fortsätze der Opticusganglienzellen verlieren sich rasch in dem Gerinnsel der Granulosa interna.

Die innere granulirte Schicht (Fig. 73 GI) hat eine Mächtigkeit von 0,0066 mm. Sie wird durch Protoplasmagerinnsel gebildet, das etwas grobkörniger ist, als dasjenige, welches die Zwischensubstanz der Opticusganglienschicht ausmacht. Das Protoplasma zeigt an vielen Stellen leichte Andeutung einer horizontalstreifigen Anordnung, eine Erscheinung, die sich in dieser Schicht auch bei anderen Thieren findet.

Es folgt nunmehr die innere Körnerschicht (Fig. 73 IK) in einer Stärke von 0,0215 mm. Sie setzt sich aus viererlei zelligen Elementen zusammen, die in gleichmässig angeordnetes sehr feinkörniges Protoplasma — viel feiner, als das der Granulosa interna — eingebettet sind.

Die Hauptmasse der zelligen Bestandtheile der Schicht machen die nervösen Kerne, eben die „inneren Körner“ aus. Dieselben sind rundlich-oval und messen 0,0065 mm in der Länge, 0,0052 mm in der Breite. Von Zellkörper und Zellmembran fehlt ihnen jede Spur.

Am distalen Rande der inneren Körnerschicht liegen, durch weite Zwischenräume, oder sich dazwischenschiebende Körner der eben beschriebenen Art von einander getrennt, grosse Ganglienzellen: die grössten der ganzen Retina. Sie sind stets kugelig, der Durchmesser schwankt zwischen 0,0098 und 0,013 mm; ihr ebenso gestalteter Kern hat einen Durchmesser von 0,0096 mm. Diese „inneren Ganglienzellen“, wie ich sie schon bei einer früheren Gelegenheit genannt habe, nehmen die von den Opticusganglienzellen proximalwärts ausgesandten Hauptfortsätze auf, und zwar tritt häufig eine von ihnen mit mehreren solchen Ausläufern in Verbindung. Ihrerseits schicken sie wieder proximalwärts eine Anzahl sehr feiner Fortsätze, die sich etwa bis gegen die Mitte der inneren Körnerschicht verfolgen lassen, dann aber verschwinden. Dass sie mit irgendwelchen zelligen Elementen, wobei man in erster Linie an die gleich zu besprechenden „äusseren Ganglienzellen“ zu denken hätte, in Verbindung treten würden, habe ich auch beim Auge von *Siphonops annullatus* nicht nachweisen können.

Die „äusseren Ganglienzellen“ bilden die proximale Grenze der inneren Körnerschicht. Sie sind kugelig und etwas kleiner, als die inneren, etwa vom Volumen der Opticusganglienzellen. Ihr Durchmesser beträgt durchschnittlich 0,0098, der ihres Kernes 0,0088 mm. Wie die inneren Ganglienzellen

proximalwärts, so senden die äusseren distalwärts eine Reihe feiner Fortsätze aus, die, ganz ebenso, bis gegen die Mitte der inneren Körnerschicht hin verfolgt werden können, dann aber sich verlieren. Ein Anastomosiren dieser beiderseitigen feinsten Ausläufer lässt sich, wie bemerkt, nicht nachweisen. Man hat also auch im Auge von *Siphonops annulatus* an dieser Stelle wieder eine Unterbrechung der im Uebrigen continuirlichen nervösen Leitung zwischen Sehzelle und Opticus-faser — und damit Gehirn. Da man nun das Axiom von dem Vorhandensein einer Leitung nicht wohl fallen lassen kann, gebietet es sich, eine Erklärung für jene auffallende Erscheinung zu suchen, und es bieten sich auch hier wieder deren zwei dar. Die eine ist die, dass man es allerdings mit einer Lücke in der direkten, sonst durch Fasern und Zellen aufrecht erhaltenen Leitung zu thun hat, dass aber an der Stelle der Unterbrechung die protoplasmatische Zwischensubstanz der inneren Körnerschicht als Leiter fungirt. Die andere Erklärung wäre wieder die, dass die gegen einander ausgesandten Fortsätze der beiden Ganglienzellen der Schicht eben doch anastomosiren: freilich erst, nachdem sie sich in so feine Verästelungen aufgelöst haben, dass es bisher nicht gelingen wollte, die Vereinigung wirklich zu sehen. Welche von beiden Erklärungen die richtige ist, lässt sich nicht entscheiden: die wahrscheinlichere scheint mir die zweite zu sein *).

Proximalwärts schickt jede äussere Ganglienzelle wieder mindestens einen, meist aber mehrere Ausläufer und tritt dadurch in Verbindung mit Zellen der äusseren Körnerschicht. Die vierte in der inneren Körnerschicht vorkommende Zellart wird durch die sog. Stützzellen repräsentirt: hierüber im Zusammenhang mit Behandlung der Müller'schen Fasern.

An die innere Körnerschicht schliesst sich gegen Aussen die Granulosa externa (Fig. 73 G), auch Zwischenkörnerschicht genannt. Dieselbe hat eine Mächtigkeit von 0,0015 mm. Das sie bildende, ziemlich grobkörnige Protoplasma ist sehr unregelmässig angeordnet: hellere Flecke und Streifen wechseln mit grobkörnigen dunkleren ab, so dass das Ganze fast den Eindruck eines Netzwerks hervorbringt.

Die proximale Grenze der Retina bildet endlich die äussere Körnerschicht (Fig. 73 A) mit den Sehzellen. Sie hat eine Dicke von 0,0148 mm, wobei jedoch die Fortsätze der Sehelemente, Stäbchen und Zapfen nicht mitgerechnet sind. Die protoplasmatische Zwischensubstanz der Schicht ist feinkörnig und ganz gleichmässig vertheilt. Von zelligen Elementen sind zwei Arten zu unterscheiden. Zunächst der Granulosa externa breitet sich eine einfache Lage kleiner Ganglienzellen aus, die ich wieder als „Zwischenganglienzellen“ bezeichnen möchte. Dieselben sind theils rund, theils mehr oval, mit entsprechenden Kernen. Im ersteren Falle hat die Zelle einen Durchmesser von 0,0012 mm, der Kern einen solchen von 0,0031 mm. Die ovale Zelle misst 0,006 : 0,0011 mm, ihr Kern 0,0011 - 0,0036 mm. Diese Ganglienzellen sind also im Vergleich zu den sonstigen Ganglienzellen der Retina sehr klein. Sie nehmen je einen der von den äusseren Ganglienzellen ausgesandten Fortsätze auf und treten ihrerseits wieder in Zusammenhang mit der den proximalen Rand der Netzhaut einnehmenden Zelllage: der Sehzellschicht.

Die Sehzellen (Fig. 71) bilden im Allgemeinen ebenfalls eine einfache Lage: nur stellenweise erscheinen sie gelegentlich in doppelter Schicht. Sie sind ungemein mannigfaltig gestaltet: ein annähernd constantes Verhalten zeigen nur ihre Kerne, die überwiegend eine Länge von 0,008, eine Dicke

* Vergl. hierzu die Nachschrift

von 0,006 mm besitzen. Die Schzellen sind sehr verschieden weit entwickelt; man kann unter ihnen wohl alle Ausbildungsstadien antreffen: von der einfachen Zelle an, die gerade begonnen hat, in eine proximalwärts gerichtete Spitze auszuwachsen, bis zum bereits ganz zweifellos als solches erkennbaren Stäbchen. Auch Zapfen kommen vor, doch überwiegen die Stäbchen ganz bedeutend.

Die weiter entwickelten Stäbchenzellen lassen meist folgende Theile deutlich unterscheiden:

1) Die Kornzelle, die an ihrem distalen Ende den Fortsatz der Zwischenanglienzelle aufnimmt. Der Zellkörper besteht aus sehr feinem, hellem, der Kern aus sehr grobkörnigem Protoplasma. An sie schliesst sich proximalwärts an:

2) der Basaltheil des Schelements, der sich in den meisten Fällen ohne jegliche Grenze oder Einschnürung als Fortsatz der Kornzelle darstellt. Seine Länge (oder Höhe) ist sehr verschieden, seine Breite entspricht in der Regel derjenigen der Kornzelle, nimmt jedoch gegen sein proximales Ende hin etwas ab. Das ihm erfüllende Protoplasma ist etwas gröber und dunkler, als das der Zelle selbst. Die grösste Mannigfaltigkeit zeigt der Bau des nun folgenden Theils: des Stäbchenmittelglieds.

3) Das Stäbchenmittelglied ist in der Mehrzahl der Fälle gegen den Basaltheil scharf abgesetzt, doch ist die Art, wie diese Grenze gebildet wird, eine sehr verschiedene. Stets ist sie der Ausdruck der verschiedenen Dichtigkeit des die beiden Theile erfüllenden Protoplasmas, doch ist einmal das des Basaltheiles, ein anderes Mal dasjenige des Mittelglieds das dichtere und dunkler erscheinende.

Auch die Form des Mittelglieds ist sehr wechselnd. Bei einzelnen, augenscheinlich den jüngeren Stäbchen erscheint das Mittelglied als schmalere, in diesem Falle sehr hellere Saum, der dem Basaltheil aufsitzt und gegen den proximalwärts folgenden wieder dunkleren Theil, das Stäbchenendglied, scharf abgesetzt ist. In anderen Fällen hat es die Form eines abgestumpften Kegels, dessen Höhe (0,0039 mm) etwa seiner Basisbreite (0,0032 mm) entspricht. In noch anderen Fällen, und zwar scheinen diese die Mehrzahl zu bilden, ist das Mittelglied noch mehr in die Länge gezogen, so dass es z. B. bis zu 0,0058 mm lang werden kann (bei einer 0,0031 mm breiten Basis). In diesem Falle ist es stets von sehr dichtem Protoplasma erfüllt, das einmal gleichmässig durch das ganze Mittelglied vertheilt ist, ein anderes Mal sich mehr im Inneren concentrirt zu haben scheint, so dass man eine hellere periphere Zone von einer dichteren, centralen unterscheiden kann. In der letzteren ist auch wieder das Protoplasma nicht immer gleichmässig vertheilt, sondern zeigt bald hellere, bald dichtere Complexe.

Den letzten Theil des Stäbchens bildet endlich

1) das Stäbchenendglied. Es stellt sich dar als ganz feines, schmales Stäbchen von wechselnder Länge, die jedoch niemals 0,0088 mm überschreitet. Sein von feiner Zellmembran umschlossener Inhalt besteht bald aus sehr hellem, bald auch etwas dichteren, dunklerem Protoplasma. Gegen das Mittelglied ist es bald scharf abgesetzt, bald bildet es ohne jede innere Grenze einfach dessen Fortsetzung. Seine Basisbreite ist etwa 0,0011 mm, gegen die Spitze hin nimmt es ein wenig an Stärke ab und mag an seinem proximalen Ende etwa noch 0,0013 mm messen.

Die beschriebenen Formen der Stäbchen sind die häufigsten, doch kommen auch noch andere, freilich relativ seltener, vor. So vermisst man z. B. zuweilen den Basaltheil. Das Mittelglied folgt dann unmittelbar auf die Zelle, von der es sich dadurch scharf abhebt, dass es in seinen basalen Partien von dunklem Protoplasma erfüllt ist. Im proximalen Theile wird der Inhalt des Mittelgliedes allmählich

ganz hell, so dass das darauf folgende von dichtem Protoplasma gebildete Endglied sich wieder scharf vom Mittelglied abhebt.

In anderen Fällen lässt sich wohl auch kein Mittelglied feststellen. Das proximale Ende der Kornzelle ist dann einfach in Form eines grossen Kegels ausgewachsen, an dessen Spitze sich, mit ganz allmählichem Uebergange, dann das Endglied ansetzt. Das erfüllende Protoplasma nimmt in diesem Falle gegen die Spitze des Kegels hin immer mehr an Dichtigkeit ab; das Endglied ist ganz hell.

Die Mannigfaltigkeit in der Form der Stäbchen ist m. E. mit dem verschiedenen Alter derselben zu erklären. Sichere Schlüsse in dieser Richtung zu ziehen, war mir nicht möglich, da mir zu entwicklungsgeschichtlicher Untersuchung kein Material zur Verfügung stand, doch glaube ich nicht fehlzugehen, wenn ich für die jüngsten Stäbchen diejenigen erkläre, bei denen sich — noch — keine Differenzierung in verschiedene Theile zeigt (Fig. 71a). Es mag dann allmählich die Anlage eines basalen Theiles (Fig. 71a') bemerklich geworden sein und aus diesem heraus sich weiterhin ein Mittelglied differenzirt haben (Fig. 71b, b'). Dann trat wohl nach und nach zwischen beiden eine schärfere Grenze auf (Fig. 71b', c), das Mittelglied gewann allmählich eine grössere Länge und setzte sich gegen das Endglied deutlicher ab; so entstand schliesslich die am weitesten entwickelte Stäbchenform (Fig. 71d), die sich bei *Siphonops annulatus* nachweisen lässt.

Viel seltener, als die Stäbchen sind die Zapfen (Fig. 71Z, Z'). Neben einer Reihe von Zellen, die meist mehr in der Tiefe der Schicht, also zwischen den eigentlichen Schzellen und den Zwischenganglienzellen liegen, und weiter nichts, als den Anfang einer proximalen conischen Auswachsung zeigen, bei denen sich also nicht entscheiden lässt, ob sie im Falle ungestörter Weiterentwicklung sich zu Stäbchen oder Zapfen würden ausgebildet haben, finden sich nur wenige zweifellos als solche in Anspruch zu nehmende Zapfen. Das Zahlenverhältniss zwischen Stäbchen und Zapfen mag sich auf 15 : 1 stellen. Die Zapfen sind entschieden auf niedrigerer Entwicklungsstufe zurückgeblieben, als die Stäbchen. Die am weitesten in der Entwicklung fortgeschrittenen lassen folgenden Bau erkennen. Es sind drei Theile zu unterscheiden:

1) die Kornzellen, in nichts von denjenigen der Stäbchen verschieden.

2) der Basaltheil. Derselbe ist weit schmaler, als die Kornzelle und gegen dieselbe deutlich durch eine Einschnürung abgesetzt. Er hat die Form eines sehr niedrigen abgestumpften Kegels, der an der Basis etwa 0,0031, an seiner abgestumpften Spitze 0,003t mm dick ist und eine Höhe von 0,0016 mm besitzt. Er ist von sehr feinem Protoplasma erfüllt und dadurch gegen die dichteren angrenzenden Abschnitte, also einerseits die Kornzelle, andererseits das Endglied scharf abgesetzt.

3) Das Zapfenendglied hat auf dem Längsschnitte eine blatt- oder lanzettförmige Gestalt. An seiner Grundfläche von der Breite des Basalgliedes nimmt es sehr rasch an Dicke zu, etwa bis auf 0,0064 mm, um noch schneller wieder abzunehmen und mit einer stumpfen Spitze zu schliessen. Die Länge des Endglieds beträgt von der Basis bis zur Spitze 0,009 mm. Es ist von dichtem Protoplasma erfüllt, das sich besonders im centralen Theile zu einem festen Klumpen zusammenzuballen begonnen hat (Fig. 71Z'; die Spitze ist wieder etwas heller).

Ausser dieser weiter entwickelten Form findet sich eine Reihe junger Stadien, die noch keine Differenzierung zeigen bei denen jedoch die auf dem Schnitte blattförmige Zapfengestalt bereits unverkennbar ist (Fig. 71 Z).

Die Zwischensubstanz ist in der äusseren Körnerschicht sehr feinkörnig und gleichmässig vertheilt. Eine scharf umschriebene proximale Grenze existirt nicht: die Zwischensubstanz reicht bald mehr, bald weniger weit in die Zwischenräume zwischen den Schelementen hinein. Der Margo limitans externus, dem höchstens von einem solchen kann die Rede sein, da von einer Membrana limitans externa jede Spur fehlt, verläuft also höchst unregelmässig; er stellt eine stark gewellte Fläche dar.

Es erübrigt noch, einige Worte über die Stützelemente der Retina zu sagen.

Die Müller'schen Fasern (Fig. 73) setzen sich mit den typischen dreieckigen Füsschen an die Limitans interna an. Eine besondere Protoplasmadifferenzirung in dieser Erweiterung der Faser habe ich hier nicht wahrnehmen können. Die Fasern selbst sind sehr zart und ungemein dünn, so dass es mir nicht gelingen wollte, ihre Breite mit auch nur annähernder Sicherheit festzustellen. Sie ziehen sich, ohne Verzweigungen abzugeben, ziemlich gestreckt quer durch die Netzhaut, reichen jedoch niemals weiter, als bis zum distalen Rande der äusseren Körnerschicht.

Die Stützzellen finden sich vorwiegend in der unmittelbaren Nähe der Fasern. Sie sind in den distalen Partien der Retina an die Faser meist enge angelagert, in den proximalen, also gegen das Ende des Faserverlaufes hin, stellen sie sich direkt als kernhaltige Erweiterung der Faser selbst dar. Es finden sich jedoch auch freie Stützzellen und zwar besonders in der Nähe der distalen Grenzen der beiden Körnerschichten, ferner in der Granulosa interna und vor Allem in der Granulosa externa. Die Stützzellen sind langgestreckt; ihre grosse Axe steht stets ganz oder nahezu senkrecht zur Fläche der Netzhaut, also parallel zur Stützfaser. Sie haben eine Länge von 0,012, eine Breite von 0,0032 mm; ihr Kern ist 0,0081 mm lang und 0,0027 mm breit.

Der Nervus opticus. (Fig. 75.)

Den Sehnerven habe ich stets nur bis kurz nach seinem Austritt aus dem Bulbus oculi verfolgen können; von da ab habe ich ihn zwischen den Schläuchen der Orbitaldrüse nur noch ganz selten in kleinen Stückchen aufzufinden vermocht. Es war mir nicht möglich, seinen Verlauf nach dem Gehirn und seine Verbindung mit diesem festzustellen.

Der Opticus stellt sich auch im *Siphonops*-Auge ganz deutlich dar als eine Zusammenfassung der Fasern, welche die Opticusganglienzellen aussenden. Diese Fasern sind von der Zelle aus zunächst distalwärts gerichtet, biegen dann in der Direktion auf den Augenblasenstiel um und ziehen sich parallel zur Innenfläche der Retina hin, so die schon beschriebene Opticusfaserschicht bildend. Schliesslich lenken sie dem in die durch den Augenblasenstiel gegebene Bahn ein, wo sie sich zu einem starken Strang, dem Sehnerven, sammeln. Eine Kreuzung der Opticusfasern, wie ich sie z. B. für *Petromyzon*, *P. nasutus* beschrieben habe, lässt sich im Auge von *Siphonops annulatus* nicht nachweisen. Der Opticus hat in der Mitte seines intraretinalen Verlaufes, eine Stärke von 0,0234 mm; bei seinem Durchtritt

durch die Chorioidea misst er 0.013 mm und behält diese Dicke, soweit ich es verfolgen konnte, auch nach dem Verlassen des Bulbus. Eine Opticuspapille existirt nicht, vielmehr zeigt der Sehnerv an ihrer Stelle eine bedeutende trichterförmige Einsenkung. Dieselbe ist mit Bindegewebszellen und -Fasern ausgefüllt und repräsentirt m. E. den Anfang der Fortsetzung der fötalen Augenspalte auf den Opticus. Die Bindegewebsmassen sind Theile jener Züge, welche auf früherer Entwicklungsstufe den ganzen Augenbecher und die durch Ausdehnung der fötalen Augenspalte auf dem Augenblasenstiel gebildete Rinne ausgefüllt hatten. Dort haben sie sich in das Glaskörpergefüge umgewandelt, hier sind sie in ihrer ursprünglichen Verfassung erhalten geblieben. Im weiteren Verlauf des Opticus, kurz nach seinem Austritt aus der Retina, finden sich in seinem Inneren ebenfalls Bindegewebszüge mit Zellen und Kernen: die Ueberbleibsel jener Bindegewebsmassen, welche die ventrale Rinne des Augenblasenstiels erfüllt hatten und durch secundäre Verwachsung der Ränder dieser Rinne von dem Bindegewebe der Umgebung abgetrennt worden waren.

Dieses letztere hat noch keine Spur einer pialen Opticusscheide differenzirt. Eine durale, oder doch ein Anfang dazu, lässt sich höchstens in den ausgedehnten lockeren Bindegewebsmassen sehen, die den Sehnerven unmittelbar umgeben und zugleich eine Verbindung mit der Sclera erkennen lassen.

Auf der kurzen Strecke, die der Opticus nach Austritt aus der Retina bis zu seinem Durchgang durch Pigmentepithel und Chorioidea durchläuft, begleiten ihn zuweilen Lagen von Zellkernen, die ihrem ganzen Habitus nach am meisten Aehnlichkeit mit den „inneren Körnern“ haben, mit welchen sie auch im Zusammenhange stehen. Eine Verwandtschaft mit den von mir als von bindegewebiger Natur gedeuteten Zellen der trichterförmigen Einsenkung des Opticus scheint mir völlig ausgeschlossen. Ich möchte das Gebilde mit der Röhre, von nervösen Körnern gebildet, vergleichen, die ich bereits für das Auge von *Protens anguineus* beschrieben habe. Hier bilden die Kerne jedoch keine geschlossene Röhre um den Sehnerven sondern scheinen nur seinen ventralen Theil rinnenförmig zu umgeben.

Das Auge von *Typhlops vermicularis*.

Autoren:

1. G. Herr. Die Nasenlöcher und der Tränenvenenring der amnionen Wirbelthiere. in: Morphol. Jahrb. Bd. V. 1879. p. 63 ff. und p. 404 ff.

