

Beiträge zur Anatomie des Sehorganes der Fische.

Von

Dr. E. Berger
in Wien.

Mit Tafel IV—V.

Wenngleich die anatomische Beschaffenheit des Fischeauges von einer Reihe hervorragender Forscher wie A. HALLER, CUVIER, RUDOLPHI, SÖMMERING, J. MÜLLER, LEYDIG, LEUCKART untersucht wurde und einzelne Bestandtheile desselben, wie insbesondere die Cornea durch EMERY und LIGHTBODY, die Sclerotica durch LANGHANS, KÖLLIKER und H. MÜLLER monographisch behandelt wurden, weisen die Kenntnisse vom Sehorgane der Fische noch manche Lücke auf. Es kann dies nicht verwundern, wenn man bedenkt, dass im Baue dieses Organes bei den Fischen eine Mannigfaltigkeit, wie in keiner andern Klasse der Wirbelthiere, zu finden ist. Es erschien mir daher eine erneuerte Behandlung dieses Themas berechtigt.

Weitaus weniger, als in anatomischer Beziehung, wurde das Auge der Fische mit Rücksicht auf seine physiologischen Verhältnisse untersucht. Hierüber finden sich in der Litteratur nur spärliche Mittheilungen.

Die Möglichkeit zur Ausführung meiner Untersuchungen über das Fischeauge wurde mir durch die Freundlichkeit des Herrn Prof. Dr. CLAUS geboten, welcher in entgegenkommendster Weise mir die reichen Mittel des Wiener Zoolog. vergleichend-anatomischen Institutes zur Verfügung stellte, wofür ich demselben zu besonderem Danke verpflichtet bin. Eine sehr rege Unterstützung wurde meinen Untersuchungen auch von Seiten des Herrn Dr. EDUARD GRÄFFE, Inspektors der k. k. Zoologischen Station in Triest, zu Theil, dem ich hierfür meinen wärmsten Dank ausspreche.

Die mir zur Bearbeitung überlassenen Fischeaugen wurden theils in frischem Zustande, theils nach vorhergegangener Härtung in MÜLLER'scher Flüssigkeit untersucht. Als Tinktionsmittel wurden Karmin-ammoniak, Pikrokarmine, BEALE'sches Karmin, und Hämatoxylin verwendet. Beim Studium des Knorpels der Sclerotica und der Hornhaut bediente ich mich außer obiger Färbemittel auch der Behandlung mittelst Goldchlorid.

Die von mir untersuchten Fischeaugen gehören folgenden Arten an.

I. Cyclostomata.

Petromyzon Planeri Bloch.

II. Selachii.

- a) Squalidae.
 - Carcharias glaucus* Rond.
 - Galeus canis* Rond.
 - Mustelus laevis* Rond.
 - Squatina vulgaris* Risso.
- b) Rajidae.
 - Raja miraletus* L.
 - Raja asterias*.
 - Laeviraja maerorhynchus*.
 - Trygon pastinaca* L.
 - Myliobatis aquila* L.

III. Teleostei.

- a) Plectognathi.
 - Orthogoriscus mola* Bl.
- b) Physostomi.
 - Anguilla vulgaris* L.
 - Salmo hucho* L.
- c) Acanthopteri.
 - Crenilabrus pavo* Br.
 - Pagellus mormyrus*.
 - Chrysophrys aurata* L.
 - Uranoscopus scaber* L.
 - Thynnus vulgaris* Cuv. Val.
 - Lugarus imperialis* Raf.

Geschichtliche Bemerkungen.

Obwohl es nicht in meiner Absicht liegen kann, hier eine ausführliche Darstellung der Entwicklung unserer Kenntnisse über das Fischeauge zu geben, so halte ich es doch für geboten, einzelne für dieselbe wichtige Daten besonders hervorzuheben. Von Untersuchern des Fischeauges sind aus dem 17. Jahrhundert zu nennen CASSERIUS (*Pantaesthesiae, hoc est de quinque sensibus.* 1610), SEVERINUS (*Zoootomia Democritea*, Nürnberg 1645) und STENON (*Elementorum myologiae specimen*, Florenz 1667). Doch haben dieselben sich nicht sehr eingehend mit diesem Organe befasst. Die erste ausführliche Beschreibung des Fischeauges giebt HÄLLER (1768), welchem wir die genauere Kenntniss der Umhüllungshäute des Fischeauges, so wie einzelner bis dahin unerforschter Theile (*Campanula Halleri*) desselben verdanken. Bereits HOVIUS (1740) vermuthete, dass die Chorioidaldrüse, die man vor ihm bald für einen Muskel, bald für eine Drüse gehalten hatte, zu den Gefäßnetzen zu zählen sei; doch wurde dem von ROSENTHAL (1811) widersprochen, welcher diesem Organe seine frühere Stellung unter den Drüsen wieder eingeräumt wissen wollte. Die späteren Untersuchungen, namentlich die von ALBERS und von ERDL, haben bekanntlich die Anschauung von HOVIUS bestätigt. Was die Verbreitung der Chorioidaldrüse unter den Fischen betrifft, ist hervorzuheben, dass erst J. MÜLLER das Vorhandensein derselben mit der Existenz der Pseudobranchien in Zusammenhang gebracht hat. Doch bestreitet STANNIUS (*Litt.-Verz.* 118, pag. 111) die allgemeine Gültigkeit der correlativen Beziehungen zwischen diesen beiden Organen.

Von MALPIGHI wurde die »membranartige« Beschaffenheit des Sehnerven beschrieben. Das Tapetum cellulosum der Rochen und Haie wurde bekanntlich von DELLE CHIAJE zuerst beobachtet; die zellige Natur desselben wurde von E. BRÜCKE (1845) nachgewiesen.

Ein langer Streit entspann sich darüber, ob im Auge der Fische Ciliarfortsätze vorhanden sind oder ob dieselben fehlen. MECKEL (1811) leugnete die Existenz derselben im Fischeauge, während ROSENTHAL (1811) die Ansicht vertrat, dass im Auge vieler Fische bloß ein Ciliarfortsatz vorhanden sei, indem er den *Processus falciformis* für ein demselben analoges Gebilde hielt. RUDOLPHI (1802) fand die Ciliarfortsätze beim Thunfisch, später wurden sie ebenfalls beim Thunfisch von CUVIER beobachtet und von GOTTSCHKE bei *Acipenser* nachgewiesen. Die Beobachtung von Muskelfasern in der *Campanula Halleri* ist bekanntlich das Verdienst von F. LEYDIG.

Es ist sehr begreiflich, dass die Linse der Fische, wegen ihrer von der Linse der höheren Vertebraten durch die kugelige Gestalt sich unterscheidenden Form, in hohem Maße die Aufmerksamkeit der Forscher in Anspruch genommen hat. Zu Mitte des vorigen Jahrhunderts, aus welcher Zeit bekanntlich eingehendere Studien über die Natur des grauen Staares herkommen und durch dieselben die Anregung zu Untersuchungen über die Natur der Krystall-Linse geboten wurde, vertritt DE LA HIRE (1740) die Ansicht, dass die Kugelform der Linse in Zusammenhang stehe mit der flachen Beschaffenheit der Hornhaut. Sonderbarerweise scheint dies PETIT (Mem. de l'acad. d. sciences de Paris. 1726 und 1730) entgangen zu sein. Von demselben wurden eingehende Studien über die Formverhältnisse des Fischauges unternommen. Er befasste sich besonders mit den Krümmungsverhältnissen der Hornhaut und der Linse und hat gerade der Untersuchung der letzteren seine besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Die Formverhältnisse des Fischauges wurden auch von SÖMMERING (1818) mit besonderer Genauigkeit untersucht.

MONRO (1785) stellte Untersuchungen über das spezifische Gewicht der Linse des Kabeljau an. Er fand dieselbe im Vergleiche zu der des Rindes von sehr hohem spezifischen Gewichte. Die gezähnte Beschaffenheit des Randes der Linsenfasern wurde von BREWSTER (1816) zuerst beobachtet.

Die Form und die Bestandtheile des Fischauges.

Die Form des Auges der Fische wird allgemein als die eines Ellipsoides beschrieben, dessen vordere Oberfläche einen größeren Krümmungshalbmesser besitzt (flacher ist), als die hintere. Durch dieses Verhältnis, welches durch die flache Beschaffenheit der Hornhaut bedingt wird und durch Messungen von LEUCKART (69) numerisch festgestellt wurde, unterscheidet sich das Fischauge vom Auge der Luft athmenden höheren Vertebraten. Es scheinen jedoch auch bei den Fischen Ausnahmen vorzukommen. So fand ich bei *Chrysophrys aurata* und bei *Uranoscopus scaber* die Hornhaut von stärkerer Krümmung, bei letzterem hatte dieselbe einen Krümmungshalbmesser von 15 mm.

Eine Eigenschaft der Hornhautkrümmung, deren, wie ich finde, nirgend Erwähnung geschieht, ist die, dass ihre Krümmung am Rande zumeist eine stärkere ist, als in ihrem Centrum. Namentlich ist dies bei den Rochen und Haien in auffallendem Maße zu bemer-

ken. Dadurch, dass der Querschnitt der Hornhaut am Rande breiter erscheint als in der Mitte derselben, ist nothwendigerweise der Radius der hinteren Hornhautoberfläche ein geringerer als der der vorderen. Es hat dies jedoch keine Bedeutung für die dioptrischen Verhältnisse des Fischeauges, da die Dicke des in optischer Beziehung in Betracht kommenden centralen Theiles der Hornhaut an allen Stellen ungefähr die gleiche ist.

Eine dem Fischeauge vornehmlich zukommende Eigenschaft ist die von LEUCKART hervorgehobene geringe Entwicklung des Verbindungstheiles zwischen der Hornhaut und dem die Licht empfindenden Elemente enthaltenden Bulbustheile. Dass das Fischeauge an seiner inneren (medialen) Hälfte weniger regelmäßig entwickelt ist, als an seiner äußeren, habe ich fast durchgehends finden können. Diese Eigenschaft wurde für das menschliche Auge bekanntlich von BRÜCKE zuerst hervorgehoben.

In Betreff des Verhältnisses der Durchmesser des Auges zu einander finde ich, eben so wie LEUCKART, durchgehends den sagittalen als den kleinsten¹, den horizontalen als den größten. Die Hornhaut ist im Verhältnis zu der Größe des Auges von bedeutendem Umfange.

Das Auge und das retrobulbäre Gewebe sind eingeschlossen in eine fibröse Fascie, welche im vorderen Abschnitt der Orbita sich mit dem subcutanen Bindegewebe, bei den Selachiern mit dem peripheren Rande der Augenlider verbindet.

Die Cutis und das subcutane Bindegewebe setzen sich auf die vordere Fläche der Hornhaut fort. Bei vielen Fischen, namentlich bei *Chrysophrys aurata*, lässt sich die Pars cutanea (*Conjunctivalis*) der Hornhaut als eine makroskopische Membran abpräpariren.

Bevor die Cutis auf das Auge übergeht, bildet sie bei vielen Fischen Hautfalten. So findet man bekanntlich bei *Orthogoriscus* einen den oberen Theil des Auges bedeckenden Hautlappen. Die das Auge umgebenden Theile der Haut sind bei den Teleostiern meist in Falten gelegt. Es mag dies zu dem Zwecke sein, um die

¹ Das Verhältniß der Durchmesser zu einander schwankt sehr. So finde ich bei

	frontaler Durchm.	vertikal. D.	sagittal. D.
Squatina	= 19 mm	= 16 mm	= 13 mm (1,4 : 1,2 : 1)
Trygon	= 21 mm	= 17 mm	= 15 mm (1,4 : 1,12 : 1)
Laeviraja	= 36 mm	= 27 mm	= 24 mm (1,5 : 1,12 : 1)
Orthogoriscus	= 78 mm	= 73 mm	= 56 mm (1,4 : 1,3 : 1).

wegen der eigenthümlichen Form des Auges nur in geringem Grade vorhandene Beweglichkeit zu ermöglichen. Als weitere Entwicklung dieser Hautfalten fasst man die Bildung von Augenlidern (Selachier) und die Membrana nictitans (Haie) auf. Hautknochen bilden an dem die Lidspalte umgebenden Theile des Augenlides haken- und knopfförmige Erhabenheiten, welche dem peripheren Theile des Lides fehlen. Sie mögen für das Auge der Selachier vielleicht ähnliche Schutzapparate vorstellen, wie es die Cilien der höheren Vertebraten sind. Das Lid besteht aus der Cutis, einer dichten fibrösen Platte und der Conjunctiva, welche vom peripheren Rande des Lides auf die vordere Fläche des Bulbus übertritt.

Mit seinem rückwärtigen Theile ist das Auge entweder in ein dem Gallertgewebe nahestehendes Gewebe eingebettet (Orthogoriscus, Haie), oder es wird von Fettgewebe umgeben, welches zwischen bindegewebigen Septis, welche der hinteren Oberfläche des Auges parallel gerichtet sind, angelagert ist (Crenilabrus, Pagellus).

Die Hornhaut ist am Rande meist dicker als in der Mitte. Am geringsten finde ich dies bei Petromyzon bemerkbar. Bei den Selachiern und den Teleostiern erscheint die Hornhaut in der Mitte auf $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ verdünnt¹.

LANGHANS (64, pag. 245) unterscheidet nach den Gewebsbestandtheilen der Sclerotica fünf Formen derselben. Die von mir untersuchten Fischarten lassen sich mit Bezug auf ihre Bestandtheile bloß in drei Gruppen theilen.

- 1) Solche, deren Sclerotica bloß aus Bindegewebe besteht: Petromyzon.
- 2) Die Sclerotica enthält Bindegewebe und Knorpel: Selachier, Anguilla.
- 3) Die Sclerotica besteht aus Bindegewebe, Knorpel und Knochen: Sämmtliche untersuchten Teleostier mit Ausnahme von Anguilla.