2. H. Hoffmann. Die Tränenwege der Vögel und Reptilien. in: Zeitschr. f. Naturwiss. Halle. Bd. LV. 1882.

Arbeiten, die sich eingehender mit dem Sehorgan von *Typhlops* beschäftigen, sind mir keine bekannt geworden, ich schreibe daher sofort zum Bericht über die Resultate meiner eigenen Untersuchungen. (Teil VIII und IX.)

Die von mir untersuchten Exemplare von *Typhlops vermicularis* hatten alle ungefähr dieselbe Körperlänge, durchschnittlich 130 mm, standen also soweit hiernach ein Schluss gezogen werden darf, auf der nämlichen Stufe der Entwicklung. Alle von mir im Folgenden angegebenen Maasse beziehen sich, wo die letzteren nicht, soweit das Gegentheil nicht ausdrücklich angegeben ist, auf Objecte von der angegebenen Länge.

Das Auge war aussenwärtig stets deutlich erkennbar als kleine glänzend schwarze Scheibe, in deren Centrum sich deutlich die Linse in Form eines feinen hellen Punktes verrieth, während im Umkreis nach der höchsten Tiefe der Sehorgans heller Ring deutlich schimmerte.

Die mikroskopische Untersuchung ergab Folgendes:

Fürs Ocular verzeichnete die Augenlider einzeln eine Schutz durch knöcherne oder knorpelige Sehorgans umgebende Scheibe der Gehörkapsel.

Das rechte Auge hatte eine Tiefe von 0.080 mm, eine Höhe von 0.3022 mm, die Länge des Sehorgans, d. h. diejenige des hinteren des ganzen Thieres wie 1:420. Die Dicke des Augapfels betrug 0.080 mm, was das rechte Auge ein Ellipsoid und zwar die Form eines Rotationsellipsoids darstellte, und die Länge des Sehorgans wie 1:120. Das Augenthalum beträgt, hieraus berechnet,

Mit Ausnahme seines vordersten distalen Sechstels wird der Bulbus zunächst von einer schmalen Schicht lockeren Bindegewebes umfllt, das zahlreiche feine Gefässe, niemals aber Faszikeln in sich birgt. Im weiteren Umkreis wird das Auge ebenfalls wieder mit Ausnahme seines distalen Sechstels von der unten zu besprechenden grossen Drüse umschlossen.

Das Auge ist nicht direkt lateralwärts, sondern stark nach oben gerichtet: die Augennar bildet mit der Horizontalebene einen Winkel von $\approx 40^\circ$.

Gezen Aussen wird das Sehorgan von *Tropidonotus* durch die often Ophidieru, eigentlicherweise die Brille — die aus einer Verwachsung der Augenlider entstanden ist, abgeschlossen. Bemerkenswert sind hierbei vor Allem die Stärkenverhältnisse. Bei *Tropidonotus pyramidalis* hat die Brille eine Gesamtdicke von 0.0408 mm, dieselbe verhält sich also zur Länge der Augennar wie 1 : 23.677. Bei einem nicht-grossen *Tropidonotus wateri* mit einer Augentiefe von 2.574 mm Bulbusvolumen 19.17 Kubikmm hat die Brille eine Mächtigkeit von 0.033 mm, verhält sich also zur Länge der Augennar wie 1 : 77.4.

Die Brille Fig. 75-84 setzt sich von Aussen nach Innen betrachtet zusammen aus Epidermis, Cutis und Conjunctiva, welche letztere ja ebenfalls als bandartig-wachsendes Integument, also auch wieder Epidermis und Cutis freilich beile stark modifizirt aufzufassen ist. Die Stärkenverhältnisse dieser Schichten sind: Epidermis 0.208 mm, Cutis 0.0001 mm und Conjunctiva 0.0001 mm. Betrachtet man dieselben Schichten an einer etwas höher am Kopfe gelegenen Stelle, so ergeben sich dort die Masse: Epidermis 0.0001 mm, Cutis 0.0001 mm. Um eine Conjunctiva kann es sich hier selbstverständlich nicht handeln, dagegen tritt wieder das in der Brille fehlende subcutane Bindegewebe in einer Mächtigkeit von 0.0254 mm auf. Vergleicht man nun die Dicke der Brille (exclusive Conjunctiva) mit der Stärke von Epidermis plus Cutis aus jener höher gelegenen Hautstelle, so ergibt sich das Verhältniss 1 : 1.000. Cutis und Epidermis sind also vor dem Auge, d. h. in der Brille, auf nicht ganz die Hälfte ihrer sonst am Kopfe gewöhnlichen Stärke zurückgegangen. Zieht man zum Vergleich wieder die Verhältnisse bei jenem *Tropidonotus* heran, wo sich für Epidermis plus Cutis an einer höher gelegenen Kopfstelle eine Dicke von 0.1417 mm ergibt, so stellt sich das Verhältniss der Brillendicke zur Mächtigkeit der gewöhnlichen Kopfhaut auf 1 : 3.227 für Stärke der Brille gegen, somit nicht den vierten Theil von derjenigen der sonstigen Kopfhautdeckung.

Wie bekannt ist die Brille aus einer Verwachsung der Augenlider entstanden. Der zwischen diesen und dem Bulbus gelegene, bei Amphibien durch die Lidspalpe nach Aussen abgegrenzte Raum ist somit ganz abgeschlossen. Es ist dies der sog. Conjunctivraum (Fig. 80-83) eine Bezeichnung, die darauf zurückzuführen ist, dass der ganze Hohlraum von der Conjunctiva ausgekleidet wird. Diese ist eine Fortsetzung des Intuments, das sich mit früherer Einzelklängestelle vor Verwachsung der Augenlider — und ein solches Stadium ist bei den Ipythipoden wohl ebenso gut vorzuzusetzen, wie bei den übrigen Ophidieru — am dem Lidrand herabzuschieben hat und dann zunächst die innere Fläche der Lider, weiterhin auch noch die äussere Fläche der Cornea überzogen hat. Das *Tropidonotus pyramidalis* betrug in meinen Fällen die Stärke der der Brille anliegenden Conjunctiva 0.0001 mm, während der die Cornea überziehende Theil 0.0001 mm dick war.

Im Fornix conjunctivae überwiegt die Schicht in Ausdehnung bedeutend zu und verändert auch ihren histologischen Bau wie unten gezeigt werden soll.

Die Cornea (Fig. 84-85) hat einschliesslich der Conjunctiva und der ihren proximalen Rand bedeckenden Membrana Descemetii eine Mächtigkeit von 0,0052 mm. und zwar bleibt sich diese vor der Linse und in ihren der Sclera angrenzenden peripherischen Schichten ziemlich gleich. Die Dicke der Hornhaut verhält sich zur Länge der Augenaxe wie 1 : 84,6. Bei dem mehrfach zum Vergleich herangezogenen *Tropidonotus* hatte die Cornea direkt vor der Linse eine Gesamtstärke von 0,064 mm, wobei jedoch zu beachten, dass hier die Cornea gegen ihren Rand hin sehr rasch an Dicke, bis auf 0,155 mm, zunimmt. Das Verhältniss der Stärke der Cornea (direkt vor der Linse) zur Augentiefe stellt sich für *Tropidonotus* auf 1 : 39,9, die Hornhaut ist also auch an ihrer dünnsten Stelle im Verhältniss mehr als doppelt so stark, wie die von *Typhlops*.

Der Conjunctivalsack hat bei *Typhlops* vor der Linse eine Dicke von 0,0175 mm. Seiner Form nach stellt er eine kreisrunde, nach Aussen leicht convexe Scheibe dar, deren Durchmesser etwa 0,125 mm beträgt.

Was den feineren Bau der bis jetzt besprochenen Gewebtheile betrifft, so ist darüber Folgendes zu sagen.

Die Brille (Fig. 81) setzt sich, wie bemerkt, zusammen aus Epidermis, Cutis und Conjunctiva.

An der Epidermis lässt sich, als äusserste Schicht des Integuments, zunächst eine feine Cuticula von 0,0013 mm unterscheiden. Dieselbe ist absolut structurlos.

Es folgt alsdann der verhornte Theil der Epidermis in einer Mächtigkeit von 0,0259 mm. Derselbe baut sich aus sehr langgestreckten, ungemein fest und enge geschichteten verhornten Lamellen auf, die im proximalen Drittel der Schicht zuweilen noch einzelne lange, fadenförmige Kerne erkennen lassen. In einem Falle war die Verhornung noch nicht ganz so weit vorgeschritten, und es war dann, wenigstens auf einigen Schnitten, noch zur Noth eine etwas lockerer geschichtete proximale, kernführende Lage in Stärke von 0,0049 mm von einer ganz fest geschichteten distalen, kernlosen von 0,021 mm Dicke, also ein Stratum relaxatum von einem Stratum corneum, zu unterscheiden.

Unmittelbar hieran schliesst sich dann das Rete Malpighii, vor der Linse, also in der Mitte der Brille 0,0026 mm stark. Es besteht, wie immer, aus einer einfachen Lage verhältnissmässig grosser Zellen, die hier jedoch keineswegs die charakteristische Cylinderform zeigen, sondern vielmehr eine Höhe von nur 0,0026 mm, bei 0,011 mm Breite, besitzen. Ihre Kerne sind, entsprechend der Zellhöhe, 0,0013 mm dick und, entsprechend der Zellbreite, 0,0065 mm lang.

Ein Vergleich der Stärke des Rete Malpighii mit der gesammten Epidermisdicke gibt für die vor der Linse gelegenen Theile das Verhältniss 1 : 11,16. Bei *Tropidonotus* stellt sich dasselbe auf 1 : 2,12.

Ganz anders gestalten sich jedoch die Mächtigkeitsverhältnisse der Epidermis, wenn man die Masse vergleicht, die sich in einer höher als das Auge gelegenen Kopfhautstelle ergeben. Dort misst die Cuticula 0,0045 mm, die verhornten Theile der Epidermis, an denen sich niemals mehr eine Trennung in Stratum corneum und Stratum relaxatum nachweisen lässt, 0,0286 mm. Das Rete Malpighii hat eine Dicke von 0,0078 mm. Seine Zellen nehmen nach der langgestreckten platten Form, die sie in den centralen Theilen der Brille zeigen, je entfernter vom Auge, umso mehr eine zunächst cubische, bald cylindrische Gestalt an. Sie haben in der höher gelegenen Partie des Integuments eine Höhe

von 0,0078, bei einer Breite von 0,0065 mm. Ihre Kerne haben eine Länge entsprechend der Höhe der Zelle) von 0,0039, eine Dicke von 0,0026 mm erlangt.

Die Stärke der Gesamtepidermis der Brille verhält sich zu derjenigen in der gewöhnlichen Haut wie 1 : 1,3, und zwar ist die Verdünnung über dem Auge fast ausschliesslich auf Rechnung des Rete Malpighii zu setzen, für welches der Vergleich des der Brille angehörigen Abschnittes mit seiner Stärke in der gewöhnlichen Kopfhaut das Verhältniss 1 : 3 ergibt. Eine Vergleichung der Dicke des Rete Malpighii mit der Gesamtstärke der Epidermis, beiderseits in der gewöhnlichen Kopfhaut, gibt das Verhältniss 1 : 5,1 gegenüber 1 : 11,16, wie sich dasselbe Verhältniss in der Brille stellt.

An das Rete Malpighii, die innerste Schicht der Epidermis, schliesst sich sodann, innerhalb wie ausserhalb der Brille, die Cutis an. Vor der Linse hat diese eine Stärke von 0,0091 mm, sonst 0,9351 mm, es ergibt sich also zwischen diesen beiden Maassen das Verhältniss 1 : 3,9, oder eine Verdünnung der Cutis in der Brille um fast drei Viertheile ihrer gewöhnlichen Stärke.

Die Cutis der Brille besteht aus sehr feinen, leicht gewellten Bindegewebszügen mit kleinen Kernen. Diese sind vor der Brille weniger zahlreich, erscheinen auch schmaler, gestreckter, als in den Randpartien derselben, wo sie häufiger werden und zugleich rundlich-ovale Gestalt annehmen. Subcutanes Bindegewebe führt die Brille in ihren direkt dem Auge vorgelagerten Theilen nicht. Dasselbe tritt erst wieder ganz am Rande des Conjunctivalsackes in Gestalt einzelner zu flachen Bändern vereiniger Fibrillen auf, erlangt aber dann rasch eine Mächtigkeit von 0,0283 mm.

Es folgt, als innerste Schicht der Brille, die Conjunctiva, bestehend aus einer einfachen Lage sehr flacher Zellen mit ebensolchen Kernen. Die Zellen der Conjunctiva behalten ihre Form in den vor dem Bulbus gelegenen Partien, sowohl soweit sie der Brille, als auch soweit sie der Cornea angehören, im Allgemeinen unverändert, nur dass sie, und damit ihre Kerne, in dem die Hornhaut bekleidenden Theil etwas flacher und überhaupt noch kleiner sind. An den Rändern des Conjunctivalsackes jedoch nehmen die Elemente der Conjunctiva, allmählich grösser und breiter werdend, mehr und mehr die Form von Drüsenzellen an, und im Fornix Conjunctivae endlich ist daraus thatsächlich eine aus grossen, stellenweise sogar mehrschichtig angeordneten Zellen sich aufbauende Drüse entstanden, deren Secret sich bei vielen meiner Präparate in den Randpartien des Conjunctivalsackes constatiren liess. Die Drüse findet sich sowohl im dorsalen, als im ventralen Fornix und ist der einzige Vertreter einer Augendrüse, welcher noch als solche functionirt und augenscheinlich zugleich Thränen- und Harder'sche Drüse zu ersetzen hat.

Die Stelle, welche sonst bei den Reptilien die Harder'sche Drüse einzunehmen pflegt, wird vollständig ausgefüllt durch ein drüsiges Organ (Fig. 78, 79, 81, 88, 89, 95), das zum Auge in gar keiner Beziehung steht. Dasselbe hat eine sehr bedeutende Ausdehnung. Es füllt den ganzen Raum zwischen dem Bulbus und der Schädelswand (Fig. 78), der Gehirnkapsel, aus, von beiden nur durch eine dünne Bindegewebslage getrennt. Dorsal reicht es, immer der Hirnkapsel anliegend, bis beinahe zum Scheitel und füllt den ganzen Raum zwischen diesem Punkt und dem Auge aus. Es zieht dabei nahe unter dem Integument hin, von dem es lediglich durch eine durchschnittlich 0,016 mm starke Schicht subcutanen Bindegewebes geschieden wird. Ventral umhüllt die Drüse ebenfalls den grössten Theil des Augapfels in einer Mächtigkeit von etwa 0,178 mm. Gegen vorn zieht sich das Organ in zwei schmale Ränder

Es ganz nahe an den Fornix Conjunctivae, resp. die wirklichen Augendrüsen herantreten, als jedoch mit denselben in Verbindung sind, oder auf irgend eine andere Weise nach dem Conjunctivalsacke eine Ausmündung besitzen. Die grosse Drüse ist vielmehr von dem Drüsentheil der Conjunctiva stets durch eine Bindegewebslage getrennt: häufig ziehen sich noch ausserdem zwischen beiden Drüsencomplexen grosse Gefässe hin. Auch im Bau unterscheiden sich die conjunctivalen Drüsen aufs Bestimmteste von dem grossen Drüsenorgan. Jene halten sich in der Hauptsache in der Form eines Drüsenepithels, das an Stelle der Conjunctiva getreten ist. Nur im äussersten Fornix haben sich die Elemente desselben gehäuft und bilden kleine Ballen oder Packete von Drüsenzellen. Ganz selten kommt, im dorsalen Fornix, der Anfang einer Schlauchbildung vor, aber auch da sind die Drüsenzellen noch rund, höchstens haben sie die Gestalt kleiner, durch gegenseitige Berührung etwas abgeplatteter Ellipsoide erhalten.

Die grosse Drüse dagegen setzt sich aus einer bedeutenden Anzahl sehr weiter Schläuche zusammen, die durch schönes, natürlich stets einschichtiges Epithel von hohen Cylinderzellen mit runden Kernen gebildet werden. Die einzelnen Schläuche sind von ganz feinen Bindegewebsfibrillen mit seltenen, winzigen Kernechen umhüllt. Zwischen ihnen ziehen sich zahlreiche Blutgefässe hin. Ausserdem wird die Drüse von den Augenmuskeln, sowie dem vom Auge nach dem Gehirn hin seinen Weg nehmenden Sehnerven, ferner zahlreichen, dem Gebiete des N. oculomotorius und ersten Trigeminasastes angehörigen Nervenverzweigungen durchzogen.

Wenn nun dieser grosse Drüsencomplex nach dem Conjunctivalsack, wie bemerkt, keine Ausmündung besitzt, also, da ja die Mündung einer Drüse Aufschluss über die Art ihrer Entstehung und damit auch meistens ihrer Function zu geben pflegt, nach der gewöhnlichen Auffassung nicht als Augendrüse betrachtet werden darf, so erhebt sich sofort die Frage: wohin mündet das Organ denn? Man kann dabei nur an zwei Möglichkeiten denken. Entweder besitzt die Drüse einen, resp. mehrere Ausführungsgänge nach Aussen, d. h. durch das Integument hindurch, wie dies z. B. Wiedersheim für die nach Lage und Bau sehr ähnliche, von ihm so benannte Orbitaldrüse der Gymnophionen nachgewiesen hat, oder es ist eine Communication mit der Mund- oder Rachenhöhle, direkt oder indirekt, vorhanden.

Ein Ausgang gegen die Körperoberfläche besteht nun sicher nicht. Die Drüse zieht sich zwar, wie oben bemerkt, oft ganz nahe unter der Haut hin, durchbricht aber niemals das subcutane Bindegewebe, geschweige denn Cutis und Epidermis. Schon die ganze Anordnung der Drüenschläuche widerspricht auch der Annahme, dass das Organ als Resultat einer Einstülpung der äusseren Körperoberfläche entstanden sein könne, aber sie gibt auch keine Berechtigung, sich dasselbe als von Innen, d. h. der Mundhöhle her, gebildet zu denken. Eine Verbindung des Organs mit der Rachenhöhle ist freilich vorhanden. Etwas unterhalb der proximalen Ventralfläche des Bulbus öffnen sich nämlich die Drüenschläuche nach einem Gange hin, der zunächst noch ein sehr weites Lumen besitzt und nahezu horizontal direkt nach Innen verläuft. Er zieht sich dabei dicht unter der ventralen Fläche des Riechorgans und darauf des Jakobson'schen Organs hin, von beiden nur durch ganz dünne knorpelige, resp. knöcherne Skelettlücke und noch dünnere Bindegewebslagen getrennt, und mündet in die Rachenhöhle. Die Ausmündung erfolgt zwischen der Mündung des Jakobson'schen Organs und den Choanen, jedoch näher bei ersterem. Sie liegt aber mehr der Längsaxe des Körpers genähert, etwas seitwärts unter der

Mitte der Nasenscheidewand (Fig. 79). Die Ausmündungsstellen der beiderseitigen grossen Drüsen liegen also dicht neben einander, nahe der Medianebene des Thieres. Der Ausführungsgang wird im Anfang seines Verlaufes, nach Verlassen der Drüse, noch von deutlichem Drüsenepithel gebildet, das von einer bindegewebigen Scheide umhüllt ist. Etwa von der Stelle ab, wo er sich unter dem Geruchsorgan hinzuziehen beginnt, verliert das Epithel jedoch seine drüsige Beschaffenheit und geht in das gewöhnliche Epithel der Mundschleimhaut über.

Die Thatsache der Ausmündung der Drüse in die Rachenhöhle würde also für ihre Erklärung als Munddrüse sprechen: damit will aber ihr Bau, vor Allem die Anordnung ihrer Schläuche, nicht stimmen. An ein der Orbitaldrüse der Gymnophionen ähnliches Organ darf man ebenfalls nicht denken, weil die Communication nach Aussen fehlt, und eine Deutung als wirkliche Augendrüse verbietet sich wegen der Abwesenheit einer Verbindung mit dem Coniunctivalsack.

Nun hat Born für die Ophidier überhaupt festgestellt, dass die Harder'sche Drüse in das Augende des Thränenganges einmündet und ihr Secret durch diesen Gang, der jede Beziehung zur Nasenhöhle verloren habe und nach secundären Umbildungen direkt in den Rachen münde, in die Mundhöhle sende. Die Glandula Harderiana fungirte also demnach gewissermassen als Speicheldrüse.

Hiermit stimmen auch meine Untersuchungen an *Tropidonotus natrix* überein. Hier mündet der Gang direkt in die Rachenhöhle. Er öffnet sich gegen diese hin aber allein, nicht, wie B. Hoffmann für *Heteronotus* angibt, zusammen mit dem Ausführungsgange des Jakobson'schen Organs.

Ähnlich scheinen die Verhältnisse nun auch in Betreff des grossen Drüsenorgans von *Typhlops vermicularis* zu liegen. Man hat es mit einer gewaltig entwickelten Harder'schen Drüse, ihrem Ursprung nach also allerdings einer Augendrüse, zu thun. Dieselbe mag auf früheren Entwicklungsstufen einmal in den Thränennasengang gemündet, und dieser wieder mit dem Coniunctivalsack (Fig. 89) in Verbindung gestanden haben, zwischen letzterem und der Harder'schen Drüse also ein wenigstens indirekter Zusammenhang vorhanden gewesen sein. Später verschwand dann die Communication des Thränennasenganges (Fig. 90) mit dem Coniunctivalsack, die Verbindung mit der inzwischen mächtig angewachsenen Glandula Harderiana blieb aber bestehen und bildete sich allmählich dergestalt um, dass schliesslich der Thränengang lediglich zu einem Ausführungsgang der genannten Drüse wurde. Zu gleicher Zeit hatte er, wie Born für alle Ophidier annimmt, auch seine Beziehungen zur Nasenhöhle verloren und mündet nun direkt in den Rachen.

Die grosse hinter dem Auge von *Typhlops* sich ausbreitende Drüse ist also nichts anderes, als eine Harder'sche, die ihr Verhältniss zum Auge vollständig aufgegeben hat und zusammen mit einem Theil des umgewandelten Thränenganges zur Bereitung von Speichel, oder doch einem ähnlichen Secret herbeigezogen worden ist. Mit dieser Annahme stimmt auch die Anordnung der Drüsen-schläuche sehr schön überein. Der Bau des Organs wäre ganz unverständlich, wenn man es auf eine andere Weise entstanden sein lassen wollte.

Die Cornea.

Die Cornea (Fig. 81, 85), an ihrer distalen Fläche von der Conjunctiva bekleidet, setzt sich ausserdem noch aus zwei Theilen zusammen: der Cornea propria und, an deren proximaler Fläche, der Membrana Descemetii.

Die Gesamtstärke der Cornea beträgt bei *Typhlops* 0,0052 mm. bei jenem schon öfters angezogenen *Tropidonotus* aber 0,004 mm. Das Verhältniss der Stärke der Cornea zur Länge der Augenaxe stellt sich hiernach für *Typhlops* auf 1 : 85,36, für *Tropidonotus* auf 1 : 36,92.

Die Cornea propria hat bei *Typhlops* eine Dicke von 0,0037 mm. Sie besteht aus ziemlich feinen, sehr gerade verlaufenden, enge geschichteten Bindegewebsfasern: Kerne sind äusserst selten und kommen höchstens im proximalen Drittel der Haut vor. Sie sind dann ganz fein und ungemein langgestreckt, fast haarförmig. In den beiden distalen Dritttheilen der Hornhaut fehlen sie vollständig.

Die aus der Chorioidea, und zwar dicht an dem freien Iris-rande abgespaltene Membrana Descemetii hat jede Spur ihres zelligen Ursprungs verloren und ist zur vollkommenen Membran, 0,00037 mm stark, geworden. Nur in einem einzigen Falle glaubte ich, nahe ihrer Abzweigung aus dem Iristheil der Chorioidea, einige kleine, langgestreckte Kerne an sie angelagert constatiren zu können: es waren dies die letzten Spuren der Zelle, aus denen sich ehemals die Anlage der Descemetischen Membran aufgebaut hatte.

Sclera und Chorioidea. (Fig. 80, 83, 84, 92, 95.)

Die Cornea geht in die Sclera direkt über. Will man eine Grenze zwischen beiden Gewebstheilen aufstellen, so mag man als solche etwa den Punkt betrachten, wo die Conjunctiva die Fläche der Hornhaut verlässt, um zunächst den drüsigen Fornix zu bilden und sich dann an die proximale Fläche der Augenlider resp. der Brille anzulegen.

Eine besonders differenzirte Sclera lässt sich nur am vorderen Augenende noch auf eine kurze Strecke hinter der angenommenen cornealen Grenze festhalten. Weiter nach hinten macht die starke Pigmentirung eine genaue Trennung der äusseren bindegewebigen Augenhäute unmöglich. Man kann also im Augenhintergrund nur etwa folgendermassen eintheilen: Von Innen nach Aussen betrachtet folgt auf das Pigmentepithel (s. u.) Fig. 83 zunächst ein unpigmentirter Theil der Chorioidea von sehr schwankender Stärke, an der einen Stelle 0,0026 mm dick, dann plötzlich auf 0,0097 mm anschwellend und oft ebenso rasch wieder abnehmend. Dieser Theil der Aderhaut wird durch sehr lockeres welliges Bindegewebe gebildet, das zahlreiche, ziemlich grosse, den Wellenzügen entsprechend gelagerte und gekrümmte Kerne führt. Die Chorioidea ist hier sehr reich an Gefässen; von Muskeln konnte ich jedoch darin mit Ausnahme derjenigen der Pars ciliaris, niemals etwas entdecken.

Eine Zwischenmembran, wie ich sie für *Petromyzon*, *Proteus* etc. beschrieben habe, lässt sich immer nur in der Nachbarschaft des Opticusaustritts (Fig. 92) nachweisen. Man sieht dort die piale

Schnervenseide in eine Membran fortgesetzt, die sich eine ganz kurze Strecke weit zwischen Pigmentepithel und Chorioidea hinzieht, bald aber von dem Pigment des ersteren vollkommen verdeckt wird. Ich kann deshalb nicht mit Sicherheit sagen, ob diese Zwischenmembran im ganzen Unkreis des Auges besteht, oder sich vielleicht erst in der Gegend des Opticusaustritts, also etwa am proximalen Augenpol, differenziert hat. Die erste der beiden Möglichkeiten scheint mir aber die weitaus grössere Wahrscheinlichkeit für sich zu haben, schon mit Rücksicht auf den hohen Grad der Ausbildung, den der Gewebstheil da, wo er sichtbar ist, nach der Form der vollkommenen Membran hin erreicht hat: ohne eine Spur von Schichtung, ohne eine Spur von auch nur angelagerten Kernen. Freilich gelang es mir auch nicht, eine Beziehung der Müller'schen Fasern zur Zwischenmembran nachzuweisen (s. n.).

An die unpigmentirte Chorioidea schliesst sich nun nach Aussen eine 0,0065 mm breite, stark pigmentirte Schicht, die meiner Ansicht nach Theile von drei verschiedenen Blättern, oder, wenn man so will, von zweien und einem Zwischenblatt, in sich vereinigt. Die inneren Theile dieser Schicht nämlich scheint mir noch ein Abschnitt der Chorioidea zu bilden. Ich schliesse dies daraus, dass gerade aus dieser Partie in der Nähe des distalen Augenpoles sich die Membrana Descemetii abspaltet, und diese ist jedenfalls aus der Chorioidea, und nicht aus der Sclera oder Lamina fusca entstanden.

Möglicherweise liegen in diesem pigmentirten Theil der Aderhaut auch noch jene kleinen platten Chorioidealmuskelfasern: nachweisen lassen sich dieselben aber wegen der dichten netzartigen Pigmentirung nicht. Etwa die Mittelzone der pigmentirten Gewebslage mag eine Lamina fusca oder Suprachorioidea einnehmen. Es spricht hierfür der Umstand, dass gerade in der Mitte die Pigmentirung der Schicht noch ausgeprägter netzförmig erscheint, die Gewebslage hier also wohl aus einem feinen Bindegewebsnetze mit dazwischenliegenden Lymphräumen bestehen kann, wie es sonst die Lamina fusca darstellt.

Der äussere Rand der Schicht, der wieder dichter pigmentirt ist, scheint mir bereits von einem Theil der Sclera gebildet zu sein. Dies geht daraus hervor, dass er sich in die inneren Partien der mit der Cornea in direktem Zusammenhang stehenden ganz unpigmentirten Sclera des distalen Augenviertels fortsetzt.

Auf die beschriebene pigmentirte Sammelschicht folgt schliesslich proximalwärts der pigmentfreie Theil der Sclera in einer Mächtigkeit von 0,0019 mm. Derselbe geht in die, wie bemerkt, vorn am Augapfel von der Chorioidea bereits differenzierte, vollkommen pigmentfreie Sclera über, und zwar in deren äussere Lagen, von welchen sie sich auch im Bau in Nichts unterscheidet. Hier, wie dort, baut sich die Sclera aus ziemlich derben, wenig gewellten, enge geschichteten Bindegewebsfibrillen, mit nicht allzu zahlreichen länglichen Kernen auf. Gegen das den Bulbus umhüllende lockere Bindegewebe ist die Faserhaut stets sehr scharf abgesetzt.

Chorioidea und Sclera zusammengenommen, also die bindegewebige Kapsel des *Typhlops*-Auges, haben eine Stärke von 0,0144 mm. Ihre Dicke verhält sich somit zur Länge der Augenaxe wie 1 : 38,58, ein Verhältnis, das sich bei dem schon häufig zum Vergleich benutzten *Tropidonotus* auf 1 : 24,63 stellt.

Die Augenmuskulatur.

Das Auge von *Typhlops vermicularis* besitzt die typischen sechs äusseren Augenmuskeln. Die Messungen die ich auch hier angestellt habe, ergaben sehr schwankende Zahlen. Ich glaube indess, dass man denselben, besonders so weit es sich um die Muskelfaser handelt überhaupt keinen allzu grossen Wert beilegen darf, da ja die Muskeln in ganz verschiedenen Contractionszuständen sich befinden können und eine Controle dieser Verhältnisse vollkommen unmöglich erscheint.

Nur ganz beiläufig, um ein ungefähres Bild von der Stärke der Augenmuskulatur des *Typhlops* zu geben, möge die Notiz hier eine Stelle finden, dass z. B. in einem Falle der *Mus. rect. inferior* eine Maximalstärke von etwa 0.0257 mm besass. Derselbe Muskel hatte bei *Tropidonotus* 0.2373 mm Dicke. Vergleicht man diese Zahlen nun wieder mit der beiderseitigen Augentiefe, so ergibt sich bei *Typhlops* das Verhältniss 1 : 10.0, für *Tropidonotus* 1 : 10.70. Der Muskel ist also bei der Blindschlange auch relativ bedeutend schwächer.

Die Muskelfasern, die ich beim *Typhlops*-Auge in der Stärke von 0.0032 bis 0.0048 mm angetroffen habe zeigen in Bezug auf Querstreifung ebenfalls ein unregelmässiges Verhalten. Es gibt Fasern, die vollkommen quergestreift sind, dann kommen wieder solche vor, bei denen nur die eine Hälfte Streifung zeigt. Die Mehrzahl der Augenmuskelfasern scheint mir aber entschieden glatt zu sein. Nicht selten sind auch diejenigen, die im Allgemeinen quergestreift, in dem meist etwas bauchig aufgetriebenen Kernabschnitt ganz glatt erscheinen. Die Kerne der Fasern sind länglich und meist wandständig.

Zur Erklärung dieser Mannigfaltigkeit in dem Bau der Augenmuskelfasern mag es genügen, auf das im Abschnitt über *Petroneura* hinsichtlich dieses Punktes Gesagte hinzuweisen.

Die Muskelfüedel sind stark von Bindegewebe durchsetzt, in dem der beinahe absolute Kernwangel auffällt. Gefässe finden sich in diesen Bindegewebszügen ziemlich reichlich.

Iris und Ciliarkörper. Fig. 80, 84.

Die Iris besteht aus den drei typischen Lagen: der innersten Pars retinalis Iridis, dem sich daran anschliessenden Iristheil des Pigmentepithels und, als äusserster, der Pars chorioidealis Iridis. Alle drei Bahnen liegen dicht auf einander und sind unter sich fest verklebt, so dass also in der Iris keine Spur der primären Augenhöhle mehr vorhanden ist. Die ganze Masse der Regenbogenhaut bilden entschieden die beiden inneren Blätter, die ectodermalen Ursprungs sind; mit anderen Worten: die Iris ist in der Hinsicht nichts Anderes, als der etwas verdünnte in die Länge gezogene Augenbecherrand. Der äusserste Teil der Iris, die Pars chorioidealis, liegt ihr nur in ganz dünner Schicht von Aussen auf, reicht nicht einmal bis zum freien Rand hin, sondern hört immer schon ein Stück davon entfernt, kurz nach Abgabe der Membrana Descemetii, ganz auf.

Pars retinalis wie Pigmentepitheltheil sind stets einschichtig. Die Pigmentirung ist in der Iris sehr stark, besonders ist ihr innerstes Blatt stets vollkommen davon erfüllt während das mittlere

gelegentlich einzelne pigmentfreie Stellen besitzt, an denen sich dann sein Bau sehr schon erkennen lässt. Fast ganz ohne Pigment ist der Chorioidealtheil der Iris, in dem sich höchstens vereinzelt Körnchen finden. Dagegen ist er reich an kleinen Blutgefässen, und auch Spuren einer Irismusculatur nicht zu verwechseln mit den Ciliarmuskeln liessen sich in Gestalt einzelner glatter Fasern zuweilen nachweisen.

Der Ciliarkörper ist bei *Typhlops vermicularis* ziemlich stark entwickelt. Seine innere Partie bildet ebenfalls wieder ein Theil der Retina in Form einer einzigen Schicht sehr hoher cylindrischer bis spindelförmiger Zellen mit ovalen Kernen. Der Pigmentepitheltheil ist stets so stark pigmentirt, dass seine Structur sich nicht feststellen lässt, doch spricht die Wahrscheinlichkeit dafür, dass er sich ebenfalls aus einer einfachen Schicht von Zellen aufbaut, die aber hier etwas höher, also mehr cylindrisch geworden sein dürften, als in den übrigen Theilen des Pigmentepithels. Der chorioideale Theil endlich hat gegenüber dem Iristheil der Aderhaut an Stärke nicht zugenommen. Er birgt einzelne Gefässe und den gering entwickelten glatten Ciliarmuskel.

Die Innenfläche des Corpus ciliare tritt in direkte Berührung mit der Linse. Sie wird von der Membrana hyaloidea überkleidet, die sich bis zum Beginne der Iris hin verfolgen lässt, dann aber unter den Pigmentmassen verloren geht.

Ansserdem zieht von der inneren Fläche des Ciliarkörpers und zwar von der Membrana hyaloidea aus eine zweite feine Membran gegen die Linse hin und setzt sich etwa an der distalen Grenze des hintersten (proximalen Fünftels des Linsenumfangs an die Kapsel an. Man hat es dabei m. E. lediglich mit einem Befestigungsapparat zu thun, der dazu bestimmt ist, im Verein mit Ciliarkörper und Iris und wahrscheinlich auch Membrana Descemetii die Linse in ihrer Lage zu erhalten. An eine Adaptionsvorrichtung, wenigstens an eine bereits in Wirksamkeit befindliche, darf man schon wegen der geringen Entwicklung der Ciliarmusculatur, dann aber auch wegen der zarten Beschaffenheit der fraglichen Membran nicht denken, doch mag man in dem Apparat immerhin den Anfang einer in Bildung begriffenen, aber, wie nochmals betont werden muss, noch nicht functionirenden Zonula Zinii erblicken.

Die Linse. (Fig. 78, 81, 84.)

Die Linse des *Typhlops*-Auges hat die Gestalt eines Rotationsellipsoids. Die kurze Axe, Linsentiefe, misst 0,1152, die lange, Linsenhöhe, 0,1918 mm. Tiefe verhält sich also hier zu Höhe wie 1 : 1,54.

Bei *Tropidonotus* ist die Linse nahezu kugelig. Das Volum der Linse beträgt 0,00215 cbmm. Linsenvolum und Augenvolum verhalten sich demnach zu einander, wie 1 : 11,01, ein Verhältniss, das sich bei *Tropidonotus* auf 1 : 3,6 stellt. Die *Typhlops*-Linse erscheint also im Vergleich zu derjenigen der Ringelnatter sehr klein. Ein ähnliches Resultat ergibt auch die Vergleichung der resp. Verhältnisszahlen von Linsentiefe und Augentiefe. Während sich für *Typhlops* dabei das Verhältniss 1 : 3,05 ergibt, bekommt man bei *Tropidonotus* die Zahlen 1 : 1,56. Wollte man nur diese Grössenverhältnisse in Betracht ziehen, so folgte daraus, dass das *Typhlops*-Auge eine viel höhere Entwicklungsstufe erreicht hätte, als

dasjenige von *Tropidonotus*, da ja eine im Vergleich zum Bulbus grosse Linse für das Zeichen einer embryonalen Stufe gilt.

Der Bau der Linse (Fig. 84) war bei den von mir untersuchten Thieren stets nur schwer festzustellen.

Ein Linsenepithel liess sich allerdings immer mit vollkommener Sicherheit nachweisen. Dasselbe ist aus einer einfachen Lage von Zellen gebildet, die sehr lang und flach sind und ebensolche Kerne einschliessen. In den hinteren Partien, etwa an der distalen Grenze des hintersten Linsendrittels, beginnen die Zellen des Linsenepithels sich etwas zu vergrössern und wachsen in sehr lange, sehr dünne Fasern mit ovalen Kernen aus: es sind dies die den Linsenkörper bildenden Linsenfasern. Leider lassen sie sich nur in den der Peripherie zunächst liegenden Theilen der Linse deutlich unterscheiden: in den centralen Partien hört bald jede erkennbare Grenze zwischen den Fasern auf und die Linse scheint aus einer kompakten Masse zu bestehen, in der einzelne kleine Kerne, aber viel seltener, als gegen die Peripherie hin, angetroffen werden.

Soweit man Fasern überhaupt verfolgen kann, lässt sich feststellen, dass dieselben äusserst lang und schmal sind, glatte Ränder und immer nur je einen Kern besitzen. Eine Anordnung der letzteren in eine Kernzone (Meyer'sche Zone) fehlt vollständig.

Zwischen Linsenkörper und Linsenepithel besteht niemals mehr ein Spaltraum: die Linsenhöhle ist vollständig verschwunden.

In den von der Auswachsung noch nicht betroffenen Partien des Linsenepithels, also den vorderen, distalen, haben seine Zellen eine Höhe (Dicke) von 0,0021, eine Breite (Länge) von 0,0116 mm. Ihre Kerne messen 0,0011 mm in der Dicke, 0,0054 mm in der Länge. Das Linsenepithel hat demnach eine Stärke in der Augenaxe gemessen von 0,0021 mm, verhält sich somit zur Linsentiefe wie 1 : 60,5. Bei *Tropidonotus natrix*, wo das Linsenepithel am distalen Pole 0,0015 mm dick ist, wird dies Verhältniss 1 : 363,1, woraus sich ergibt, dass die *Typhlops*-Linse, was ihren feineren Bau betrifft, ein entschieden embryonales Verhalten zeigt, als die von *Tropidonotus*.

Die Linse wird von einer allseitig geschlossenen homogenen Kapsel umhüllt, an welche sich die als Anflängeapparat dienende Membran in der Art angesetzt hat, dass beide an der Berührungsstelle eine Verschmelzung eingegangen sind.

Der Glaskörper. (Fig. 84, 86.)

Der Glaskörper zeigt das typische feinkörnige Gerinnsel nur in seinen centralen, und von den peripherischen nur in den der Linse benachbarten Partien. In den nahe der Retina gelegenen Theilen finden sich zahlreiche wirt durch einander geworfene Faserzüge, von welchen aus die Müller'schen Fasern ihren Ursprung nehmen. Kerne führen aber diese Bindegewebsfasern niemals.

Die Arteria centralis zieht sich unter Abgabe zahlreicher Seitenäste durch den Glaskörper hin und sendet ihre feinsten Verzweigungen dicht an die denselben distal abschliessende wohlentwickelte Membrana hyaloidea. Es ist nicht richtig, zu sagen, dass die feinen Gefässe in die Membran hinein-

wachsen, diese selbst also gefäss-führend sei. Die kleinen Blutbahnen treten freilich oft so dicht an sie heran, dass die Membran dadurch gelegentlich Ausbauchungen gegen die Linse hin erfährt. Immer werden aber die so in die Membrana hyaloidea gleichsam hineingepressten Gefässe nur auf ihrer distalen Seite, niemals auch an ihrer proximalen, von derselben umschlossen, liegen also nicht in, sondern an ihr.

Die Gefässe des Glaskörpers besitzen reichliches perivaskuläres Bindegewebe, das zahlreiche grössere oder kleinere Kerne führt. Eine Verbindung dieser Faserzüge mit dem in der Peripherie des Glaskörpers befindlichen Bindegewebe lässt sich nicht feststellen.

Eine Membrana limitans interna, als Abschluss des Glaskörpers gegen die Netzhaut hin, besteht für gewöhnlich nicht. Nur in einem einzigen Falle schien mir eine besondere Grenzschicht des Vitreum hier bereits differenziert zu sein. Dieselbe war aber noch nicht zur Membran geworden, sondern setzte sich noch aus mehreren dichtgedrängten Lagen feinsten Fibrillen zusammen. Sie bekleidete auch nicht die gesammte proximale Glaskörperfläche, sondern war immer nur stellenweise, auf kurze Strecken, erkennbar, während die Grenzpartien des Glaskörpers im Uebrigen das oben geschilderte Verhalten zeigten. Wo sich die Schicht aber bereits deutlich herausgearbeitet hatte, waren die Müller'schen Fasern auch schon zu ihr in Beziehung getreten und zeigten klar ihren Zusammenhang mit ihr. Von den dreieckigen Füsschen, sonst den charakteristischen Ansatzpunkten der Stützfäsern an die Limitans interna, war freilich niemals etwas zu sehen.

Das Pigmentepithel. Fig. 80, 83, 84, 92, 95.

Das Pigmentepithel hat im ganzen Umkreis des Auges, mit Ausnahme der zum Ciliarkörper und zur Iris gehörigen Abschnitte, dieselbe Stärke: 0,013 mm. Vergleicht man seine Dicke mit der Augentiefe, so ergibt sich für *Typhlops vermicularis* das Verhältniss 1 : 53,83, für *Tropidonotus natrix* aber 1 : 280,6. Das Pigmentepithel von *Typhlops* ist also im Verhältniss ungemein viel stärker. Abgesehen von vereinzelt Stellen in der Iris ist das Pigmentepithel immer so stark pigmentirt, dass es unmöglich ist seinen Bau genau festzustellen, doch dürfte die Annahme wohl nicht fehl gehen, dass es auch hier von einer einfachen Lage flacher, höchstens cubischer Zellen mit runden Kernen gebildet wird. Die Zellen senden nach der Retina hin Fortsätze aus, die meistens unpigmentirt und sehr deutlich erkennbar sind. Bei den von mir untersuchten Exemplaren fehlten sie in einem Falle vollständig, so dass also die distale Fläche der Pigmentepithelzellen vollkommen glatt erschien. Waren Fortsätze vorhanden, so war ihre Länge, auch in demselben Auge, stets sehr verschieden, ging aber niemals über 0,0015 mm hinaus. Die Länge der bedeutendsten Fortsätze verhielt sich also zur Höhe der zugehörigen Zelle wie 1 : 2,88. Für *Tropidonotus* kommt dies Verhältniss auf 1 : 1,6. Die längsten Fortsätze erreichten also bei *Typhlops* nur wenig mehr, als ein Drittel der Zellhöhe, während sie bei *Tropidonotus* fast ebenso lang waren, als die Zelle hoch. Pigmentirt waren die Fortsätze in den meisten Fällen gar nicht, nur einmal glaube ich auf einigen wenigen vereinzelte Körnchen von Pigment wahrgenommen zu haben.