Indem ich in Betreff der Formen des Scleralknorpels und -Knochens auf die Arbeit von LANGHANS hinweise, will ich bloß hervorheben, dass die Verdickungen der Sclerotica an ihrem vorderen Ende (Selachier, Seomberoiden) und an ihrem rückwärtigen Theile (Se-

¹ Folgende Messungen mögen als Beispiele hierfür dienen. Der sagittale Durchmesser der Hornhaut ist bei

Thynnus vulgaris an der Peripherie = 0,81 mm, innen = 0,19 mm

Crenilabrus pavo - - - = 0,27 mm, - = 0,06 mm

Myliobatis aquila - - - = 0,54 mm, - = 0,14 mm.

lachier) durch die Formveränderung des Knorpels und Knochens derselben hervorgerufen werden, während die schmalen bindegewebigen Schichten, welche die äußere und die innere Oberfläche des Knorpels bedecken, daran keinen Antheil haben.

Der Seleralknorpel reicht in seinem rückwärtigen Theile entweder bis an die Eintrittsstelle des Sehnerven (Selachier) oder er endet in einiger Entfernung von demselben, wie bei *Crenilabrus*, *Pagellus* (vgl. LEUCKART). Die Sclerotica wird hier in breiter Strecke bloß von fibrösem Gewebe gebildet.

Durch das Ligamentum annulare ist die Hornhaut mit der Iris verbunden. Im Querschnitte erscheint dasselbe in Form eines Dreieckes mit nach vorn gerichteter Spitze (vgl. Fig. 1—4 *li*). Die innere Oberfläche desselben begrenzt die vordere Kammer, die äußere meist sehr breite (*Chrysophrys*, *Crenilabrus*, *Pagellus*, Thunfisch), selten schmale (*Huchen*, Selachier) Oberfläche ist mit der Hornhaut verbunden. Die hintere Fläche des Lig. annulare bedeckt die ganze vordere Fläche der Iris. Ich habe mich von dem Vorhandensein des Ligamentum annulare bei allen von mir untersuchten Arten mit Ausnahme von *Petromyzon* überzeugen können. Die früheren Untersuchungen des Fischeauges ergaben nicht, ob den Selachiern auch dieses Gebilde zukomme, auch LEUCKART konnte sich nicht von dem Vorhandensein desselben überzeugen. Sehr deutlich ist dasselbe bei *Myliobatis aquila* wahrzunehmen (Fig. 1 *li*), bei welchem es nur eine schmale Bedeckung der vorderen Fläche der Iris bildet, welche an der Anheftungsstelle dieses Ligamentes, an dem Hornhautrande, verdickt erscheint. Noch weniger entwickelt ist es bei den übrigen Selachiern. Bei den Teleostiern variirt die Dicke desselben in hohem Maße, so übertrifft es bei *Chrysophrys* die Dicke der Iris, beim *Huchen* und beim Thunfisch bildet das Ligamentum annulare bloß eine sehr dünne Schicht. Meistens ist es intensiv pigmentirt (*Luvarus*), häufig ist die Pigmentirung bloß eine fleckenweise (*Orthogoriscus*); fast bei allen ist die Pigmentirung am äußeren Theile des Ligamentes intensiver als in der Umgebung der Pupille. Sehr selten ist es vollkommen pigmentlos (*Chrysophrys*, Thunfisch).

Nach der Ansicht von LEUCKART (69, pag. 205) und ANGE-LUCCI (2) entspricht das Ligamentum annulare dem Ligamentum iridis pectinatum der höheren Wirbelthiere. Da meine Untersuchungen zu einer gleichen Anschauung über die Bedeutung dieses Gebildes führten, hielt ich mich berechtigt in meiner vorläufigen Mittheilung (8) der letzteren Bezeichnungsweise mich zu bedienen.

Vom vorderen Scleralrande, nach außen von dem eben besprochenen Bande gelegen, entspringt ein Band, welches die Außenfläche des vorderen Theiles der Chorioidea bedeckt (vgl. Fig. 1—4 *lc*). Es wird dasselbe als Ligamentum ciliare bezeichnet. Mit Ausnahme von *Petromyzon* fand ich es bei allen von mir untersuchten Arten.

Die äußere Oberfläche der ganzen Uvea zeigt bei den Knochenfischen einen hellen silbernen, manchmal mehr ins Gelbliche übergehenden Glanz, welcher von einer zarten Membran, der *Argentea*, her stammt. Ich finde von keinem Autor erwähnt, dass bei den Sclachiern bloß der Iris diese hellglänzende Schicht zukommt, während sie an der Außenfläche der Chorioidea fehlt.

Die Form der Pupille¹ ist bei den Fischen eine sehr verschiedene. Sie ist entweder rund (*Orthogoriscus*, *Luvarus*), queroval (*Crenilabrus*), oder sie besitzt die Form einer queren Spalte (*Squatina*). Bekanntlich bedecken fransenartige Fortsätze des oberen Irisrandes bei den Rochen theilweise die Pupille (*Operculum pupillare*). Bei *Trygon* ist, wie bereits LEYDIG (65, pag. 23) anführt, bloß ein ungetheilter derartiger Fortsatz vorhanden.

Am Pupillarrande ist die meist dicke Iris beträchtlich verschmälert. Ihre hintere Fläche ist entweder glatt (*Luvarus*, *Orthogoriscus*) oder es sind an derselben radienförmig angeordnete, eng an einander liegende, linienförmige Erhabenheiten zu beobachten (*Trygon*, *Carcharias*). Diese Erhabenheiten setzen sich nach hinten in die Chorioidea fort, wo sie im Verhältnis zu den linearen Streifen der Iris sehr breit erscheinen und als Ciliarfortsätze beschrieben sind. Über die Form der Ciliarfortsätze wird an einer anderen Stelle berichtet werden.

Ihre Verbreitung unter den Fischen weist sogar in einzelnen Familien Verschiedenheiten auf. So finde ich unter den *Scomberiden*

¹ Es scheint mir sehr wahrscheinlich, dass die ovale und die spaltenartige Form der Pupille der höheren Vertebraten in Beziehung steht zu dem, wie die Untersuchungen von BERLIN (10) ergeben haben, meist sehr bedeutenden Astigmatismus derselben. Bekanntlich tritt bei mit diesem Fehler behafteten eine Verbesserung des Sehens beim Durchblicken durch entsprechend gestellte spaltenförmige Öffnungen ein. Der horizontale Meridian ist bei den Vertebraten meist der weniger stark brechende. So finde ich dies z. B. beim Froschauge. Durch eine horizontal gestellte quere oder ovale Pupille sind die Augen für den fernsichtigen Meridian eingestellt. Thatsächlich ist das Vorkommen der in horizontaler Richtung ovalen Pupille ein viel häufigeres, als das der einen vertikalen Spalt darstellenden Pupille, welche den katzenartigen Thieren und den Schildkröten zukommt. Jedenfalls verdient dieser Gegenstand weitere Beachtung.

dieselben beim Thunfisch, bei welchem sie, wie auch RUDOLPHI (111) erwähnt, verschiedene Größe an einzelnen Stellen des Auges zeigen, während die Processus ciliares bei Luvarus fehlen. Eine gleiche Beobachtung in Betreff der Verschiedenheit der Größe der Ciliarfortsätze machte LEUCKART (l. c. pag. 221) bei *Hexanchus griseus*.