Zuweilen konnte ich zwischen diesen Fortsätzen noch entschieden anders geartete feine Fäserchen Fig. 83 unterscheiden, die sich vom inneren Rande der Pigmentepithelzellen gegen die Retina

hinzogen, niemals jedoch die Länge der bedeutenderen Zellfortsätze erreichten. Sie waren weniger verschwommen, kräftiger, als diese und hatten vor Allem eine festere seitliche Begrenzung. Ich möchte die Vermuthung aussprechen, dass man es hier mit abgerissenen Müller'schen Fasern zu thun hat. Die die Netzhaut durchziehenden Stützfasern ziehen sich nämlich, was hier vorausgenommen werden mag, bis etwa an die Spitze der Sehelemente und hören dann, ohne mit irgend einem anderen Gewebstheil in Verbindung zu treten, plötzlich auf, ganz, wie abgerissen. Man nehme nun einmal an, dass, wie ich für andere Wirbelthiere habe zeigen können, auch bei *Typhlops* die Müller'schen Fasern nach Verlassen der Netzhaut zwischen den Pigmentepithelzellen hindurchtreten und mit einer hinter denselben gelegenen Schicht sich vereinigen. Die ungleichmässige Schrumpfung des Augapfels, die durch die Conservirungs-, Härtungs- etc. Flüssigkeiten verursacht wird, hat nun auch ein Zurückweichen der Retina vom Pigmentepithel bewirkt, und dabei mussten die Müller'schen Fasern, die einerseits mit Retina und Glaskörper, andererseits aber mit der jenseits des Pigmentepithels sich hinziehenden bindegewebigen Schicht (Zwischenmembran in fester Verbindung stehen, nothwendigerweise in ihrem Zusammenhang gewaltsam unterbrochen werden, und an welcher Stelle wäre ein Abreissen wahrscheinlicher, als gerade zwischen Sehzellen und Pigmentepithel, wo allein die Stützfasern frei liegen und durch daneben liegende andere Elemente keinen Halt besitzen. Es scheint mir also in hohem Grade wahrscheinlich, dass die feinen, anscheinend dem Pigmentepithel anhängenden Faserstückchen als Fortsetzungen der Müller'schen Fasern aufzufassen sind. Was aber aus ihnen weiter wird, lässt sich nicht mit Sicherheit sagen, da das massenhafte Pigment des Pigmentepithels jede Untersuchung in dieser Richtung unmöglich macht. Eine event. Verbindung mit einer „Zwischenmembran“, ja überhaupt das Vorhandensein der letzteren, lässt sich nur vermuthen. In der Gegend des Opticusaustritts ist freilich, wie oben gezeigt, die Existenz jener Membran stets mit Sicherheit nachweisbar und der Grad ihrer Ausbildung an dieser Stelle macht es auch wahrscheinlich, dass sie nicht bloß hier, sondern rings um das Auge besteht: Sicherheit habe ich darüber aber keine gewinnen können

Die Retina. (Fig. 87, 88, 91, 92.)

Die Retina von *Typhlops vermicularis* hat im Augenhintergrund eine Mächtigkeit von 0,0821 mm. Ihre Stärke verhält sich also zur Augentiefe wie 1 : 5,36; bei jenem *Tropidonotus* misst die Retina 0,1331 mm, ihre Dicke verhält sich zur Länge der Augenaxe wie 1 : 19,19. Die Retina von *Typhlops* ist daher, wenn man die Kleinheit des ganzen Sehorgans berücksichtigt, unverhältnissmässig gross entwickelt. Gegen den distalen Augenpol hin verliert die Netzhaut allmählich etwas an Dicke und geht dann, ziemlich unvermittelt, in die einschichtige Pars ciliaris über.

Fovea centralis und area fehlen.

Auch für die Netzhaut des *Typhlops*-Auges lässt sich an der eigentlichen Schichteneintheilung festhalten¹⁾. Danach kommt, von Innen nach Aussen betrachtet, zunächst:

¹⁾ Zur Klarlegung der Grossenverhältnisse der einzelnen Retinaschichten siehe die hinter dem Abschnitt über *Typhlops* gegebenen Tabellen

1) Opticusfaserschicht.

Dieselbe hat nahe dem Opticusaustritt eine Stärke von 0,0018 mm. Gegen die distalen Theile der Netzhaut, also gegen den distalen Augenpol hin, ist die Schicht schwächer, und nahe dem Uebergang der Retina in ihre Pars ciliaris findet sich von Nervenfasern beinahe noch gar nichts.

Die Opticusfaserschicht, über die Weiteres bei Besprechung des Sehnerven gesagt werden wird, stellt sich dar als eine Zusammenfassung der distalen Zellausläufer der nächsten Retinaschicht, nämlich der:

2) Schicht der Opticusganglienzellen.

Diese hat eine Stärke von 0,0051 mm. Ihre Elemente, die Opticusganglienzellen, breiten sich meist in einfacher Lage aus; nur selten zeigt sich für kurze Strecken die Neigung einzelner Ganglienzellen, mehr in die Tiefe der Retina zu treten und die Opticusganglienschicht so zu einer doppelten zu gestalten. Die Ganglienzellen sind kugelig mit einem Durchmesser von 0,0074 mm; ihre gleichfalls kugeligen Kerne haben einen solchen von 0,0052 mm. Die Zellen liegen nicht dichtgedrängt in der feinkörnigen Grundsubstanz, sondern lassen häufig kleine, gelegentlich auch grössere Zwischenräume zwischen sich. Sie senden eine Anzahl Fortsätze aus. Der eine, stärkste, geht distalwärts ab und stellt, wie schon gezeigt, die Sehnervenfasern dar. Die übrigen Ausläufer sind sämmtlich nach Innen gerichtet: einerseits eine ganze Menge feiner kurzer Fortsätze, die sich bald in dem Gerinnsel der Granulosa interna verlieren, andererseits ein Hauptfortsatz, der die nervöse Verbindung mit den tieferliegenden Netzhautschichten vermittelt.

Es folgt alsdann die

3) Granulosa interna.

Dieselbe misst 0,0155 mm in der Dicke. Sie wird gebildet durch ziemlich feines, gleichmässig vertheiltes Protoplasmagerinnsel. Eine Anordnung in horizontal oder querverlaufende Streifen habe ich niemals constatiren können.

Etwas in der Mitte der Schicht finden sich vereinzelt Ganglienzellen, die einen Theil der von den Opticusganglienzellen ausgesandten proximalen Hauptfortsätze aufnehmen und selbst wieder durch einen proximal gerichteten Hauptausläufer mit Ganglienzellen der folgenden, der inneren Körnerschicht, in Verbindung treten. Sie sind kugelig, mit einem Durchmesser von 0,0059 mm, ihr Kern hat einen solchen von 0,0037 mm. Ich möchte diese Zellen als „eingeschobene Ganglienzellen“ bezeichnen, eine Benennung, die ebensowohl auf ihre Lage, als auf ihre Entstehung hinweisen soll. Ich glaube nämlich, dass die nervöse Leitung zwischen den Opticusganglienzellen und den betreffenden Elementen der inneren Körnerschicht zunächst eine direkte war, und jene Ganglienzellen sich erst später in den Zusammenhang eingeschaltet haben. Eine andere, meines Erachtens aber entfernter liegende Möglichkeit, wäre freilich die, dass die „eingeschobenen Ganglienzellen“ auf früherer Entwicklungsstufe viel häufiger gewesen wären, und die nervöse Leitung damals immer durch ihre Vermittelung stattgefunden hätte. Später wären sie alsdann allmählich in Verfall gerathen und zwar bis auf die wenigen noch vorhandenen Zellen, die ihre Stelle als leitungsvermittelnde Elemente aufrecht erhielten, während

im Uebrigen die Verbindung der Opticusganglienschicht mit der inneren Körnerschicht eine direkte wurde. Wäre diese Annahme die richtige, so müsste man doch wohl einige Ganglienzellen antreffen, die bereits im deutlichen Zerfall begriffen wären und z. B. die Verbindung mit den Opticusganglienzellen einerseits, oder den „Inneren Ganglienzellen“ andererseits eingebüsst hätten. Solche Zellen sind aber nicht vorhanden. Den Beweis für die Richtigkeit meiner Ansicht vermag ich, mangels entwicklungsgeschichtlichen Materials, freilich nicht zu führen, möchte aber noch auf das unten über *Typhlops braminus* Gesagte hingewiesen haben.

1) Die innere Körnerschicht (Fig. 57 IK).

Diese Schicht hat eine Mächtigkeit von 0,0221 mm. Es lassen sich in ihr wieder vier ziemlich scharf getrennte Lagen unterscheiden.

a) Betreffs der ersten derselben (Fig. 57 IG), die den inneren Rand einnimmt, kann es hinsichtlich ihres Ortes zweifelhaft sein, ob sie nicht vielmehr noch zur Granulosa interna gehört. Da die sie bildenden Zellen jedoch nach Form und Function den „inneren Ganglienzellen“ entsprechen, die ich in der Retina von *Proteus*, *Petromyzon* etc. beschrieben und dort als unzweifelhaft zur inneren Körnerschicht gehörig erkaunt habe, so habe ich auch hier keinen Anstand genommen, dieselben der letzteren zuzurechnen. Sie liegen stets in einfacher Schicht, niemals gedrängt, sondern oft durch weite Abstände getrennt. Ihre Form ist kugelig, mit einem Durchmesser von 0,0052 mm, ihre Kerne, ebenfalls kugelig, messen 0,0033 mm. Die Ganglienzellen nehmen die Hauptfortsätze der Opticusganglienzellen, oder, wo sich solche in ihrer Nachbarschaft finden, der eingeschobenen Ganglienzellen auf. Sie scheinen selbst nach allen Seiten feine Ausläufer zu senden. Dieselben sind jedoch so zart, dass ich sie immer nur bis auf eine ganz kurze Strecke weit von der Zelle weg habe verfolgen können. Dann verschwanden sie im Gerinnsel der Grundsubstanz, ohne dass es augenscheinlich zu einem Anastomosiren oder zur Verbindung mit anderen zelligen Elementen käme. Nur ein proximal gerichteter Hauptfortsatz tritt in die Tiefe der Retina, um mit anderen Elementen der inneren Körnerschicht in leitungsvermittelnden Zusammenhang zu treten.

Diese Elemente hat man jedoch nicht in den Zellen der nun folgenden Unterabtheilung der inneren Körnerschicht zu suchen.

b) Die zweite Abtheilung der Gesamtschicht besteht aus einer einfachen Lage sehr dichtgedrängter Zellen (Fig. 57 GZ), die einen Durchmesser von 0,0041 mm, bei 0,0037 mm Kerndurchmesser, besitzen. Es sind dies augenscheinlich nicht die gewöhnlichen nervösen Körner der inneren Körnerschicht, doch darf man sie auch nicht, wenigstens noch nicht, als Ganglienzellen bezeichnen. Sie machen den Eindruck, als ob an ihnen grosse Neigung vorhanden wäre, Ausläufer, und zwar nach allen Richtungen, auszusenden: noch ist es aber zu nichts Anderem als zu allseitigen höckerartigen Auftreibungen gekommen: wirkliche Fortsätze finden sich niemals. Die Zellen treten daher auch weder unter sich, noch mit anderen Gewebeelementen in engere Verbindung. Ich glaube, dass diese Zellen, die ich einstweilen als „ganglienartige“ bezeichnen möchte, Elemente darstellen, die im Begriffe sind, aus nervösen Körnerzellen sich zu wirklichen Ganglienzellen weiterzuentwickeln, vielleicht, um später selbst eine Stelle in der nervösen Leitung einzunehmen. Ich erinnere hierbei an ganz ähnliche Zellen, die ich auf

verschiedenen Entwicklungsstufen der *Petromyzon*-Retina an anderem Platze zu beschreiben Gelegenheit gehabt habe.

c) die proximal folgende dritte Lage (Fig. 57.28) der inneren Körnerschicht, in einer Stärke von 0,0022 mm, wird lediglich durch das protoplasmatische Gerinnsel der Grundsubstanz gebildet, das keine besondere Differenzirung zeigt. Zellige Elemente besitzt diese Zwischenschicht keine, mit Ausnahme da und dort zerstreuter Stützzellen. Sie wird von den Fortsätzen der inneren Ganglienzellen, sowie den Müller'schen Fasern quer durchzogen. Verzweigungen der letzteren existiren im Bereiche dieser Zwischenschicht ebenfalls keine.

d) Die letzte, äusserste Unterabtheilung (Fig. 57.16) der inneren Körnerschicht hat eine Dicke von 0,0115 mm. Sie besteht aus einer doppelten Lage grosser Ganglienzellen. Dieselben sind kugelig, ihre Kerne desgleichen: sie haben einen Durchmesser von 0,0059, die Kerne von 0,0041 mm. Ausserdem finden sich in der distalen Hälfte der Schicht neben den grossen Ganglienzellen, freilich nicht allzu reichlich, noch einfache nervöse Körner. Dieselben sind oval und besitzen deutliche Zellmembran. Sie messen 0,0041 : 0,0032, ihre ebenfalls ovalen Kerne 0,0036 : 0,0029 mm. Die Ganglienzellen der Schicht stehen derartig mit einander in Zusammenhang, dass eine Zelle der inneren, distalen Reihe derselben stets mit einer, seltener mehreren, der äusseren, proximalen, durch einen Fortsatz in Verbindung tritt. Nach Lage und Function entsprechen sie den von mir des Oefteren beschriebenen „äusseren Ganglienzellen“ der inneren Körnerschicht, und ich möchte diese Bezeichnung auch hier festhalten. Die Zellen ihrer inneren Reihe nehmen die Hauptausläufer der „inneren Ganglienzellen“ in sich auf: die Zellen der äusseren Reihe senden ihrerseits proximalwärts je einen Fortsatz, durch welchen sie mit Elementen der äusseren Körnerschicht in Verbindung treten. Ausser den Hauptfortsätzen schicken die äusseren Ganglienzellen noch schwächere Ausläufer nach allen Seiten; es ist mir indessen nicht gelungen, festzustellen, ob sie dadurch unter einander noch in weitere Beziehung treten.

Die direkte nervöse Leitung, die bei den meisten der in vorliegender Arbeit von mir untersuchten Thiere im Gebiete der inneren Körnerschicht eine — thatsächliche oder scheinbare — Unterbrechung erlitt, ist in der Retina von *Typhlops vermicularis* also nicht gestört, es sind vielmehr die „inneren“ mit den „äusseren“ Ganglienzellen der Schicht durch Zellfortsätze verbunden.

Es folgt:

5) Die Granulosa externa (Fig. 57. 91).

Sie ist, 0,0022 mm dick. Näheres über sie bei Besprechung der Müller'schen Fasern.

Hieran schliesst sich:

6) Die äussere Körnerschicht.

Dieselbe hat, gemessen von ihrem distalen Rande bis zur Spitze der längsten Schzellen, eine Mächtigkeit von 0,0324 mm, ist also die stärkste Schicht der Netzhaut. Sie setzt sich aus einer ganzen Reihe verschiedenartiger Elemente zusammen.

Der distale Rand der Schicht wird von einer einfachen Lage von Ganglienzellen (Fig. 87 ZG) eingenommen, die ziemlich dicht an einander gelagert sind. Dieselben sind kugelig; sie haben einen Durchmesser von 0,0063 mm, ihre Kerne von 0,0052 mm. Sie senden nach allen Seiten, besonders aber distalwärts feine, kurze Ausläufer, ohne dass sich jedoch eine Verbindung derselben mit anderen Zellen constatiren liesse. Durch einen Hauptausläufer stehen sie mit den Zellen der proximalen Lage der „äusseren Ganglienschicht“ in Verbindung und treten selbst wieder mit den distal von ihnen gelegenen Kornzellen in Connex.

Die Hauptmasse der äusseren Körnerschicht wird durch die Schelemente und deren Kornzellen gebildet.

Von Schzellen lassen sich in der *Typhlops*-Retina zwei, ihrem Bau nach ziemlich verschiedene Arten unterscheiden. Es sind jedoch in beiden Fällen Zapfen, von denen die der einen Serie, die grösseren, mit ihren Körnern näher an dem lediglich die Grenze der protoplasmatischen Zwischensubstanz der Schicht zum Ausdruck bringenden Margo limitans externus, die der anderen, die kleineren, mit ihren Kornzellen mehr in der Tiefe der Schicht liegen. Stäbchen kommen keine vor.

Die Schzellen der ersten Serie (Fig. 87 Z) setzen sich zusammen aus: Kornzelle, Stiel, Mittelglied, Endglied.

Die Kornzelle (Fig. 88 K) ist oval; sie zeigt die Maassverhältnisse 0,0066 : 0,0048, ihr Kern 0,0059 : 0,0044 mm. Nach hinten, d. h. distalwärts, zieht sie sich in einen Fortsatz aus, durch welchen sie, wie schon bemerkt, mit einer der Zwischenganglienzellen in Zusammenhang tritt. Dabei ist bald nur eine einzige Schzelle in Verbindung mit einer Ganglienzelle, bald vereinigen sich mehrere von den ersteren auf eine einzige der letzteren. Proximal geht die Kornzelle in den bei dieser Serie sehr kurzen Stiel über, der eine Länge von nur 0,0007 mm hat.

An ihn schliesst sich, mit allmählichem Uebergang, das Zapfenmittelglied (Fig. 88 Mgl) an, das etwa tonnenförmige Gestalt hat. Es ist 0,0051 mm lang und hat in der Mitte seiner Länge die grösste Dicke mit 0,0037 mm. Gegen Aussen verjüngt es sich wieder auf 0,0035 mm.

Das Endglied (Fig. 88 Edgl) erscheint in das Mittelglied gleichsam eingelassen, indem sein convexer Distalrand dem entsprechend concaven proximalen des Mittelgliedes unmittelbar anliegt. Das Endglied hat die Form eines in eine scharfe Spitze auslaufenden Kegels. Seine Basisdicke entspricht mit 0,0035 mm der Breite der proximalen Grenze des Mittelgliedes, seine Länge beträgt 0,0066 mm.

Das Zapfenkorn (Fig. 87 ZK) selbst ist aus sehr grobkörnigem, dichtem, dunklem Protoplasma gebildet. Den Körper der Kornzelle bildet äusserst feines Protoplasma, das sich nur gegen den Stiel hin und in diesem selbst etwas verdichtet. Das Zapfenmittelglied ist von noch etwas dunklerem, aber immer sehr feinkörnigem Protoplasma erfüllt, besonders in seinen centralen und dem Stiele näher gelegenen Theilen. An der Grenze gegen das Endglied hin, sowie in den Randpartien erscheint das Mittelglied bedeutend dunkler. Das Protoplasma des Endgliedes ist sehr hell, noch heller, als das der Kornzelle; nur in der Spitze wird es wieder etwas dunkler und erreicht dort etwa die Dichtigkeit der distalen Theile des Mittelgliedes.

Auch an den Schzellen der zweiten Serie (Fig. 88 Z') lassen sich die vier Theile: Kornzelle, Stiel, Mittelglied, Endglied unterscheiden.

Die Kornzellen (Fig. 55 *K'*) liegen etwas tiefer in der Retina, doch wäre es nicht ganz richtig, wollte man sagen, sie liegen hinter denjenigen der ersten Serie. Sie nehmen vielmehr die Zwischenräume zwischen diesen ein, doch in der Art, dass ihre distalen Enden höchstens bis zum Aequator, meist nur bis zum proximalen Ende des distalen Drittels der Kornzellen jener Serie heraureichen. Form und Grösse der Kornzellen sind in beiden Serien dieselben.

Der Zapfenstiel (Fig. 55 *St*) hat in der zweiten Serie eine bedeutende Länge, durchschnittlich 0,0052 mm erreicht. Das sich ebenfalls in allmählichem Uebergang anschliessende Mittelglied (Fig. 55 *Mgl*) ist etwas schlanker. Es misst etwa in der Mitte seines Verlaufes 0,0026 mm und behält diese Dicke bis zu seiner Grenze bei, verjüngt sich also nicht, wie dies in der ersten Serie der Fall. Der proximale Rand ist nur wenig eingesenkt, und entsprechend ist die Convexität des distalen Theils des Endglieds nur gering. Die Länge des Mittelglieds beträgt 0,0066 mm, die des ebenfalls kegelförmigen, doch nicht ganz so spitz, wie bei der ersten Serie auslaufenden Endglieds (Fig. 55 *Edgl*) 0,0011 mm.

Auch in Betreff der Anordnung des protoplasmatischen Inhalts zeigt die Kornzelle (Fig. 57 *ZK'*) der zweiten Serie keine Verschiedenheit von der der ersten.

Der Stiel jedoch ist viel trüber, und das Mittelglied von zwar ebenfalls ganz feinkörnigem, aber sehr dichtem Protoplasma erfüllt: viel dunkler, als es in der Schzelle der ersten Serie, natürlich mit Ausnahme des Kornes, irgendwo vorkommt. Besonders gegen das proximale Ende des Mittelgliedes hin, in den peripherischen Partien schon etwa von der Mitte des Verlaufes an, erreicht sein Inhalt einen sehr hohen Grad von Dichtigkeit und damit Dunkelheit der Färbung. Der Anfang des Endglieds, d. h. etwa sein distales Fünftel, ist sehr hell, ungefähr, wie dieselben Partien in der ersten Serie, die Spitze wird aber rasch wieder dunkel und erreicht bald hinsichtlich der Dichtigkeit ihres Inhaltes ungefähr den Grad der distalen Hälfte des Mittelglieds.

Der schmale Raum zwischen den Zwischenganglienzellen und den Zapfenkornzellen beider Serien wird ausgefüllt durch da und dort eingestreute Zellen, die in ihrem Bau den Kornzellen selbst sehr ähnlich sind, jedoch keine Verbindung mit Schelementen, oder mit Zwischenganglienzellen besitzen. Sie haben ebenfalls ovale Form und messen 0,0051 : 0,0018, ihre Kerne 0,0051 : 0,0014 mm. Ich sehe in ihnen Reservezellen (cfr. *Petromyzon*), die sich im Lauf ungestörter Entwicklung ebenfalls zu Schzellen umgebildet haben und in diesem Falle wohl auch, und zwar wahrscheinlich schon etwas früher, mit den Ganglienzellen in Verbindung getreten sein würden. Sie hatten also die Bestimmung, die im Laufe des weiteren Augenwachsthums nöthig werdende Vermehrung der Schzellen, wohl auch den Ersatz für etwaige in Abgang gekommene ältere, zu ermöglichen.

Was nun den Umstand betrifft, dass sich im Auge von *Typhlops vermicularis* zwei Arten von einander sehr verschiedener Zapfen finden, so möchte ich die Vermuthung aussprechen, dass es sich hier (genau wie bei *Petromyzon*) um Schzellen verschiedenen Alters handelt. Diejenigen mit den von dem Margo limitans externus entfernter liegenden Kornzellen haben erst später die Endapparate entwickelt, d. h. es ist noch weniger Zeit verstrichen, seit sie selbst noch als Reservezellen in der Tiefe der äusseren Körnerschicht lagen. Sie sind deshalb noch nicht so nahe an den Margo limitans externus vorgedrungen, wie die Elemente der ersten, augenscheinlich älteren, Serie, und die von ihnen aus entwickelten Zapfen sind noch kleiner und weniger differenzirt. Später würde sich dann wohl die ganze Anlage mehr in das

Niveau geschoben haben, das jetzt die Zellen der ersten Serie einnehmen. Das Mittelglied hätte sich unter Hereinziehung des grössten Theils des Stiels erweitert, das Endglied in eine feine Spitze ausgezogen. Das früher dicht gedrängte Protoplasma wäre lockerer und heller geworden u. s. f.

Es handelt sich bei dem Gesagten, da, wie bemerkt, mir kein entwicklungsgeschichtliches Material zur Verfügung stand, nur um Vermuthungen, doch glaube ich mit denselben von der Wirklichkeit nicht allzuweit entfernt zu sein, wenn ich annehme, wie grosse Uebereinstimmung die beiden Zapfenserien von *Typhlops* in ihrem Bau mit denselben Organen von *Petromyzon* aufweisen, wo sich der Entwicklungsprocess der Sehzellen in einer, der geschilderten wenigstens sehr ähnlichen, Weise vollzieht.

Weitere Bestandtheile der Retina sind noch:

7. Die Stützfaseru und Stützzellen Fig. 83, 86, 87, 91.

Die Stützfaseru oder Müller'schen Faseru ziehen sich quer durch die ganze Netzhaut. Sie gehen aus von den der Retina angrenzenden peripherischen Theilen des Glaskörpers, mit deren Faserzügen sie im Zusammenhang stehen. Ist bereits dort eine *Limitans interna* differenzirt, so nehmen sie, wie oben gesagt, an dieser ihren Ursprung. Sie ziehen sich darauf, ziemlich gerade verlaufend, quer durch die Opticusfaserschicht, weiterhin die Opticusganglienschicht, die *Granulosa interna* und die gesammte innere Körnerschicht, ohne irgendwo Seitenzweige abzugeben. Erst im Gebiete der *Granulosa externa* beginnt eine weitgehende Verästelung der Faseru, und zwar in so hohem Maasse, dass geradezu die ganze Schicht von den Zweigen der Stützfaseru (Fig. 91) gebildet zu sein scheint. Bei genauerer Untersuchung zeigt es sich jedoch, dass ausserdem in ihr noch ein zweites Fasersystem oder, besser gesagt, Netzwerk existirt, das aus ganz feinen Körnchenzügen gebildet wird. In den Kreuzungspunkten dieser Züge finden sich häufig kleine Ansammlungen dichterem, festerem Protoplasmas, die sich oft zu kleinen Kernchen zusammengeballt haben. Die feinen Zweige der Müller'schen Faseru anastomosiren oft unter sich, ebenso hängen die Züge der Körnchen unter sich zu einem geschlossenen Netze zusammen, eine Verbindung der beiderseitigen Maschenwerke konnte ich jedoch nicht constatiren.

Nachdem die Stützfaser die *Granulosa externa* verlassen hat, hört auch die Verästelung auf und sie durchläuft den Rest ihres Weges ohne jede Abgabe von Seitenzweigen. Zu bemerken ist dabei noch, dass die Faser immer ein und dieselbe bleibt: sie gibt zwar im Gebiet der *Granulosa externa* vielfache Seitenäste ab, verzweigt sich aber niemals in der Art, dass alsdann an Stelle der früheren einen Faser zwei oder mehrere ihren Weg fortsetzen würden. Der Stamm der Faser bleibt also immer erhalten.

Die Stützfaser durchzieht nun die äussere Körnerschicht, läuft neben den Sehzellen hin und bricht dann, etwa im Niveau der Spitzen derselben, ganz unvermittelt ab. Meine Ansicht über die Erklärung dieses plötzlichen Aufhörens und das weitere Schicksal der Müller'schen Faseru habe ich oben, bei Besprechung des Pigmentepithels, bereits mitgetheilt.

Stützzellen finden sich, theils den Stützfaseru dicht angelagert, theils ohne deren Begleitung, nur in der äusseren Hälfte der Retina. Sie fehlen in der Opticusfaserschicht, Opticusganglienschicht, *Granulosa interna* und der innersten Lage der inneren Körnerschicht. Erst im Gebiete der „ganglienzelligen“ Zellen sowie in der Zwischenschicht treten sie auf, werden zwischen den äusseren Ganglienzellen sehr häufig, fehlen aber dann der *Granulosa interna* beinahe und der Schicht der Zwischenganglienzellen

vollständig. Recht zahlreich finden sich die Stützzellen dann wieder zwischen den Reservezellen der äusseren Körnerschicht und kommen auch noch neben den Zapfenkörnern der zweiten Serie vor. Von da ab verschwinden sie jedoch gänzlich.

Die Länge der Stützzellen schwankt zwischen 0,0071 und 0,0103 mm, ihre Dicke zwischen 0,0123 und 0,0033 mm; der Kern hat eine Länge zwischen 0,0051 und 0,0074 mm, bei einer Stärke von 0,0015 bis 0,0022 mm.

Der Nervus opticus. Fig. 92.

Der Opticus ist eine Zusammenfassung der zunächst distalwärts gerichteten Fortsätze der Opticusganglienzellen. Diese Fortsätze, die Nervenfasern, ziehen sich hier, wie bei allen höher entwickelten Wirbelthieraugen, zunächst auf der Innenfläche der Retina gegen den Augenhintergrund hin und bilden in diesem Theile ihres Verlaufes die sog. Opticus-faserschicht. Im Augenhintergrund wenden sie sich dann mit meist scharfer Umbiegung proximalwärts und lenken in die Bahn des früheren Augenblasenstiels ein, wo sie sich zu einem Bündel, dem Opticus, sammeln. Soweit sie den auf der Innenfläche der Netzhaut liegenden Opticusganglien entstammen, gehen die Nervenfasern dann sämmtlich unter sich die bekannte Kreuzung ein. Es findet sich jedoch eine Fortsetzung der Opticusganglienschicht in der Weise, dass dieselbe, dem Verlaufe der Sehnerven folgend, sich in die Tiefe der Retina hinein schlägt und so um den intraretinalen Opticus eine Art Röhre bildet, die sich bis aufs Niveau der proximalen Grenze der inneren Körnerschicht verfolgen lässt. Die Zellen dieser Fortsetzung der Opticusganglienschicht stehen durch ihre von der einen Seite abgesandten Ausläufer ebenso, wie alle anderen Opticusganglienzellen in Beziehung zu den übrigen Netzhautlagen: nach der anderen Seite, also jetzt gegen den Opticus hin, senden auch sie einen stärkeren Fortsatz, die Nervenfasern aus. Diese Fasern betheiligen sich jedoch nicht an jener Kreuzung, sondern bilden, jede auf der Seite, von der sie her stammt, verharrend, die peripherischen Schichten des Sehnerven.

Während seines Verlaufes durch das Gebiet der Granulosa interna, wo auch die Faserkreuzung stattfindet, hat der Opticus eine Dicke von nur etwa 0,0122 mm; er nimmt jedoch rasch an Stärke zu, so dass dieselbe während seines Durchtritts durch die äussere Körnerschicht bereits auf 0,0286 mm angewachsen ist. Diese Dicke behält der Nerv dann auch noch extrabulbal, wenigstens soweit ich ihn habe verfolgen können, bei. Seine Normalstärke verhält sich somit zur Länge der Augenaxe wie 1 : 15,35, und zur Dicke der Netzhaut wie 1 : 2,87. Bei *Triploctonus* stellt sich dies Verhältniss auf 1 : 16,52 resp. auf 1,07 : 1.

Im Inneren des Opticus finden sich häufig Bindegewebsfasern und -Kerne, die zum Theil den in früherer Zeit in die fötale Augenspalte und deren Fortsetzung auf den Augenblasenstiel eingewanderten Massen ihr Dasein verdanken dürften, vor Allem aber wohl als perivasculäres Bindegewebe aufzufassen sind.

Die Arteria centralis Retinae ist sehr stark entwickelt und lässt sich durch den ganzen intraretinalen Verlauf des Opticus bis zu ihren Verzweigungen im Glaskörper verfolgen.

Auch bei *Typhlops* findet sich das eigenthümliche Arrangement nervöser Kerne (Fig. 92 UZ) um den intrabulbalen Opticus. Hier handelt es sich jedoch nicht um eine geschlossene Röhre, sondern um eine, dem dorsalen Theil des Sehnerven zwischen äusserer Körnerschicht und Chorioidea dachartig aufsitzende Halbröhre. Sie wird gebildet aus einer einfachen Lage ovaler Kerne, die am meisten Aehnlichkeit mit den „inneren Körnern“ oder den Reservezellen der äusseren Körnerschicht haben, auch mit letzterer im Zusammenhang zu stehen scheinen. Ventral fehlt diese Gruppierung vollständig.

Sofort nach dem Durchtritt durch das Pigmentepithel erhält der Opticus seine innere, piale Scheide, die sich als direkte Fortsetzung der hier deutlich erkennbaren „Zwischenmembran“ auf den Nerven darstellt. Während des Hinziehens durch die Sclera bekommt er dann auch noch seine äussere, durale Umhüllung, die in untrennbarem Zusammenhang mit den äussersten unpigmentirten Lagen der Sclera steht. Sie ist ziemlich dick und besteht, wie diese, aus dichtgelagerten, wenig gewellten Bindegewebszügen mit länglichen Kernen.

Das Auge von *Typhlops braminus*.

Durch die Güte meines hochverehrten Lehrers, des Herrn Geh.-Rath Leuckart war mir Gelegenheit geboten, auch ein Auge von *Typhlops braminus* zu untersuchen.

Dasselbe weicht in seinem Bau nur unbedeutend von dem des *Typhlops vermicularis* ab, und kann ich mich daher darauf beschränken, diese Abweichungen kurz anzugeben. Vor Allem erhält man oft wesentlich andere Maasse.

Das Thier hatte eine Länge von 12,3 cm.

Der Bulbus oculi (Fig. 93) hat bei *Typhlops braminus* eine Tiefe von 0,3010, eine Höhe von 0,2479 mm. Die Länge der Augenaxe verhält sich also zur Thierlänge wie 1 : 408,66, ein Verhältniss, das dem für *Typhlops vermicularis* gefundenen so ziemlich entspricht. Das Volum des das Auge darstellenden Rotationsellipsoids beträgt 0,0039 ebmm. Die Axen desselben verhalten sich zu einander wie 1 : 1,25.

Die „Brille“ vor dem Auge hat eine Dicke von 0,058 mm. Dazu kommt noch, dass das, von Aussen ganz unsichtbare, Auge noch weiterhin von zwei Schuppen bedeckt wird, die, in der verlängerten Augenaxe gemessen, eine Stärke von 0,0124 mm die innere, und 0,0052 mm die äussere besitzen. Alle das Auge deckenden Schichten zusammengenommen haben demnach eine Mächtigkeit von 0,0756 mm, und es verhält sich diese zur Länge der Augenaxe wie 1 : 3,98. Dieselbe Vergleichung ergab bei *Typhlops vermicularis* 1 : 10,77, die Deckschicht des *braminus*-Auges ist also im Verhältniss fast dreimal so stark.

Die Gesamtdicke der Brille vertheilt sich auf deren einzelne Lagen folgendermassen: Conjunctiva 0,0019 mm, Cutis 0,0195 mm, Epidermis 0,0396 mm und zwar Rete Malpighii 0,0039 mm, Stratum relaxatum 0,0061 mm, Stratum corneum 0,0247 mm, Cuticula 0,0019 mm, wozu noch die beiden Schuppen in der oben angegebenen Stärke zu rechnen sind.

In einer an die Deckschicht angrenzenden Partie der Kopfhaut hat die Cutis eine Mächtigkeit von 0,0398 mm, die Epidermis eine solche von 0,0196 mm. Vergleicht man die beiden Hautpartien mit einander, wobei jedoch die Stärke der Conjunctiva in der augendeckenden ausser Acht zu lassen ist, so ergibt sich, dass diese Gewebslagen in der Brille eine Verdünnung erfahren haben, die hauptsächlich auf Rechnung der Cutis zu setzen ist, während die Epidermis an Mächtigkeit nur wenig verloren hat. Die, verhältnissmässig geringe, Verdünnung der Epidermis ist auch hier fast ausschliesslich auf Kosten des Rete Malpighii zustande gekommen.

Die Cornea hat eine Gesamtstärke von 0,0015 mm. Ihre Dicke verhält sich zur Augentiefe wie 1 : 66,88 (bei *Typhlops vermicularis* wie 1 : 55,36). Was ihren feineren Bau betrifft, so ist zu bemerken, dass sie entschieden weiter zurückgeblieben ist, als bei *Typhlops vermicularis*. Ihre Faserzüge sind mehr gewellt, vor Allem ist die Membrana Descemetii noch nicht zur wirklichen Membran geworden, sondern praesentirt sich als einfache Lage sehr langgestreckter und dünner Zellen mit entsprechenden Kernen.

Sclera und Chorioidea (Fig. 82) lassen sich nicht von einander trennen. Es ist eine einzige Haut, die in ihren distalen, inneren Partien ziemlich locker und wellig angelegt, in den proximalen, äusseren, ein wenig straffer geschichtet erscheint. Die inneren Partien sind kernreich und führen kleine Gefässe; auch einzelne Muskelfasern lassen sich nachweisen. Der äussere Theil der Sclero-Chorioidea ist ärmer an Kernen: dieselben sind überdies kleiner. Etwa in der Mitte der Schicht zeigt sich stellenweise leichte Pigmentirung, wodurch der spätere Ort einer Lamina fusca, von der aber sonst noch jede Spur fehlt, angedeutet sein mag. Die Sclero-Chorioidea hat im Augenhintergrund eine Dicke von 0,0118 mm, verhält sich also zur Länge der Augenaxe wie 1 : 20,33 (bei *Typhlops vermicularis* wie 1 : 38,58) und stimmt hierin mit den Verhältnissen des *Tropidonotus* überein, wo dieselbe Vergleichung die Zahlen 1 : 21,63 ergibt.

Am inneren Rande der Sclero-Chorioidea lässt sich überall eine deutlich differenzirte Zwischenmembran nachweisen. Bei genauerer Untersuchung zeigte diese noch ihre Zusammensetzung aus einzelnen, überaus feinen Lamellen, ausserdem liegt ihr noch eine Anzahl länglicher Kerne, besonders an der proximalen Fläche, dicht an. Ob sie in Beziehung zu den Müller'schen Fasern steht, lässt sich leider nicht feststellen, da die Haut dem stark pigmentirten Pigmentepithel immer dicht anliegt, zuweilen auch von dessen Pigmentmassen noch verdeckt wird.

Die Linse (Fig. 81a, 93) hat eine Tiefe von 0,1452, eine Höhe von 0,1399 mm, ihr Volumen beträgt 0,0015 cbmm. Linsentiefe verhält sich zu Bulbustiefe wie 1 : 2,07; Linsenvolum zu Bulbusvolum wie 1 : 3,6. Nimmt man nun als feststehend an, dass in der Wirbelthierreihe eine im Vergleich zum ganzen Auge grosse Linse einen embryonalen Standpunkt bezeichnet, so ergäbe sich aus den für die hier in Betracht kommenden Schlangen gefundenen Zahlen, dass das Auge von *Typhlops vermicularis* das am weitesten fortgeschrittene wäre: erst in zweiter Linie käme dann das *Tropidonotus*-Auge und endlich das des *Typhlops braminus*. Freilich gilt dies blos, so lange man die Ausbildung der Linse, und auch da nur hinsichtlich ihrer Grössenverhältnisse, als Maassstab annimmt. Im Bau weicht die Linse des *Typhlops braminus* von derjenigen des *Typhlops vermicularis* nicht ab; höchstens sind ihre Fasern nicht ganz so dünn und ihre Kerne ein klein wenig grösser.

Der Glaskörper (Fig. 91V) zeigt in noch höherem Grade einen faserigen Bau. Es finden sich in seinen Gewebszügen auch ausserhalb des perivasculären Bindegewebes da und dort kleine Kerne. Von einer Membrana limitans interna zeigt sich keine Spur.

Das Pigmentepithel hat etwa dieselbe Stärke, wie bei *Typhlops vermicularis*, nämlich 0,0133 mm, ist also im Vergleich zur Grösse des Auges erheblich stärker, als dort. Seine Dicke verhält sich nämlich wie 1 : 22,63, während sich dies Verhältniss bei *Typhlops vermicularis* auf 1 : 33,53 stellt. Die Fortsätze der Pigmentepithelzellen überschritten niemals die Länge von 0,0037 mm. Die Grösse der Zellen selbst

und ihrer Kerne liess sich wegen der dichten Pigmentirung auch hier nicht feststellen. Dagegen war in vielen Fällen deutlich zu constatiren, dass die Müller'schen Fasern ohne Zerreissung von der Retina sich bis an das Pigmentepithel erstreckten, zwischen dessen Pigmentmassen sie dann verschwanden.

Die Retina hat im Augenhintergrund eine Stärke von 0,0698 mm. Sie setzt sich aus den typischen Schichten zusammen. Von Innen nach Aussen betrachtet kommt also zunächst die Opticus-faserschicht, 0,0023 mm breit, hieran schliesst sich die Opticusganglienschicht mit 0,0096 mm, dann die Granulosa interna 0,0059 mm, die innere Körnerschicht 0,0118 mm, die Granulosa externa 0,0044 mm, und endlich die äussere Körnerschicht mit den Sehzellen 0,0328 mm stark.

Die Elemente der Opticusganglienschicht [Fig. 94 OG] sind erheblich grösser, als bei *Typhlops vermicularis*: sie haben einen Durchmesser von 0,0089 mm, ihre Kerne von 0,0074 mm.

Die einzelnen in der Granulosa interna Fig. 94 EG liegenden Ganglienzellen, die „eingeschobenen Ganglienzellen“ haben einen Durchmesser von 0,0063 mm, ihre Kerne besitzen einen solchen von 0,0055 mm. Diese Ganglienzellen sind viel weniger zahlreich, als bei *Typhlops vermicularis*, ein Umstand, der mir ebenfalls für die Richtigkeit meiner oben geäusserten Ansicht zu sprechen scheint, dass die fragl. Ganglienzellen in der *Typhlops*-Retina als relativ junge, erst secundär in die nervöse Leitung sich einschubende Elemente zu betrachten seien. Würden sie nicht Theile einer in der Bildung begriffenen Einrichtung, sondern im Gegentheil Reste eines in der Hauptsache bereits wieder geschwundenen Apparates darstellen, der auf früheren Entwicklungsstufen in voller Ausdehnung thätig war, so müssten sie sich bei der in der Ausbildung zweifellos hinter derjenigen des *Typhlops vermicularis* bedeutend zurückstehenden Retina von *Typhlops braminus* jedenfalls zahlreicher, nicht aber seltener finden.

Die innere Körnerschicht [Fig. 94 IK] ist viel einfacher, als bei *Typhlops vermicularis*. Eine Eintheilung in verschiedene Lagen, wie dort, lässt sich noch entfernt nicht aufstellen. Sie setzt sich lediglich aus zwei Reihen ganz gleicher Ganglienzellen (Durchmesser 0,0052, Kern 0,0037 mm) zusammen, die ich als die „inneren“ resp. „äusseren“ Ganglienzellen in Anspruch nehme. Dazwischen finden sich vereinzelt die nervösen Körner der inneren Körnerschicht noch als deutliche ovale Zellen (Durchmesser 0,0055 : 0,0037, Kern 0,0044 : 0,0029 mm).

Die übrigen Retinaschichten unterscheiden sich, abgesehen von den etwas abweichenden Stärkeverhältnissen, nicht von den entsprechenden Netzhautlagen bei *Typhlops vermicularis*. Die nervöse, direkte, Leitung zwischen Opticusganglienzellen und Sehelementen durch Nervenfasern und Ganglienzellen ist auch hier continuirlich nachweisbar.