Erwähnen muss ich hier eines eigenthümlichen Fortsatzes, der, so weit ich in der einschlägigen Litteratur danach suche, bisher noch nicht beschrieben wurde. Derselbe liegt im inneren unteren Theile des Bulbus, beginnt in der Gegend der Ciliarfortsätze und reicht mit seinem hinteren Ende eine Strecke weit über die Grenze derselben nach rückwärts. Er entsteht von der Chorioidea, mit welcher seine Basis verwachsen ist, während er mit seiner Spitze in den Glaskörperraum hineinragt. Ich fand diesen Fortsatz bei den Haien, beim Thunfisch und bei *Zeus faber*. Bei letzterem sehe ich, dass der Processus falciformis vor seinem Übergange, in die *Campanula Halleri* auf der dem Glaskörperraum zugekehrten Kante desselben bis zu seiner Spitze verläuft und mit demselben in breitem Umfange verwachsen ist. Sehr wahrscheinlich ist es, dass dieser Fortsatz beim Thunfisch einen Stützpfiler für den Processus falcif. bildet. Es ragt die Linse bekanntlich sehr tief in den Glaskörper hinein. Der Processus falciformis, welcher im inneren unteren Theile des Bulbus eng der dem Glaskörper benachbarten Wand anliegt, müsste, um zur hinteren Linsenkapsel zu gelangen, eine Strecke weit ohne Befestigung und Stütze im Glaskörper verlaufen. Das Vorhandensein dieses Fortsatzes scheint dem Processus falciformis einen Stützpunkt zu bieten und auf diese Weise dem Muskel der *Campanula Halleri* die Möglichkeit zu bieten durch Verkürzung seiner Fasern seinen Insertionspunkt an der hinteren Linsenkapsel der Gegend der Ciliarfortsätze zu nähern, d. h., wie MANZ (73) dies auch annimmt, die Linse abzuplatten.

Beim Thunfisch hat dieser Fortsatz in meridionaler Richtung eine Länge von 1,8 mm, und ragt 0,6 mm weit in den Glaskörperraum hinein. Bei den Haien sind die Dimensionen desselben größere.

Der Sehnerv tritt nach seinem von hinten innen nach außen und vorn gerichteten Verlaufe in den Bulbus ein. Die Eintrittsstelle des Sehnerven liegt zumeist nach innen (Rochen und Haie), selten in der Mitte des Bulbus oder nach außen. Die hintere Bulbuswand durchbohrt er in schiefer Richtung. In der Orbita besitzt der Sehnerv drei Hüllen, von welchen die äußere die breiteste ist und sich in die Sclerotica fortsetzt. Die innere sendet eine Anzahl membra-

nöser Septa in das Innere des Sehnerven. Nach Entfernung seiner Hüllen lässt sich der Sehnerv membranartig aus einander falten, wie dies bereits von MALPIGHI (72) beschrieben wurde. Diese eigenthümliche Beschaffenheit lässt sich bei den Rochen und Haien, bei Orthogoriscus und Crenilabrus leicht nachweisen, während sie Petromyzon nicht zukommt.

Die Sehnervenpapille ragt in der Richtung nach vorn weiter in den Glaskörperraum hinein als die benachbarte Netzhaut. Sie stellt also eine Erhabenheit dar, welche namentlich bei Spuatina, Raja und Carcharias leicht merklich hervortritt. In seltenen Fällen (Huchen) bildet die Sehnervenpapille eine Vertiefung. Ein kleines, central gelegenes Grübchen, die Fovea centralis (vgl. Fig. 17 u. 19 *fc*), aus oder neben welcher die Gefäße für den Glaskörper hervortreten, konnte ich bei allen von mir untersuchten Fischarten beobachten.

An anderer Stelle (8) habe ich bereits darauf hingewiesen, dass die Chorioidea in ähnlicher Weise, wie die Sclerotica eine Lamina cribrosa bildet, welche beim Huchen eine selbständige, in einiger Entfernung von der Sclerotica gelegene Schicht (Fig. 17 *cr*) darstellt.

Die Netzhaut erscheint, mit unbewaffnetem Auge betrachtet, an ihrer inneren Oberfläche in radiärer Richtung deutlich gestreift. Es gehen diese Streifen von der Papilla nervi optici aus und ziehen zur Ora serrata retinae. Namentlich bei den Rochen ist dies deutlich wahrzunehmen. HALLER (39) scheint diese Beschaffenheit der Netzhaut schon bekannt gewesen zu sein. Er unterschied an der Retina einen faserigen und einen pulpösen Antheil. GOTTSCHKE (38, pag. 458) bezeichnete die Netzhaut mit Rücksicht auf die eben angeführte Beschaffenheit ihrer inneren Oberfläche als »Strahlenhaut«.

Das vordere Ende der Netzhaut hat nicht, wie bei den höheren Vertebraten, eine gezackte Beschaffenheit (woher bekanntlich der Name Ora serrata), sondern endet nach vorn mit einem geradlinigen Rande (Raja, Carcharias).

In der Umgebung des Sehnerven liegt nach vorn von der Lamina argentea die in die Chorioidea eingelagerte Chorioidaldrüse. Dieselbe ist bei allen von mir untersuchten Teleostiern mit Ausnahme von Anguilla vorhanden.

Erwähnenswerth erscheint mir, dass bei Uranoscopus zwischen dem hinteren Theile der Sclerotica und der Chorioidea ein in sagittaler Richtung 6,0 mm breiter Raum sich befindet, welcher mit Fettgewebe erfüllt ist. In diesem Raume liegt, in die Fettmasse

eingelagert, die Chorioidaldrüse, welche einen sagittalen Durchmesser von 3,2 mm besitzt. Von der Chorioidaldrüse begiebt sich eine breite Lamelle, in welcher die von der Glandula chorioidalis zur Chorioidea verlaufenden Gefäße eingelagert sind, zu der Gefäßschicht der Aderhaut, nachdem sie durch die Fettmassen hindurchgetreten ist.

Bei *Petromyzon*, bei den Rochen und den Haien fehlt bekanntlich die Chorioidaldrüse. Keiner von den Untersuchern des Fischauges erwähnt, dass bei den Selachiern die Chorioidea in der Umgebung des Sehnerven in einiger Entfernung von der Sclerotica liegt. Der breite Zwischenraum zwischen der Aderhaut und der Sclerotica wird von einer größeren Anzahl mit einander kommunizirender kleiner Hohlräume eingenommen, welche im histologischen Abschnitte dieser Untersuchung eingehender besprochen werden sollen.