Der Sehnerv zeigt im Bau ebenfalls keine Abweichung. Nur ist er viel schwächer: er misst beim Austritt aus der inneren Körnerschicht bloss 0,0192 mm. Seine Stärke verhält sich also zur Augentiefe wie 1 : 15,21, zur Dicke der Retina wie 1 : 3,63. Bei *Typhlops vermicularis* ergeben diese beiden Vergleiche die Ziffern 1 : 15,38 resp. 1 : 2,57.

Vergleichung der Stärkeverhältnisse der Retinaschichten.

Auch für die Netzhaut führt die Vergleichung der Mächtigkeitsverhältnisse bei *Typhlops vermicularis*, *Typhlops braminus* und *Tropidonotus natrix* vielfach zu interessanten Resultaten. Ich wähle zur

Darstellung derselben die Form der Tabelle und vergleiche die Dicke der verschiedenen Retinaschichten bei den drei Ophidiern in der ersten Tabelle (A) mit der Länge der Augenaxe Augentiefe, in der zweiten (B) mit der Stärke der ganzen Retina.

Tabelle A.

Die einzelnen Retinaschichten verhalten sich in ihrer Stärke zur Augentiefe wie 1 : n, und zwar	<i>Typhl. vermicularis</i> Augentiefe: 0,499 mm	<i>Typhl. braminus</i> Augentiefe: 0,301 mm	<i>Tropidon. natrix</i> Augentiefe: 0,5541 mm
Opticusfaserschicht	244,3	130,6	795,1
Opticusganglienschicht	54,3	31,35	768,68
Granulosa interna	28,38	33,82	83,74
Innere Körnerschicht	19,9	25,51	59,53
Granulosa externa	199,95	68,41	115,57
Aeusserer Körnerschicht bis zur Membr. limitans externa resp. zum Margo limitans externus	25,87	10,86	250,67
Schelemente, gemessen von der Membrana resp. dem Margo aus	28,56	22,63	232,19
Gesamttretina	5,36	4,31	19,19

Tabelle B.

Die Stärke der einzelnen Schichten verhält sich zur Dicke d. Gesamttretina wie 1 : n, und zwar.	<i>Typhl. vermicularis</i> Retinadicke: 0,0821 mm	<i>Typhl. braminus</i> Retinadicke: 0,0698 mm	<i>Tropidon. natrix</i> Retinadicke: 0,1331 mm
Opticusfaserschicht	15,61	30,35	41,59
Opticusganglienschicht	10,11	7,27	9,31
Granulosa interna	5,29	7,84	4,36
Innere Körnerschicht	3,71	5,91	3,10
Granulosa externa	37,32	15,86	6,02
Aeusserer Körnerschicht bis zur Membr. limitans externa resp. dem Margo limitans externus	1,83	3,77	14,62
Schelemente von der Membrana resp. dem Margo aus gemessen	5,33	5,25	12,10

Die in beiden Tabellen niedergelegten Zahlen sprechen für sich, und dürfte weitere Ausführung derselben wohl überflüssig sein.

Nachschrift.

Zu spät, als dass ich sie noch im Texte hätte berücksichtigen können, kamen die Untersuchungen von His^{*}, Cajal^{**}) und Retzius^{***}) zu meiner Kenntniss. Ich werde auf dieselben im zweiten Theile der vorliegenden Arbeit näher eingehen und bemerke hier nur Folgendes:

Man wird sich erinnern, dass ich im Vorhergehenden in der Netzhaut von mehreren der untersuchten Thiere, und zwar im Gebiete der inneren Körnerschicht, eine Unterbrechung der direkten nervösen Leitung (zwischen Sehzelle und Sehnerv) habe constatiren müssen. Zur Erklärung dieser Erscheinung habe ich zwei Möglichkeiten neben einander gestellt. Entweder sollten nämlich die von den „äusseren“ und den „inneren“ Ganglienzellen gegen einander ausgesandten Fortsätze nicht mit einander in Verbindung stehen und dafür die protoplasmatische Zwischensubstanz der Schicht leitungsvermittelnd wirken, oder aber es sollte ein Anastomosiren der betreffenden Ausläufer allerdings stattfinden (so z. B. Kölliker[†]), aber erst nachdem sich dieselben in so feine Verästelungen aufgelöst hätten, dass es unmöglich geworden wäre, die Vereinigung auch bei Anwendung der stärksten Vergrösserungen und aller sonstigen technischen Hilfsmittel zu sehen. Hierzu käme nun, nach den Untersuchungen der genannten Forscher, noch eine dritte Möglichkeit. Man hätte sich die Leitung weder durch Hilfe der Zwischensubstanz noch durch Anastomosen hergestellt zu denken, sondern lediglich dadurch, dass die fein verästelten Fortsätze jener beiden Ganglienzellenlagen sich, ohne zu verschmelzen, einfach an einander legen, eine Leitung also durch Contact zu Stande käme, wie eine solche von Cajal, Retzius etc. für die Retina, wie für andere nervöse Organe, beschrieben worden ist.

* W. His. Histogenese und Zusammenhang der Nervenlemente. in Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abtheil. Suppl.-Bd. 1890.

** Ramon y Cajal. Significación fisiológica de las expansiones protoplasmáticas y nerviosas de las células de la sustancia gris. in: Rev. de Cienc. Méd. de Barcelona. N. 22 y 23. 1891.

— . Notas preventivas sobre la retina y gran simpático de los mamíferos. in: Gaceta Sanitaria. 15. Diciebre. 1891.

*** G. Retzius. Biologische Untersuchungen. N. F. III. 1892.

† v. Kölliker. Ueber den feineren Bau des Bulbus olfactorius. Referat in: Sitzungsber. d. Würzb. Phys.-med. Gesellsch. 1892.

Druck von Breitkopf & Hartel in Leipzig.

Erklärung der Tafeln.

Allgemeine Bezeichnungen.

- AG* Aeussere Ganglienzellen.
AK Aeussere Körnerschicht.
ASZ Zellen des Axenstranges im Opticus.
Art. centr. ret. Arteria centralis Retinae.
Art. hyal. Arteria hyaloidea.
Bdg Bindegewebe.
Br Brille.
C Cornea.
Ce Ciliarkörper.
Ch Chorioidea.
Cj Conjunctiva. *Cj-S* Conjunctivalsack.
Ct Cutis.
Cte Cuticula.
D oder *Dm* Duralscheide des Opticus.
Dr Drüse.
E oder *Ep* Epidermis.
EG Eingeschobene Ganglienzellen.
EM oder *Mp* Embryonale Pupillarmembran.
G oder *Geh* Gehirn.
Ge Granulosa externa.
Gf Blutgefäss.
Gi Granulosa interna.
HD(n) Harder'sche Drüse.
I Iris.
IG Innere Ganglienzellen.
IK Innere Körnerschicht.
K Knorpel.
Kn Koehen.
L Linse.
LE Linsenepithel.
Le Membrana limitans externa.
LF Linsenfaser.
Lf Lamina fusca.
LH Linsenhöhle.
Li Membrana limitans interna.
LK Linsenkapsel.
M Muskel.
Mcil Ciliarmuskel.
M. compr. Musculus compressor.
MD Membrana Descemetii.
MF Müller'sche Fasern.
Mh Membrana hyaloidea.
Mle Membrana limitans externa resp. Margo limitans externus.
M. mass. Musculus masseter.
M. retr. Musculus retractor.
Mp oder *ME* Embryonale Pupillarmembran.
N Nerv.
N V + III Vereinigung von Theilen des Oculomotorius mit Fasern des ersten Trigeminusastes.
N III Nervus oculomotorius.
N V Nervus trigeminus.
O Nervus opticus.
Oe Auge.
ODr Orbitadrüse.
OF Opticusfaser.
OFs Opticusfaserschicht.
OG Opticusganglienzellen.
Os fr. Os frontale.
Os max. Os maxillare.
os Musculus obliquus superior.
P oder *PM* Piale Opticusscheide.
PE Pigmentepithel.
pH oder *PCH* präcornealer Hohlraum.
p.H primäre Augenhöhle.
PrI oder *PIR* Iristheil der Retina.
R Retina.
Rm Rete Malpighii.
sbBdg subcutanes Bindegewebe.
Sc Sclera.
ScCh Sclero-Chorioidea.
Stc Stratum corneum.
Str Stratum relaxatum.
TDr Tentakeldrüse.
ThrG Thränengang.
UZ Umhüllungszellen am intrabulbalen Opticus.
V Glaskörper.
ZG Zwischenganglienzellen.
ZS Zwischenschicht.
ZM Zwischenmembran.

Tafel I.

Petromyzon Plancri.

Fig. 1 und 2. Austritt des Opticus aus dem Auge und Chiasma nervi optici.

Fig. 1 stellt das Verhalten bei einem Ammocoetes von 6,2 cm Thierlänge, Fig. 2 beim erwachsenen Petromyzon dar. Fig. 1 ist mit Rücksicht auf das sehr deutliche Chiasma nach einem Schnitte gezeichnet, der die Einschnürung des Sehnervs beim Durchtritt durch die Sclero-Chorioidea weniger klar erkennen lässt. In Fig. 2 ist die Arteria centralis nur in der eingeschnürten Partie zu sehen, auf Nachbarschnitten lässt sich das Gefäss bis in das Chiasma verfolgen. In beiden Figuren Uebergang der Pialscheide in die Zwischenmembran, der Dural-scheide in die äusseren Lagen der Sclero Chorioidea, resp. in die Sclera. Fig. 2. zeigt flache Opticuspapille, Fig. 1 an deren Stelle eine Einbuchtung.

Fig. 2a. Axenstrangzellen aus dem Sehnerv des erwachsenen Petromyzon; ihre Fortsätze und deren Verbindung mit der Pialscheide.

Fig. 3. Auge eines Ammocoetes, Thierlänge 6,2 cm.

Fig. 4. - - - - - 12,5 -

Fig. 5. - - - - - 17 -

Fig. 6. - - - - - 20 -

Fig. 7. - - - erwachsenen Petromyzon, Thierlänge 16 cm.

Fig. 3 bis 7: *A* Bezirk der höher entwickelten Sehzellen, *B* die eines solchen Bezirkes entbehrenden Netzhautpartien. Vergr. ca. 10.

Fig. 7a *b* Augentiefe, *c—d* Augenhöhe.

Fig. 8 bis 12. Die augendeckenden Hautpartien und zwar:

Fig. 8. bei einem Ammocoetes von 6,2 cm Thierlänge.

Fig. 9. - - - - - 12,5 - -

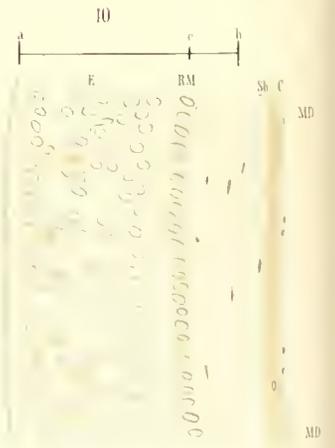
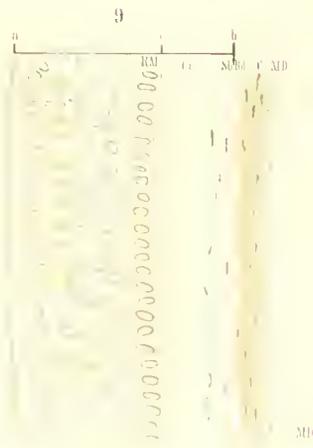
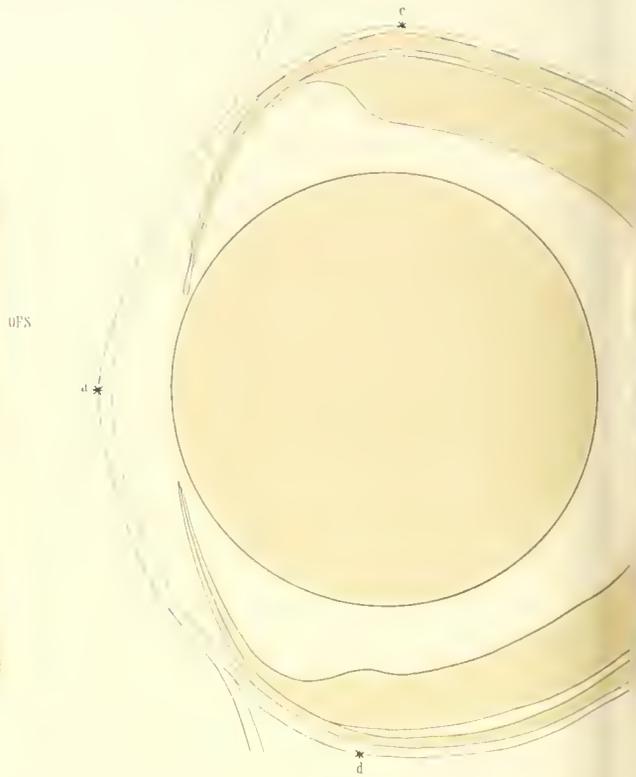
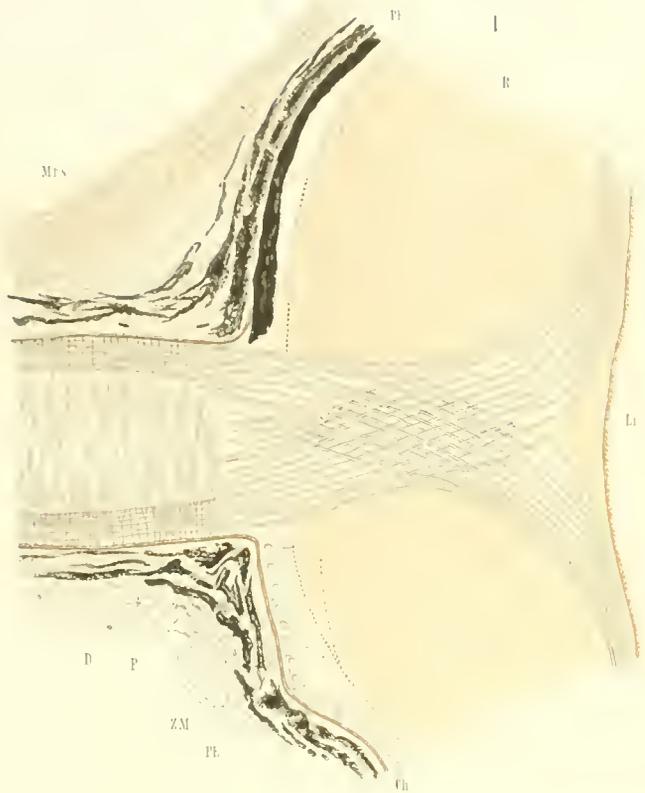
Fig. 10. - - - - - 17 - -

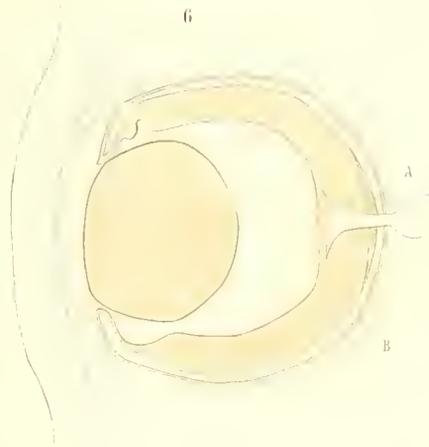
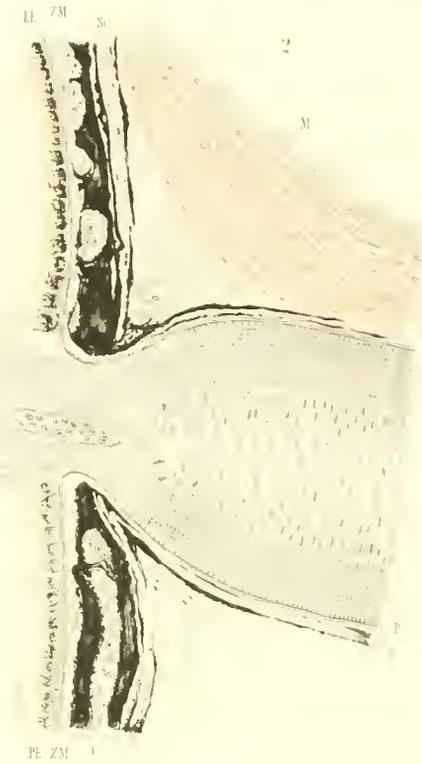
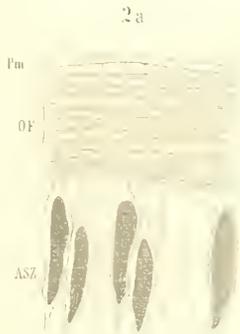
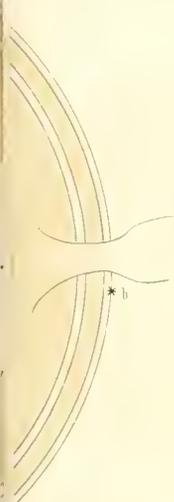
Fig. 11. - - - - - 20 - -

Fig. 12. erwachsenen Petromyzon von 16 cm Thierlänge.

a—b Dicke des Körperinteguments, gemessen an einer höher als das Auge am Schädel gelegenen Stelle. Davon *ac* Epidermis, *bc* Cutis. Vergr. der Fig. 8—12: 100.

Fig. 12a. *Myxine glutinosa*. Die räthselhafte Einbuchtung der Retina am proximalen Pol (*a*) und die entsprechende Verdickung des Pigmentepithels (*b*).





Tafel II. Petromyzon Planeri.

Fig. 13 und 14. Bildung der Linsenfasern aus d. Linsenepithel. Fig. 13 älteres, Fig. 14 jüngeres Stadium.

Fig. 15 bis 18. Linse und Augenbecherrand verschiedener Ammocoetes. Faserbildung und allmähliche Verdrängung der Linsenhöhle. Schliessung der fötalen Augenspalte und Umbildung des Bindegewebes, sowohl in letzterer, als dorsal, zwischen Linse und Augenbecherrand. Nur dorsale Pigmentirung des Pigmentepithels. Embryonale Pupillarmembran und Aufhängeapparat für die Linse. Uebergang von Zwischenmembran in Membr. limitans interna. Spaltung der Sclero-Chorioidea in drei Blätter.

Fig. 15. Ammocoetes. Thierlänge 6,2 cm. Vergr. 285.

Fig. 16. - - - 12,5 - - - 150.

Fig. 17. - - - 17 - - - 150.

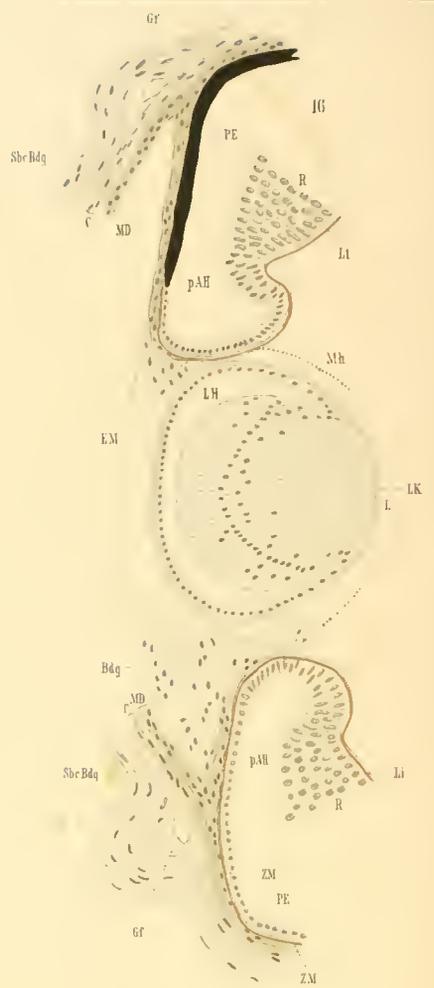
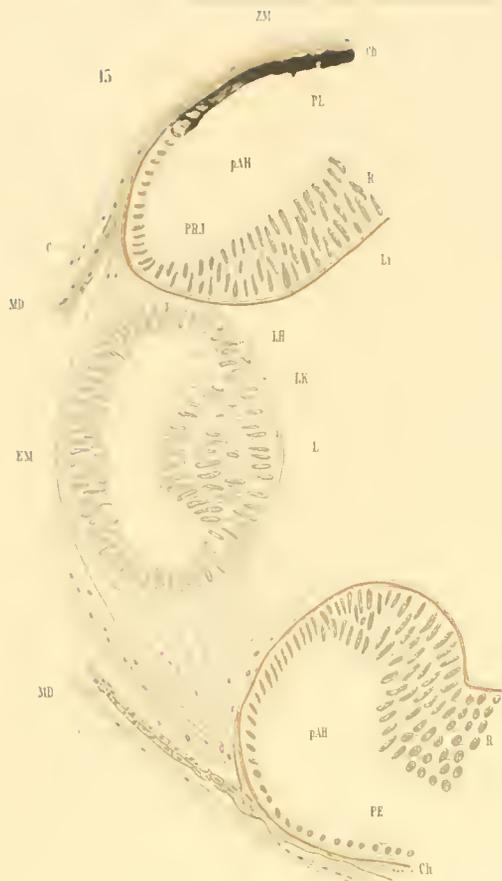
Fig. 18. - - - 20 - - - 100.

Fig. 19. Linse und Iris eines erwachsenen Thieres. Vergr. 350.