In keiner der älteren Schriften über das Auge der Fische wird der Zonula Zinnii desselben Erwähnung gethan. Es wird allgemein die Existenz derselben geleugnet, ja man hat sogar den Beweis führen wollen, dass bei dem eigenthümlichen Accommodationsapparate des Auges der Fische, das Ligamentum quadratum und die Campanula Halleri zur Fixation der Linse genügen und dass das Vorhandensein eines Aufhängebandes für dieselbe vollkommen überflüssig sei. Deswegenachtet kommt die Zonula Zinnii sowohl bei den Selachiern, als auch bei den Teleostiern vor. ANGELUCCI (2) hat an Querschnitten durch das Auge sich von dem Vorhandensein einer Zonula bei den Fischen überzeugen können. Bei *Myliobatis aquila* und *Galeus canis* konnte ich die Zonula vom Glaskörper und der Linse trennen und als eine zusammenhängende Membran darstellen. Sie entsteht mit ihren Fasern im Glaskörper, dessen vordere Begrenzung sie bis zu ihrem vorderen am Außenrande der Linsenkapsel befindlichen Ende bildet. Über den feineren Bau der Zonula Zinnii habe ich bereits an einer anderen Stelle (8) berichtet. Hervorheben muss ich noch, dass CUVIER und VALENCIENNES, wenngleich sie diesen Namen bei der Besprechung des Auges der Fische nicht erwähnen, wahrscheinlich die Zonula gekannt haben dürften, denn sie machen bei der Erwähnung der Linse (26, pag. 452) folgende Bemerkung: »Elle est attachéé dans une fosse du vitré par un ligament circulaire produit par la membrane du vitré, qui l'entoure à peu près comme l'horizon d'un globe géographique.«

Histologische Untersuchungen.

Die Hornhaut.

Bereits bei der Anführung der makroskopischen Eigenschaften der Hornhaut wurde erwähnt, dass man von derselben die Pars conjunctivalis corneae als einen anatomischen Bestandtheil derselben abpräpariren kann. Es lässt sich nachweisen, dass dieser Theil der Hornhaut die unmittelbare Fortsetzung der äußeren Hautdecke ist. Bei mikroskopischer Untersuchung ergibt sich, dass nicht nur die Cutis, sondern auch das subcutane Bindegewebe einen Antheil an der Zusammensetzung der cornea besitzen.

Mit Recht unterscheidet daher EMERY (34), dem wir die genauesten Untersuchungen über die Hornhaut der Fische verdanken, folgende Schichten derselben:

- 1) geschichtetes Pflasterepithel,
- 2) den conjunctivalen (cutanen) Theil,
- 3) den subconjunctivalen (subcutanen) Theil,
- 4) die Substantia propria,
- 5) die Membrana Descemeti,
- 6) das Plattenepithel der M. Descemeti.

Die Pars conjunctivalis Corneae ist verhältnismäßig sehr stark entwickelt bei *Chrysophrys aurata*, *Crenilabrus. Pagellus* und bei *Petromyzon Planeri*. Sie besteht aus dicht an einander liegenden, welligen, größeren bindegewebigen Fasern, welche parallel zu einander in meridionaler Richtung angeordnet sind: die zwischen den Fasern vorkommenden spindelförmigen Körperchen entsprechen vollkommen (bei *Chrysophrys*) den Bindegewebskörperchen und unterscheiden sich von den Corneakörperchen desselben Thieres durch ihre geringere Größe.

Der conjunctivale Theil ist mithin bei *Chrysophrys* (vgl. Fig. 3 *cj*) und bei *Petromyzon* nicht nur anatomisch als getrennte Schicht der Cornea nachweisbar, sondern sie behält auch in histologischer Beziehung die Eigenschaften der Cutis bei.

Es giebt Fälle, wo die Cutis als eine am Querschnitte getrennte Schicht der Hornhaut erscheint, wie z. B. beim Huchen (vgl. Fig. 2 *cj*) aber in histologischer Beziehung sich vom Gewebe der Cutis unterscheidet. Die Fasern werden bedeutend zarter, gerade gestreckt. Die zwischen denselben gelegenen Körperchen sind länglich, größer als die Bindegewebskörperchen der Cutis, und sind mit

3—4 Fortsätzen versehen. Während die Anordnung der Fasern bei Chrysophrys und Petromyzon einen mehr unregelmäßigen Verlauf zeigt, sieht man dieselben beim Huchen und bei den Selachiern zu Lamellen verbunden, deren Fasersysteme sich, wie an Flächenpräparaten sich ergibt, fast rechtwinklig kreuzen.

Bei den Selachiern lässt sich mit der Nadel der vorderste Theil der Hornhaut als Fortsetzung der Cutis am Querschnitte ablösen, es lässt sich nachweisen, dass die Fasern der Cutis sich als Fasern des vordersten Theiles der Cornea fortsetzen. Sie wandeln sich jedoch nicht nur aus Fasern des gemeinen Bindegewebes in Hornhautfasern um, sondern es ist auch in anatomischer Beziehung die Selbständigkeit dieser Schicht nicht mehr vorhanden. Ähnlich wie bei den Selachiern bildet die Pars conjunctivalis beim Thunfisch mit der übrigen Hornhaut ein gleichartig gebautes Gefüge.

An der Peripherie des conjunctivalen Theiles findet man fast bei allen Fischen eine große Anzahl pigmentirter sternförmiger Zellen. Es liegen dieselben zwischen den Fasern der Hornhaut. Meistens sind sie im Conjunctivaltheile am zahlreichsten vorhanden, in geringerer Anzahl in den tieferen Schichten der Hornhaut, manchmal scheinen sie in den letzteren zu fehlen (Huchen, Chrysophrys). In den tieferen Schichten sind sie bei Myliobatis in großer Zahl vorhanden. An dem Querschnitte durch das Auge vom Thunfisch und von Galeus canis bilden sie eine breite Zone (vgl. Fig. 4), welche die Peripherie der Cornea gegen den Rand der Sclerotica begrenzt. Die Pigmentzellen der Hornhaut sind nicht selten von beträchtlicher Größe, namentlich fand ich dies bei Chrysophrys und beim Huchen, während sie bei Orthogoriscus im Vergleich zu den ersteren als klein zu bezeichnen sind. In Fig. 5 ist eine Pigmentzelle aus dem Conjunctivaltheile des Huchen dargestellt. Im Protoplasma dieser Zellen ist das Pigment in Form von Körnchen abgelagert. Der Kern (*n*), in welchem meist ein Kernkörperchen nachzuweisen ist, ist pigmentlos. Eine Zellmembran kann ich an diesen Zellen nachweisen. Die Pigmentzellen sind platt, erscheinen an Querschnitten spindel- bis stäbchenförmig, und sind mit ihrem Zellkörper zwischen die Faserlamellen der Hornhaut gelagert. Dieselbe Lage besitzen auch die zahlreichen dicken Protoplasmafortsätze derselben, welche sich mehrmals theilen. Anastomosen zwischen den Fortsätzen dieser Zellen konnte ich namentlich bei Orthogoriscus häufig beobachten. Nicht selten erscheint ein Theil eines Protoplasmafortsatzes der Pigmentzellen durch eine helle Linie unterbrochen, so dass es den An-

schein hat, als würde er vom Zellenleibe losgetrennt sein. SCHWALBE, welcher ähnliche Beobachtungen an den Pigmentzellen der Lamina suprachorioidea des Menschen gemacht hat, erklärt diese Erscheinung durch das Überkreuzen mit einer elastischen Faser.

Erwähnen muss ich noch rundlicher, ovaler, selten stäbchenförmiger heller Stellen, welche in dem Protoplasma der Zellen und der Fortsätze (Fig. 5 *h*) vorkommen, dieselben sind meistens in größerer Zahl zu beobachten. Es dürften dieselben wahrscheinlich als Vacuolen aufzufassen sein.

Bei *Orthogoriscus* sind die Pigmentzellen stellenweise zu Gruppen eng an einander gelagert. Sie bilden auf diese Weise längliche, meist unregelmäßig geformte Klumpen.

Der subconjunctivale Theil der Hornhaut ist bei *Petromyzon* die unmittelbare Fortsetzung des subcutanen Bindegewebes. Als selbständige Membran erscheint die Pars conjunctivalis außer bei *Petromyzon* bei *Crenilabrus* (vgl. EMERY), *Chrysophrys*, *Pagellus* und bei *Orthogoriscus*. Bei *Chrysophrys* unterscheidet sie sich in histologischer Beziehung durch ihre welligen Fasern, welche aber zarter, als die der Pars conjunctivalis sind, von der, geradlinige Fasern enthaltenden, Substantia propria. Ferner sind die Lamellen des subconjunctivalen Theiles viel zarter als die in der letzteren Schicht. Ähnlich verhält sich diese Schicht bei *Pagellus* und *Crenilabrus*.

Bei den Rochen und Haien so wie bei einzelnen Teleostiern (*Thunfisch*) kommt dieser Membran weder in anatomischer noch in histologischer Beziehung eine selbständige Trennung von der Substantia propria zu.

Bemerken muss ich noch hier, dass der subconjunctivale Theil seine Gewebsbestandtheile aus dem subcutanen Bindegewebe der Haut, aus dem vorderen Ende der die orbitalen Gebilde umhüllenden bindegewebigen Schicht und einzelnen Fasern der äußeren Bindegewebslage der Sclerotica bezieht.

Bei den meisten Arten wird der Antheil der Pars subconjunctivalis und conjunctivalis an der Zusammensetzung der Hornhaut an Größe übertroffen von der im Querschnitte am dicksten erscheinenden Substantia propria corneae. Die ersteren Schichten übertreffen die Substantia propria bei *Orthogoriscus* und bei *Pagellus mormyrus*. An längere Zeit in Alkohol macerirten Hornhäuten des letzteren lässt sich die Pars subconjunctivalis sogar makroskopisch darstellen. Bei *Orthogoriscus* erkennt man an Querschnitten durch die Hornhaut einen Streifen, den auch STANNIUS (118, pag. 78) bei *Anableps*

beschreibt, welcher dieselbe in einen vorderen breiteren Theil und in einen rückwärtigen schmälern Theil spaltet. Man kann, wenn man die Pars subconjunctivalis gegen die Mitte der Hornhaut zu verfolgt, sich davon überzeugen, dass dieser helle Streifen an der hinteren Seite der genannten Schicht liegt. Er bildet die Begrenzungslinie zwischen den beiden vorderen Schichten, während der hinter dieser Trennungslinie gelegene Theil der Hornhaut der Substantia propria und der Membrana Descemeti angehört.

Die Substantia propria der Hornhaut besteht bei den Fischen aus ungemein zarten geradlinig verlaufenden Fasern. Bloß bei *Orthogoriscus* finde ich, dass die Fasern derselben, eben so wie in der Pars subconjunctivalis desselben, wellenförmig gekräuselt sind.

Die Hornhautkörperchen besitzen, an Flächenpräparaten so wie an Querschnitten untersucht, eine spindelförmige Gestalt. Dieselben haben ein spärliches Protoplasma und enthalten meist nur einen kugelligen oder ovalen Kern. Sie besitzen 3—4 Fortsätze, an welchen ich manchmal Theilungen finde. Mit ihren Längsachsen sind die Hornhautkörperchen parallel zu den Bündeln, zwischen welchen sie liegen, angeordnet.

Die Hornhautfasern sind durch eine Kittsubstanz zu Bündeln und letztere wieder mit einander zu Bündeln an einander gelagert. Die Lamellen der Substantia propria sind bei den Fischen nur selten von geringer Dicke, so dass die Hornhaut in letzterem Falle aus einer großen Anzahl sehr zarter Lamellen besteht, wie man dies bei *Petromyzon* und bei *Orthogoriscus* beobachten kann.

Meist sind die primären Bündel schon von ansehnlicher Dicke und in Folge dessen auch die Zahl der sich aus denselben zusammensetzenden Lamellen eine sehr geringe. An Querschnitten durch die Substantia propria (Fig. 2 und 4 *cp*) erkennt man scharfe Begrenzungslinien, welche parallel zur Hornhautoberfläche in derselben verlaufen. Es sind dies die Trennungslinien der breiten Hornhautlamellen. In je einer Hornhautlamelle ist die Anordnung der Fasern parallel zur Schnittfläche, in der darauf folgenden senkrecht zur Schnittebene. Zwischen den Hornhautlamellen sind die Hornhautkörperchen in großer Anzahl eingelagert.

Ich finde diese Eigenthümlichkeit der Hornhautlamellen in der Litteratur fast gar nicht berücksichtigt, bloß in den Abbildungen von EMERY finde ich dieselben angedeutet.

Mit Ausnahme von *Petromyzon* und *Orthogoriscus* kommt dieser

Bau der Substantia propria sämtlichen von mir untersuchten Knorpel- und Knochenfischen zu. Bei den Selachiern und beim Thunfisch haben auch die Pars conjunctivalis und subconjunctivalis denselben Bau, wie die Substantia propria.

Theils durch feinere Bündel, theils durch dicke Faserbündel, welche von einer Lamelle sich loslösen und einer benachbarten sich zugesellen, sind diese Lamellensysteme mit einander verbunden. Außer diesen sich überkreuzenden in meridionaler Richtung verlaufenden Fasersystemen kommen bei einzelnen auch Bündel vor, welche eine Strecke lang einen cirkulären Verlauf besitzen (Huchen, Chrysophrys, Caraux). An Schnitten, welche parallel zur Oberfläche der Hornhaut geführt werden, lassen sich dieselben in der Nähe der Hornhautperipherie leicht nachweisen.

Die Anzahl der Schichten ist meist, wie bereits erwähnt wurde, eine sehr geringe, so finde ich z. B. bei *Myliobatis aquila* deren 24. Am Hornhautrande sind dieselben am breitesten, gegen die Hornhautmitte zu verschmälern sie sich. Eine Reduktion der Anzahl derselben findet jedoch nicht statt.