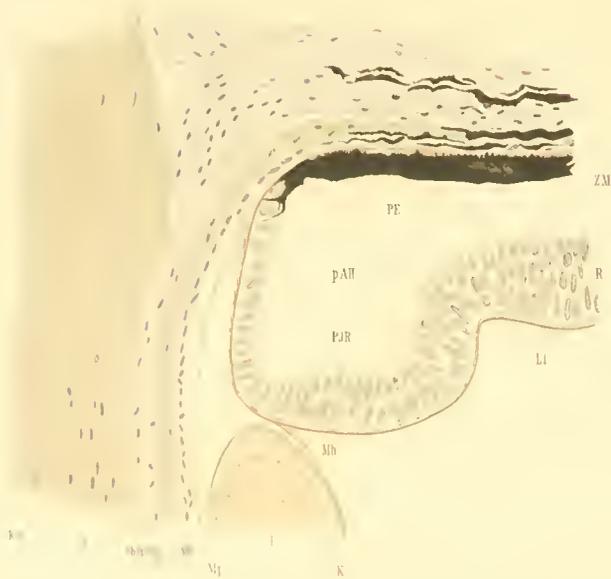
Fig. 20. Dorsaler Augenbecherrand eines Ammocoetes von 6,2 cm Thierlänge. Beide Blätter der secundären Augenblase noch durch weiten Raum, den Rest der primären Augenhöhle, getrennt. Vergr. 350.

Fig. 21. Iris und Cornea eines erwachsenen Petromyzon: zeigt letzten Rest der primären Augenhöhle, sowie schwach entwickelten Ciliarkörper und Ligamentum pectinatum. Die Cornea wird von den beiden Membranae elasticae bekleidet. Grosse hintere Augenkammer.

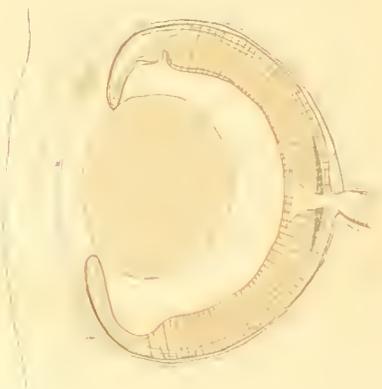
Fig. 22 stellt das bindegewebige Stütznetz für Retina und Opticus dar, die sich zwischen den Membranen. Limitans interna und Zwischenmembran, sowie der Duralscheide des Opticus gleichwie zwischen Ralmen aufgespannt findet. Die bindegewebigen Stütztheile sind roth gezeichnet.



20



22





Tafel III. Petromyzon Planeri.

Fig. 23 bis 28 und 31. *a* Pigmentepithel, *b* Sehzellen älterer, *b'* jüngerer Generation, *c* und *c'* die entsprechenden Zapfenkornzellen, *d* Granulosa externa, *e'* äussere Ganglienzellen, *e''* unverbundene Ganglienzellen zwischen den Zellen der vorigen Schicht (*e'*), *e* in die nervöse Leitung eingeschobene ganglienartige Zellen, *f* Zwischenganglienschicht, *g* Hauptganglienschicht, Opticusganglienschicht, *h* kernarme Schicht zwischen Hauptganglienschicht und innerer Körnerschicht, *i* innere Körnerschicht, auf höheren Stufen von Ammocoetes in eine proximale α und eine distale β Lage zerfallend, *k* Opticusfaserschicht, *l* Granulosa interna, *m* Membrana limitans interna oder die peripheren Bindegewebszüge des Glaskörpers, aus denen sie entsteht, *n* in Zerfall begriffene nervöse Körner, *1, 2, 5* Ganglienzellen, die der Reihe nach als Opticusganglienzellen functionirt haben resp. functioniren.

Fig. 23 bis 28. Querschnitte durch die Netzhaut. Vergr. 1000.

Fig. 23 und 27. Ammocoetes, Thierlänge 6,2 cm (Fig. 23 Retina A, Fig. 27 Retina B).

Fig. 24. Ammocoetes, Thierlänge 12,5 cm, Retina A.

Fig. 25 und 28. Ammocoetes, Thierlänge 20 cm (Fig. 25 Retina A, Fig. 28 Retina B).

Fig. 26. Netzhaut des erwachsenen Petromyzon.

Fig. 29. Pigmentepithelzellen mit ihren Fortsätzen: Zapfen, Zapfenkornzellen und Margo limitans externus beim erwachsenen Petromyzon.

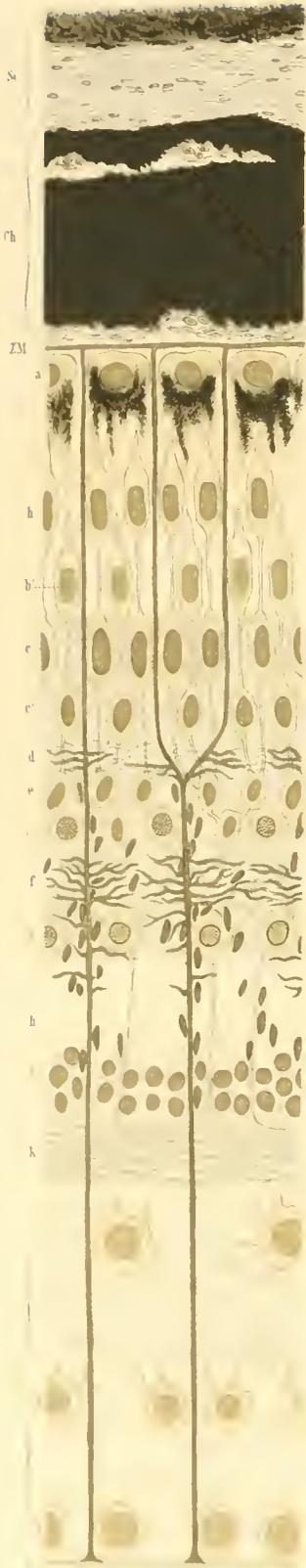
Fig. 30. Ansatz der Müller'schen Fasern an die Limitans interna. Verbindung der Stützfasern mit den Stützzellen.

Fig. 31. Nervöse Leitung zwischen den Opticusfasern und Sehzellen. Die punktirten Linien in Schicht *f* veranschaulichen die von mir nicht nachgewiesene Verbindung zwischen Opticusganglienzellen und äusseren Ganglienzellen. Schematisch. Entspricht etwa einem Ammocoetes von 17 cm Thierlänge.

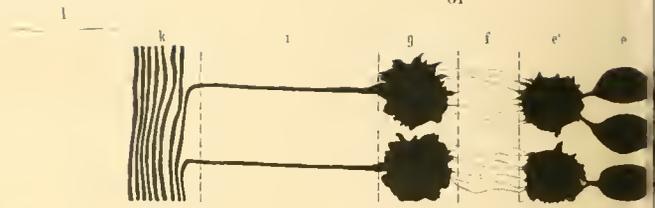
Fig. 32. Augenmuskelfasern, längsgeschnitten. *a* von einem Ammocoetes von 6,2 cm, *b* von 12,5 cm, *c* von 17 cm, *d* von 18,5 cm, *e* von 20 cm Thierlänge. Vergr. ca. 1500.

Fig. 33. Augenmuskelfasern des erwachsenen Petromyzon. *a* längsgeschnitten, eine „partiell-vollkommen“ gestreifte Faser: im glatten Theil schöne Kernhöfe, *b* ganz glatte Faser, längsgeschnitten, *c* und *c'* glatte Fasern, quergeschnitten, *d* eine möglicherweise nur äusserlich quergestreifte Faser im Querschnitt. Vergr. ca. 1500.

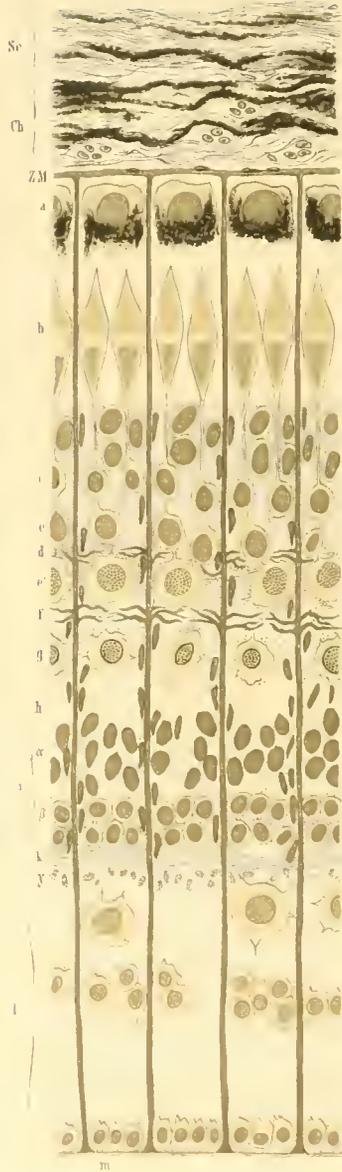
26



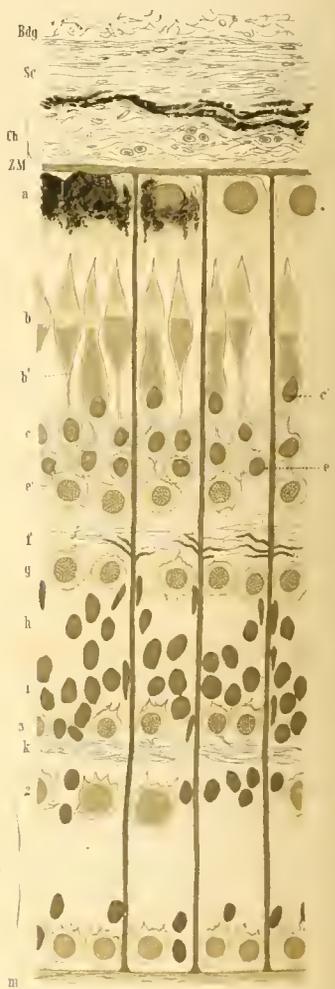
31



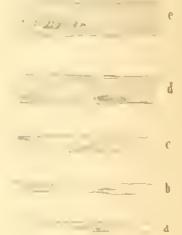
25

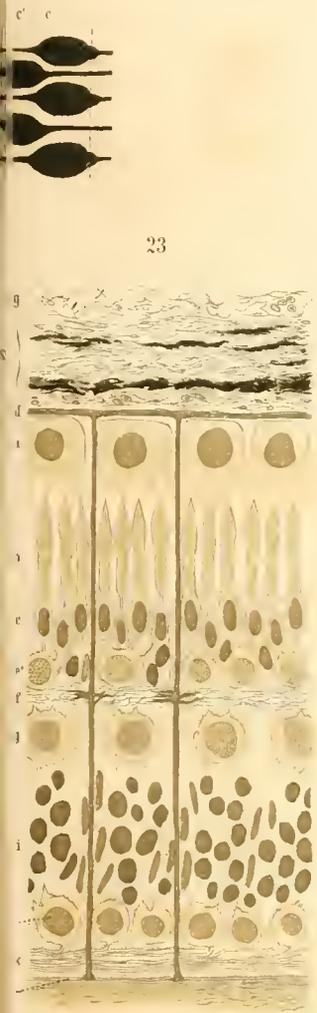


24

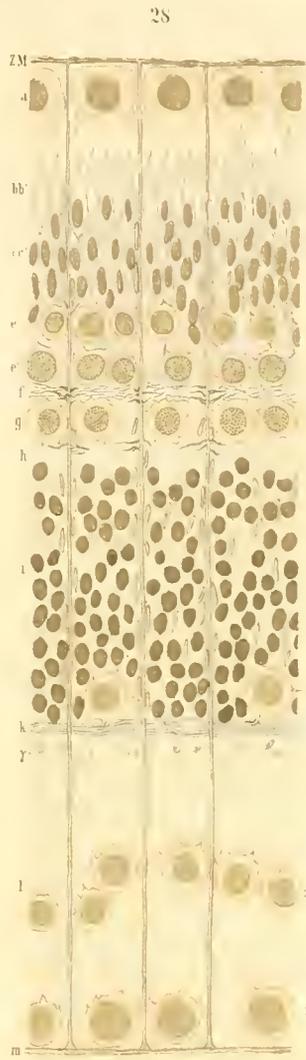


32

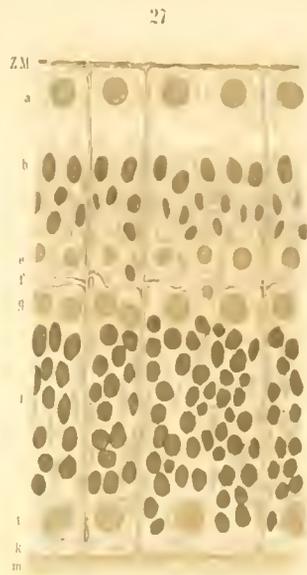




23



28



27

30



34



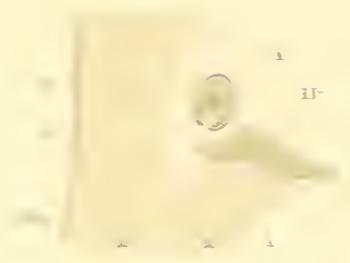
33

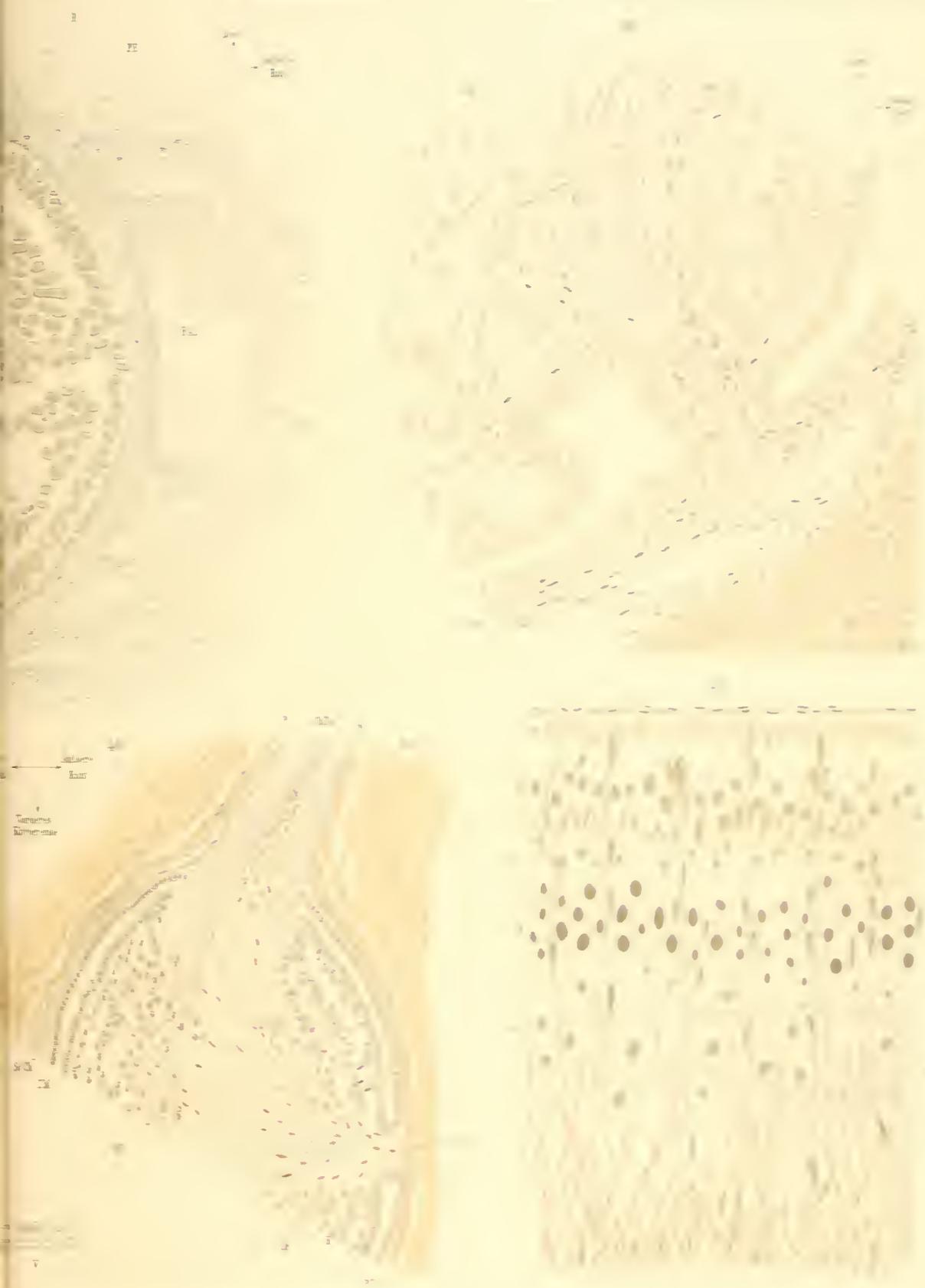


Tafel IV.

Myxine glutinosa.

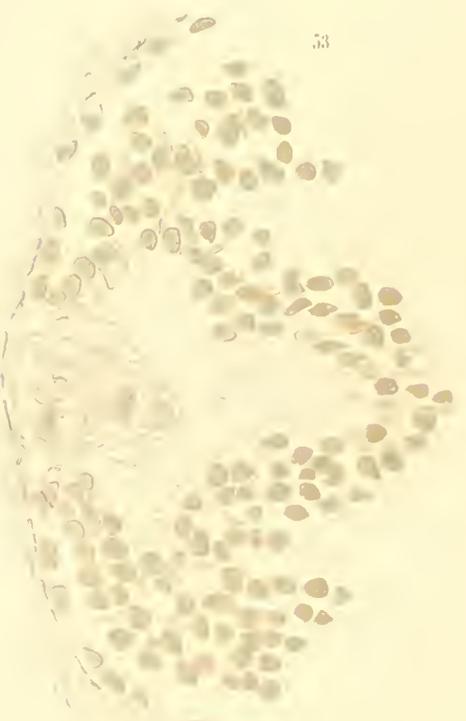
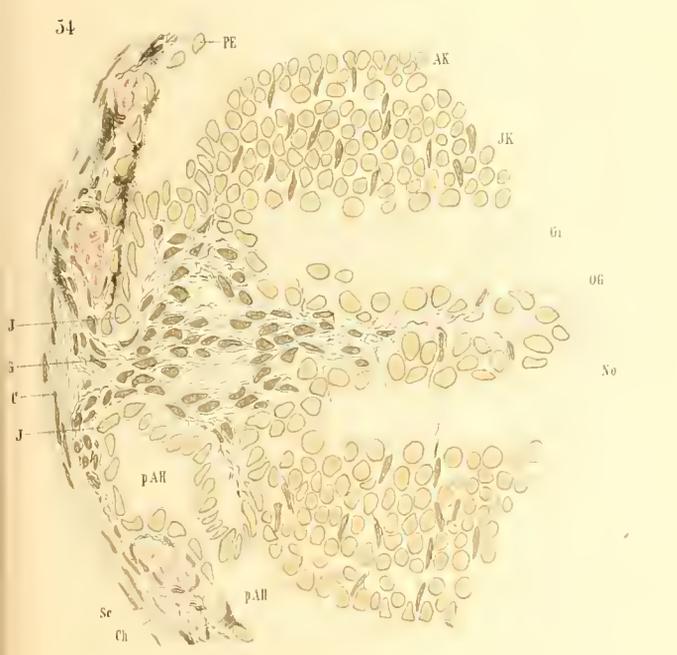
- Fig. 35. Querschnitt. Vergr. 20. Soll die allgemeinen Lagenverhältnisse des Bulbus oculi zeigen. *M* Muskel, *SbBdy* subcutanes Bindegewebe, *Ct* Cutis, *E. Ep* Epidermis, *RN. V* erster Ast des Trigemini, *K* Knorpel.
- Fig. 36. Querschnitt. Vergr. 100. Nach einem ziemlich dicken Schnitte gezeichnet. Zeigt ein Bild, das sich infolge Schrumpfung durch Eintritt des (ventralen) Augenbecherandes ins Augennere oft ergibt. *R* Retina, *PE* Pigmentepithel, hier scheinbar mehrschichtig, da infolge schiefer Schnittrichtung die Elemente verschiedener Zelllagen zugleich getroffen wurden, *FA* fötale Augenspalte, hier in ihrer Peripherie geschnitten.
- Fig. 37. *ScCh* Sclero-Chorioidea. Querschnitt. Vergr. 500. Vordertheil des Auges.
- Fig. 38. Querschnitt. Vergr. 700. Hintere Augenpartie. *Sc* Sclera und *Ch* Chorioidea lassen sich von einander unterscheiden, *ZM* Zwischenmembran in Verbindung mit den Müller'schen Fasern *MF*, die zwischen den Zellen des Pigmentepithels *PE* durchtreten.
- Fig. 39. Querschnitt. Fötale Augenspalte mit einwanderndem Bindegewebe, von welchem sich die Sclero-Chorioidea bereits differenziert hat. *OF* Stücke von Opticusfasern.
- Fig. 40. Horizontalschnitt. Vergr. 200. *FAS* fötale Augenspalte mit einwanderndem Bindegewebe, darüber Sclero-Chorioidea bereits differenziert, Opticusaustritt und Eindringen des Bindegewebes auch in den Sehnerv, *ChNO* (partielle) Kreuzung der Opticusfasern *OF*, *P* Pia'scheide, *D* Duralscheide des Opticus.
- Fig. 41. Querschnitt. Fötale Augenspalte. Das bulbusumhüllende, hier noch nicht zur Sclero-Chorioidea differenzierte Bindegewebe im Zusammenhang mit dem einwandernden. An Einwanderungsstelle ein Gefäß.
- Fig. 42. Horizontalschnitt. Vergr. 500. Retina. *SZ* Schzellen, *LG* leitungsvermittelnde ganglienartige Zellen, *OG* Bezirk der Opticusganglienzellen, *IK* innere Körnerschicht, *OF* Opticusfasern, *V* Glaskörperanlage.
- Fig. 43. Querschnitt. Vergr. 700. Schzellen. *SIF* Stütz- (Müller'sche) Fasern, *AG* und *JG* ältere und jüngere Generation von Schzellen.
- Fig. 44. Querschnitt. Vergr. 600. Opticus. *E* Endoneurium, *F* quergeschnittene Nervenfasern, *Z* im Zerfall begriffene Zellen des früheren Augenblasenstiels.
- Fig. 45. Querschnitt. Müller'sche Fasern mit an- und eingelagerten Stützzellen. *IK* Region der inneren Körner, *Gr* der Granulosa interna, *G* der Opticusganglienzellen, *V* der Glaskörperanlage. Vergl. noch Taf. I Petromyzon die Fig. 12 a.