Erwähnen muss ich einer Verschiedenheit im Baue der Substantia propria, welche im hinteren Theile der Hornhautperipherie beim Huchen und bei *Crenilabrus* zu beobachten ist. Es sind in diesem Theile die Faserbündel nicht zu Lamellen an einander geordnet, sondern sie verflechten sich, wie an dem abgebildeten Querschnitte durch den vorderen Theil des Auges vom Huchen (Fig. 2 *h*) zu beobachten ist, in den verschiedensten Richtungen. Ein Theil derselben hat einen cirkulären Verlauf. Das Durcheinandergeflochtensein dieser Faserbündel geschieht, wie man sich an Quer- und an Flächenschnitten der Hornhaut überzeugen kann, sowohl in sagittaler als in vertikaler Richtung. Erst in einiger Entfernung von der Hornhautperipherie ordnen sich die Faserbündel zu breiten Lamellen, wie sie der vordere Theil der Hornhaut (Fig. 2 *v*) bereits an der Peripherie der Cornea besitzt.

An dem Hornhautrande konnte ich am Querschnitte beim Huchen und bei *Galeus canis* eine Anzahl neben einander verlaufender, in sagittaler Richtung die Hornhaut durchbohrender Fasern (Fig. 2 *Cs*) beobachten. Dieselben entstehen dadurch, dass aus den tiefer gelegenen Lamellen Fasern sich loslösen, welche die Hornhaut in einem großen Theile ihres Querdurchmessers durchsetzen und in hochgelegene (im vorderen Theile der Cornea befindliche) übergehen, theils bis an den vorderen Rand derselben zu reichen scheinen. Am

meisten lassen sich dieselben noch mit den *Fibrae arcuatae* der menschlichen Hornhaut in Vergleich bringen, von welchen eine genauere Beschreibung durch HENLE (Handbuch der Anatomie 1866. II. pag. 604), ROLLETT (Litt.-Verz. 97, pag. 1110) und WALDEYER (GRAEFE und SAEMISCH, Handbuch der ges. Augenheilkunde. I. pag. 172) gegeben wurde.

Es unterscheiden sich jedoch diese sagittalen Fasern des Huchen und von *Galeus* von den Stützfasern der menschlichen Hornhaut durch ihre bedeutendere Länge und durch ihre auf die Hornhautperipherie beschränkte Lage. Während diese Fasern bei den Fischen tief in das Gewebe der Hornhaut zurückreichen, kommen sie beim Menschen bloß in den vordersten Schichten vor.

Das eigenthümliche Irisiren der Hornhaut der Fische wird nach EMERY (33 und 34) hervorgerufen durch zellige und faserige Bestandtheile. Die Beobachtung von EMERY, betreffend eine aus Zellen bestehende Schicht zwischen der *Substantia propria* und der *Membrana Descemeti* bei *Crenilabrus*, kann ich bestätigen. Die Zellen haben die Form von Plattenepithelien, welche runde Kerne enthalten. Die Zellschicht erscheint mit schief zur Hornhautachse gerichteten Streifen versehen, welche den Grenzlinien der an einander gelagerten Plattenepithelien entsprechen.

Auch die von EMERY beschriebenen wellenförmig gebogenen Fasern in der hinteren Hälfte der Hornhaut von *Uranoscopus* kann ich bestätigen.

Von zelligen Elementen kommen in der Hornhaut außer den bereits besprochenen Pigmentzellen und den Hornhautkörperchen auch farblose Blutkörperchen (Wanderzellen) vor. Bei *Crenilabrus* liegen sternförmige, mit gelbem Pigment erfüllte Zellen in der hinteren Hälfte der *Cornea*, welche ich bloß von EMERY erwähnt finde.

Sehr reich ist die Hornhaut der Fische an Nerven. Dieselben stammen zum Theile aus den Nerven der *Conjunctiva*, theils gehen sie aus den Ciliarnerven hervor.

Die conjunctivalen Nerven liegen an der Hornhautperipherie nahe an einander. Sie sind an der Peripherie meist markhaltig. Die marklosen Nerven sind zarte Fäserchen. Die Fasern theilen sich mehrfach dichotomisch und bilden einen nahe der Oberfläche gelegenen Plexus.

Den Verlauf der Ciliarnerven konnte ich bei *Laeviraja* und bei *Orthogoriscus* verfolgen. Es durchbohren dieselben in der

Umgebung des Sehnerven die Sclerotica, verlaufen zwischen den Lamellen der Suprachorioidea nach vorn bis zum Ligamentum ciliare, bis zu welchem sie sich mit Zuhilfenahme der Lupe verfolgen lassen. Die Nervenfasern der Ciliarnerven sind markhaltig und sind im hinteren Theile des Bulbus zu wenigen Bündeln vereinigt. Im vorderen Theile des Auges theilen sich diese Nervenbündel mehrfach. Nirgends fand ich, trotzdem ich häufig danach suchte, Ganglienzellen in den Verlauf der Nervenfasern eingeschaltet und glaube auch annehmen zu können, dass intraoculäre Ganglien den Fischen nicht zukommen.

In der Nähe des Ligamentum ciliare durchbohren die Nervenbündel die Sclerotica in schiefer von hinten außen nach innen und vorn verlaufender Richtung, wie ich dies an Querschnitten durch den vorderen Theil des Auges vom Huchen und an Flächenpräparaten des Corneo-Scleraltheiles von *Crenilabrus* beobachten konnte. Die Nervenbündel enthalten noch in der Peripherie der Cornea zu meist markhaltige Fasern. Die Nervenfasern treten in etwa 30—40 kleinen Bündeln in die Hornhaut hinein. Diese Bündel theilen sich gegen die Hornhautmitte zu mehrfach. Nach den Untersuchungen von ZELINKA (128) bilden diese Fasern einen tiefliegenden Nervenplexus in der Hornhaut der Fische.

Am Rande der Cornea vom Huchen finde ich ein arkadenförmiges Gefäßnetz, von welchem jedoch noch einzelne kleine gegen den mittleren Theil der Hornhaut sich begebende Gefäßästchen abgehen und eine kurze Strecke weit sich verfolgen lassen. Dieser Gefäßkranz liegt in dem vorderen Theile der Hornhaut.

Ein großer Theil der aus den Ciliarnerven entstandenen Nervenstämmchen erscheint an der Hornhautperipherie beim Huchen von einem zarten Gefäße begleitet. Eine ähnliche Beobachtung hat HOYER an denselben Nervenstämmchen des Hechtes gemacht. Bemerken will ich noch, dass die Ciliarnerven bereits in ihrem Verlaufe im suprachoroidalen Lymphraume und zwar in dem vorderen Theile desselben von kleinen Gefäßen begleitet werden.