Tafel V. Protentis anguineus.

- Fig. 6. Linsen und Kapselwand des Bulbus mit mehr vertikale gestellter Längsaxe. Schematisch. Vergr. 10. $f = f_{\text{opt}}$.
- Fig. 7. Dersgl. mit mehr horizontal gestellter Längsaxe. Vergr. 10. $f = f_{\text{opt}}$.
- Fig. 8. Bulbus mit seiner Umhüllung (G. Cuticulardunst).
- Fig. 9. Die gegenüberliegenden Partien. Vergr. 100.
- Fig. 10. Linse. Schnitt nicht durch ihren Mittelpunkt (aus derselben Serie wie Fig. 6). Linsenkapselfür convergent. Vergr. 100. Thierlänge 12,5 mm.
- Fig. 11. Linse und Aftschaber. Schnitt durch den Mittelpunkt der Linse (ieselbe Serie wie Fig. 6). Beginn der Einwanderung von Hintergewebe in die Linse. Vergr. 100. Thierlänge 14 mm.
- Fig. 12. Linse. Kapsel stellenweise zerfallen. Vergr. 100. Thierlänge 11 mm.
- Fig. 13. Linse. Im Zerfall weit vorgeschritten. Kapsel nur stellenweise noch nachweisbar. Linsenreste im Zerfall zerfallen in unregelmäßige Massen. Vergr. 100. Thierlänge 11 mm.
- Fig. 14. Verlorene Augenkapsel. Linse verschwunden. an ihrer Stelle einwanderndes Hintergewebe. Iris-Restansammlung der Grundsubstanz. Vergr. 100.
- Fig. 15. Verlorene Augenkapsel. Linse verschwunden. Einwanderndes Hintergewebe in deutlichem Zusammenhang mit der Chorioidea.

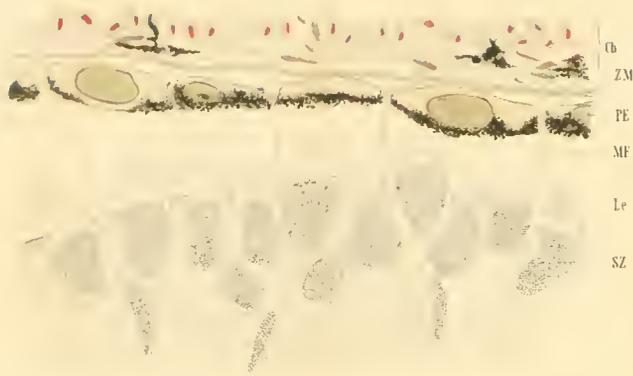


Tafel VI

Proetus angustus.

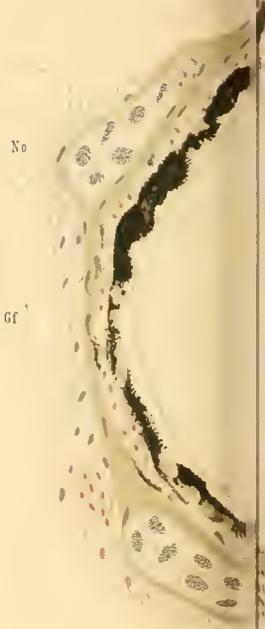
- Fig. 20. Augenentwicklung. Figur 20a. 4 mal vergrößertes Bild eines von Proetus angustus.
- Fig. 21. Nadel mit Haken und 2 mal vergrößertes Bild der Lamina basalis mit Zehnhakenreihen. Junger Thau. Das untere rechte Bild ist vergr. Figur 21.
- Fig. 22. Mittlere Teil des Kopfes. Nadel und Hakenreihe entfernt. Seitenansicht. Zwischen- und oberer Teil entfernt. Vergrößerung.
- Fig. 23. Oberseite und Seitenansicht junger Larven. Lamina basalis. Hakenreihen entfernt. Altes Thau.
- Fig. 24. 4 mal vergrößertes Bild eines Nadelstumpfes. Nadelstumpf. Sie beschränken sich stümpfen der Nadel zwischen einem Hakenreihen Ende und nächsten Fache (vergrößerter, vergrößertes Bild). Vergr. 14.
- Fig. 25. Mittlere Teil des Kopfes. Lamina basalis entfernt. Vergr. 10.
- Fig. 26. Seitenansicht des Kopfes. Vergr. 10.
- Fig. 27. Seitenansicht mit vergrößerter Hakenreihe. Hier sind 11 bis 12 Lamina. Das Nadelgewebe ist sehr dicht. Es ist sehr stark vergrößerung.
- Fig. 28. Mittlere Teil des Kopfes zwischen Hakenreihen und Nadel. Seitenansicht. Vergr. 10.
- Fig. 29. Seitenansicht. Nadel mit Hakenreihen entfernt. Die Hakenreihenentwicklung der Nadel sind in der Figur dargestellt vergrößerung.
- Fig. 30. Seitenansicht. Nadel mit Hakenreihen entfernt. Teil des Kopfes entfernt. Deshalb von der Entfernung dieser Hakenreihen der Hakenreihen. Vergr. 10.
- Fig. 31. Seitenansicht. Die stümpfen Hakenreihen sind von der Hakenreihen. Proetus angustus. Vergr. 10.

60 a



SzZ

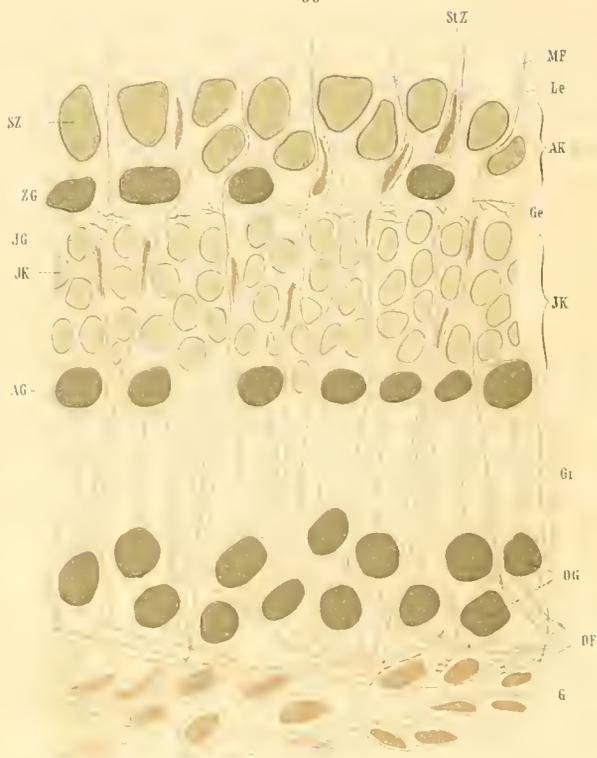
57 a



No

Gf

60



SzZ

MF

Le

AK

Ge

JK

Gi

OG

OF

G

62



SZ

Le

AK

JK

Gi

OG

OF

56



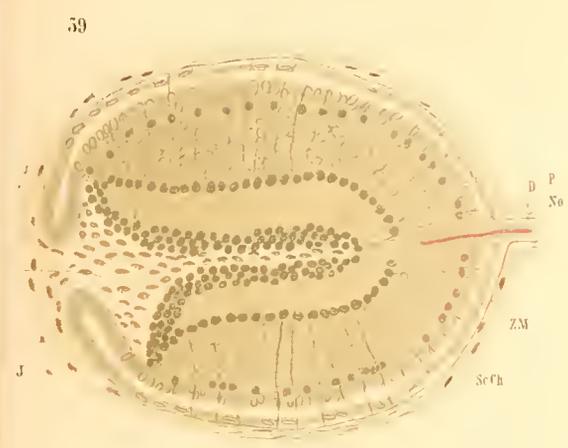
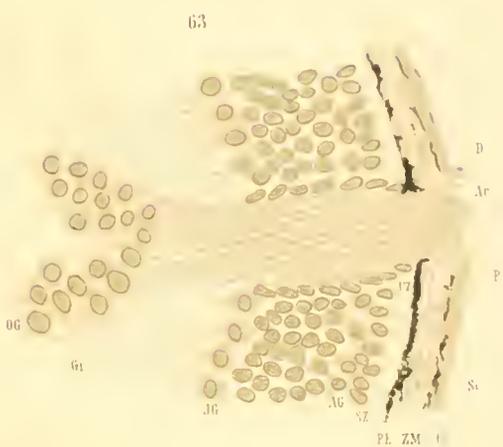
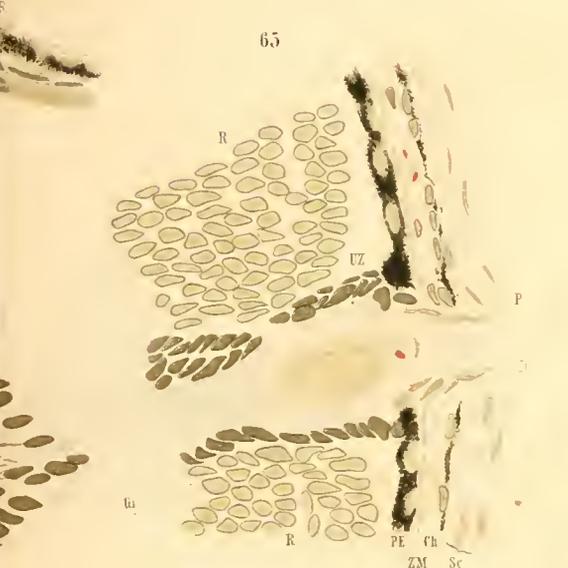
c

b



a

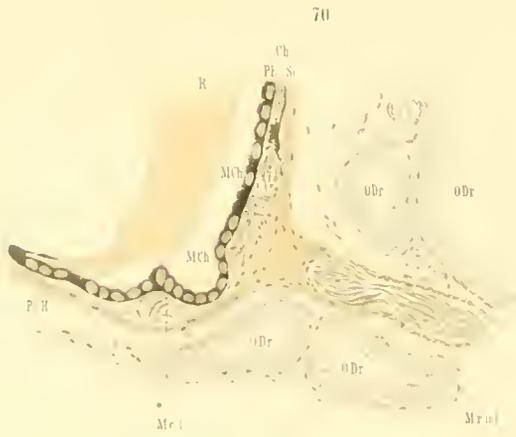
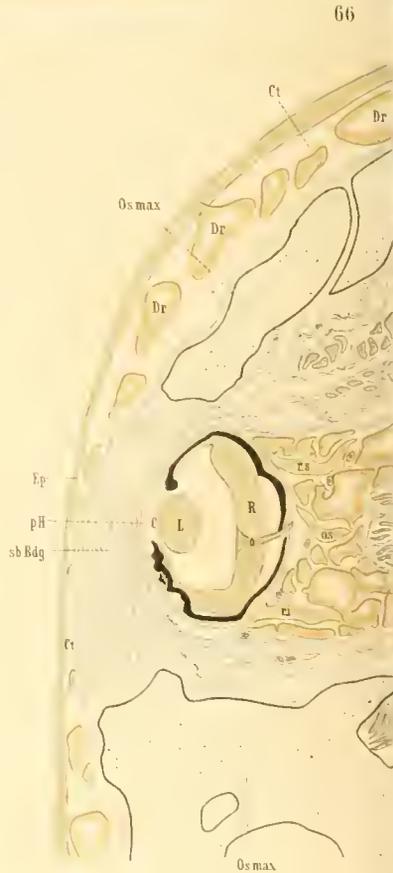
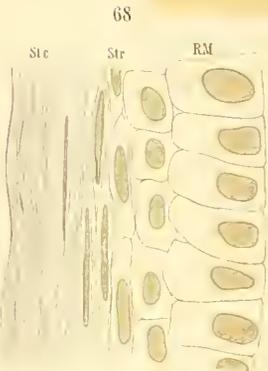
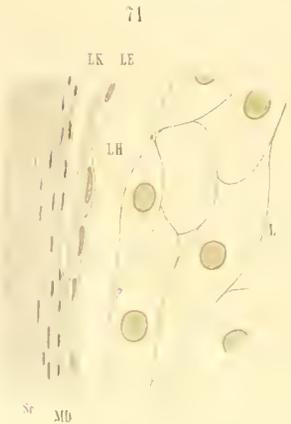
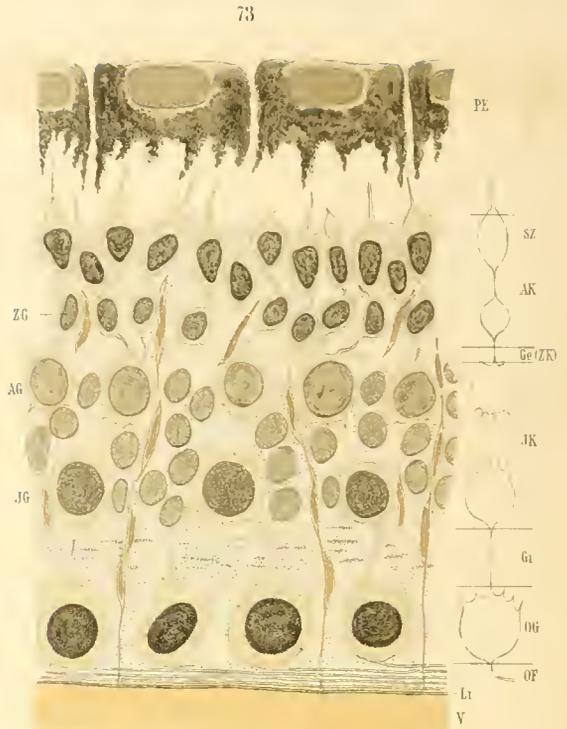




Tafel VII.

Siphonops annulatus.

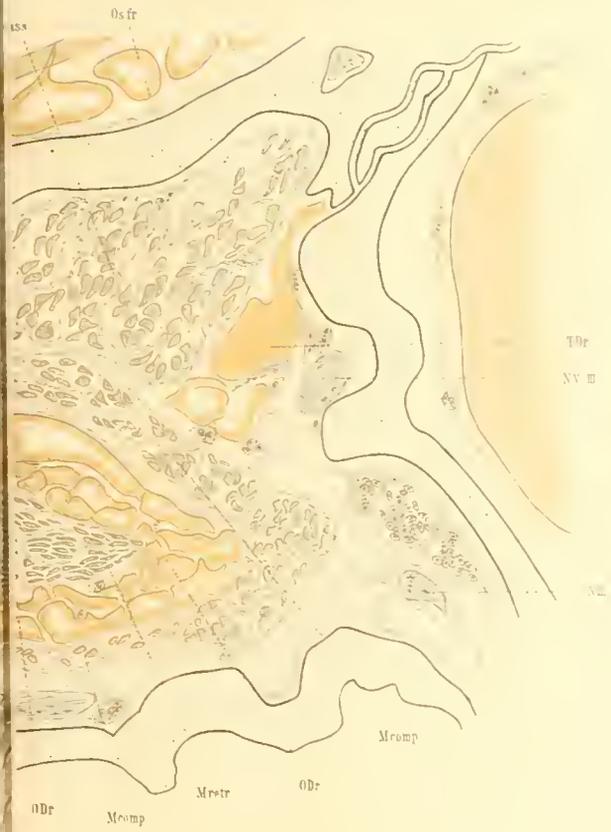
- Fig. 66. Uebersichtsfigur. Vergr. 50.
- Fig. 67. Linse und Deckschicht. Iris und Ciliarkörper. Vergr. 200. *DM* Muskulatur der Hautdrüsen, *MCh* Chorioidealmuskeln.
- Fig. 68. Epidermis einer höher als das Auge gelegenen Integumentpartie. Vergr. 1000.
- Fig. 69. Epidermis der Deckschicht. Vergr. 1000.
- Fig. 70. Ventrale Iris. *MCh* Chorioidealmuskulatur. *Musc. rect. inf.* Augenmuskel. * Stelle der scheinbaren Ausmündung der grossen Drüse in den praecornealen Hohlraum (*pH*). Vergr. 130.
- Fig. 71. Theil des vorderen Linsenkörpers mit Linsenhöhle. Linsenepithel und den davor gelegenen Membrana Descemetii und Cornea. Vergr. 1000.
- Fig. 72. Pigmentepithel mit unpigmentirten Fortsätzen (*ZF*). Vergr. 700.
- Fig. 73. Retina. Nebenfigur zeigt schematisch die nervöse Leitung zwischen Opticusfaser und Sehzelle. Vergr. 1000.
- Fig. 74. Sehzellen. Vergr. 2000. *a, a', b, b', c, d* Stäbchen verschiedenen Alters. *z, z'* Zapfen desgl., *StZG* Stäbchenzwischenmitglied, *BT* Stäbchenbasaltheil, *StEG* Stäbchenendglied, *EG* Zapfenendglied, *ZBT* Zapfenbasaltheil.
- Fig. 75. Opticusaustritt. Bindegewebe im Opticus. Umhüllungszellen (*UZ*) des intrabulbären Opticus.



71



72



Tafel VIII.

Typhlops vermicularis und braminus. Typhlichthys subterraneus.

- Fig. 76. Typhlichthys subterraneus. Situationsbild Schematisch. Vergr. 135. *GH* Gehirnhöhle.
- Fig. 77. - - - - - Vergr. 1000. *AB* äusseres, *IB* inneres Blatt der secundären Augenblase, *DK*, *UK*, *LK* dorsale, ventrale, laterale Körperoberfläche, *GW* Wand der Gehirnhöhle.
- Fig. 78. Typhlops vermicularis. Situationsbild. Vergr. 40. *AGg* Ausführungsgang der Harder'schen Drüse nach der Rachenhöhle (*RII*), *RO* Geruchsorgan, *JO* Jacobson'sches Organ.
- Fig. 79. Typhlops vermicularis. Vergr. 75. *AGg* Ausführungsgang der Harder'schen Drüse (*Dr*) nach Rachenhöhle (*RII*), Ausmündung bei *, *RO* Geruchsorgan, *JO* Jacobson'sches Organ, *MI* Mundhöhle.
- Fig. 80. Typhlops vermicularis. Ciliarkörper.
- Fig. 81. Schematisch. Soll Grössenverhältnisse zwischen Linsentiefe und Bulbustiefe veranschaulichen. *a* Typhlops braminus, *b* Typhlops vermicularis, *c* Tropicodonotus natrix.
- Fig. 82. Typhlops braminus. Pigmentepithel und Augenkapsel. *Gr* Grenze der Sehzellspitzen. Vergr. 600.
- Fig. 83. - - - - - vermicularis. Pigmentepithel und Augenkapsel. *Gr* Grenze der Sehzellspitzen. Vergr. 1000.
- Fig. 84. Typhlops vermicularis. Linse, Brille und Conjunctivalsack. *CDr* Conjunctivaldrüse. Vorderste Partien der Harder'schen Drüse.

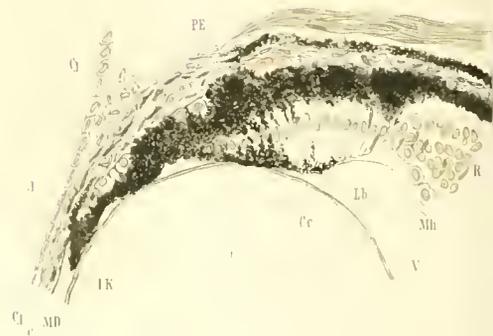
84



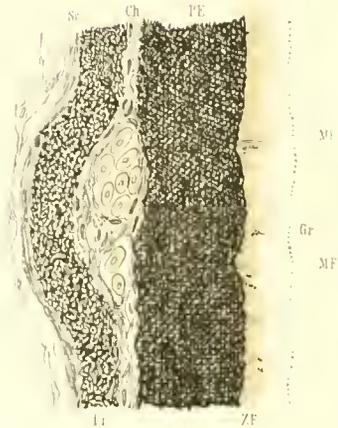
76



80



83



81





Tafel IX.

Typhlops vermicularis und Typhlops braminus.

- Fig. 85. Typhlops vermicularis. Cornea und vorderste Linsenpartie. *Cp* Cornea propria.
Fig. 86. - - - - - Glaskörper. *AC* Arteria centralis Retinae. Vergr. 450.
Fig. 87. - - - - - Retina. Vergr. 1500. Schematische Nebenfigur zeigt die ununterbrochene nervöse Leitung. *ZK* Kornzellen der ersten, *ZK'* Kornzellen der zweiten Serie. *GZ* ganglienartige Zellen.
Fig. 88. Typhlops vermicularis. Sehzellen. Vergr. 3000. *Z* Zapfen der ersten, *Z'* Zapfen der zweiten Serie. *Edg* Endglied. *Mgl* Mittelglied. *St* Stiel. *KZ* Kornzelle, *K, K'* Korn.
Fig. 89. Typhlops - Verbindung der Harder'schen Drüse mit dem Thränengang vor.
Fig. 90. - nach dessen Abtrennung vom Conjunctivalsack.
Fig. 91. Typhlops vermicularis. Granulosa externa. *N* Hauptfortsatz einer Ganglienzelle. Vergr. 6000.
Fig. 92. - - - - - Opticusaustritt. Vergr. 700.
Fig. 93. - - - - - *braminus*. Uebersichtsbild. *S* Schuppe. Vergr. 150.
Fig. 94. - - - - - Innere Hälfte der Retina. Vergr. 1500.
Fig. 95. - - - - - *vermicularis*. Proximaler Ventraltheil der Harder'schen Drüse und Anfang ihres Ausführungsganges. *Atg*. *GK* Gehirnkapsel.