Die Descemetische Haut ist bei allen von mir untersuchten Fischen eine zarte, vollkommen strukturlose Haut. Ich habe nie finden können, dass der Rand derselben sich auffasere, um die Fasern des Ligamentum iridis pectinatum (annulare) zu bilden. Bei *Chryso-phrys aurata* bedeckt die Descemetische Membran die ganze äußere Fläche des Ligamentum annulare und lässt sich bis zum scleralen Rande verfolgen. Das Endothel der Descemetischen Membran setzt

sich, wie ich beim Huchen, bei Luvarus¹ und bei Pagellus feststellen konnte, von derselben auf das Ligamentum annulare fort, dessen vordere Fläche es bis zu seinem Pupillarrande überkleidet.

Die Sclerotica.

Bei *Petromyzon planeri* besteht die Sclerotica aus einer zarten bindegewebigen Membran, deren Fasern meist einen meridionalen Verlauf besitzen. Äquatorial verlaufende Fasern kommen zumeist in der Mitte des Auges vor. Ich finde dieselben von LANGHANS (64, pag. 304) bereits beschrieben. Ferner finde ich auch einzelne äquatoriale Fasern in der Umgebung des Sehnerven.

Bei den Selachiern und den Teleostiern überwiegen ebenfalls die meridional verlaufenden Fasern. Letztere setzen sich am vorderen Ende der Sclerotica unmittelbar in Fasern der Sclerotica fort. An der Eintrittsstelle des Sehnerven gehen die meridionalen Fasern in die äußere Scheide desselben über (vgl. LEUCKART). Äquatorial verlaufende Fasern kann man im ganzen Verlauf der Sclerotica finden. Ähnlich wie in der menschlichen Sclerotica, erscheinen sie hier als kleine Bündel, welche zwischen die meridionalen Fasern durchgeflochten sind. In größerer Anzahl sind sie zwischen dem vorderen Ende des Scleralknorpels und Knochens und dem Hornhautrande zu finden, ferner in dem hinteren Theile des Augapfel in dem für den Durchtritt des Sehnerven bestimmten Knorpelfenster.

Bei den Selachiern (vgl. Fig. 1) setzt sich der schichtenartige, lamellöse Bau der Hornhaut noch in den vorderen Abschnitt der Sclerotica fort. Zwischen je zwei Schichten findet man häufig eine Lage von Pigmentzellen. Während die meridionalen Schichten der Hornhaut in solche Schichten der Sclerotica, welche einen gleichen Verlauf besitzen, übergehen, setzen sich die senkrecht zur Schnittebene verlaufenden Fasern in Schichten fort, deren Fasern einen circulären Verlauf besitzen. An Flächenschnitten konnte diese Verlaufsweise nachgewiesen werden.

Am vorderen Ende der Sclerotica lassen sich bei den Selachiern, eben so wie beim Huchen, in sagittaler Richtung verlaufende Faserbündel nachweisen (Fig. 2 Ss). Es entstehen dieselben dadurch, dass einzelne von den meridionalen Fasern umbiegen und einen meridionalen Verlauf einschlagen. Sie stammen theils aus der

¹ Erst nach Abschluss meiner Untersuchungen über das Auge von Luvarus (7) habe ich Präparate erhalten, an welchen sich dies feststellen ließ.

inneren bindegewebigen Bekleidung des Scleralknorpels, theils aus den hinteren Schichten der Hornhaut.

Erwähnen muss ich noch, dass im hinteren Theile des Auges nicht selten zwischen den Fasern der Sclerotica Fettzellen eingelagert vorkommen. Größtentheils liegen dieselben in den äußeren Schichten der Sclerotica. Namentlich beim Huchen habe ich sie (vgl. Fig. 17 *ft*) in großer Anzahl gefunden. Sie sind in Gruppen an einander gelagert und bilden vielfach geschlungene schlauchartige Formen.

Die äußere Fläche der Sclerotica zeigt in manchen Fällen einen eigenthümlichen irisirenden Glanz. Diese Erscheinung wurde bereits von LEYDIG bei *Chimaera monstrosa* hervorgehoben. Eine ähnliche Beschaffenheit zeigt auch die Augenhöhle, von welcher LEYDIG (67, pag. 248) berichtet: »Das Perichondrium der Augenhöhle hat ein silberfarbenes Pigment.«

Bei *Raja asterias* finde ich sternförmige Zellen (Fig. 6), welche die äußere Oberfläche der Sclerotica in ihrem vorderen Antheile bedecken. Sie liegen meist zu Gruppen beisammen in einiger Entfernung von einander. Die Zellen besitzen meist mehrere Fortsätze, von denen ein Theil sich wieder theilt. Sie haben eine platte Form. Im Zellenleibe sind nadelförmige Krystalle enthalten, welche ähnliche Interferenzfarben zeigen, wie die krystallhaltigen Zellen des Tapetes. In manchen von diesen Zellen füllen diese Krystalle den Zellenleib nicht vollständig aus, sondern in einzelnen Lücken ist noch das Protoplasma der Zelle erhalten. Einige Zellen lassen einen runden, meist central, seltener peripher (Fig. 6 *nl*) gelegenen Kern erkennen. In der größeren Zahl derselben ist der Kern nicht nachweisbar. Außer in diesen Zellen finden sich die nadelförmigen Krystalle auch zu kleinen unregelmäßigen Plättchen an einander gelagert.

Es ist wohl anzunehmen, dass der eigenthümliche Glanz des vorderen Theiles der Sclerotica von *Raja asterias* von den krystallhaltigen Zellen zum Theil herrührt.

Auch bei *Othoriscus* finde ich einen ähnlichen Glanz an der Sclerotica, konnte jedoch krystallhaltige Zellen nicht finden. Vermuthlich dürften hier dieselben Interferenzerscheinungen durch die Anordnung des fibrösen Gewebes der Sclerotica zu Stande kommen.

Der Scleralknorpel der Fische ist entweder hyaliner oder Faserknorpel. Es lässt sich jedoch gerade an dem Scleralknorpel der Fische nachweisen, dass die Unterscheidung dieser beiden Knorpelarten nicht durchzuführen ist, indem ein und derselbe Knorpel in einem Theile hyalin, in dem anderen faserig sein kann und die Ent-

stehung von Faserknorpel stets durch die Umwandlung von hyalinem Knorpel zu Stande kommt. Eine solche Umwandlung kommt auch als Vorstadium anderer Veränderungen der Knorpeltextur vor, welche später erwähnt werden sollen.

Die Zellen des Knorpels der Fische wurden bereits von LEYDIG und von LANGHANS mit solcher Genauigkeit beschrieben, dass ich nur Weniges hinzuzufügen habe.

Dieselben sind oft in einem Exemplare des Scleralknorpels von verschiedener Form. Sie sind entweder spindelförmig oder oval, halbmondförmig, stern- oder stäbchenförmig. Eben so wechselt auch die Menge des Protoplasmas derselben. Bei einzelnen enthält dasselbe einige Fetttröpfchen (Fig. 7 *ft*), wie dies auch von LEYDIG (65, pag. 2) erwähnt wird.

Bei einigen Fischen lassen sich die Protoplasmafortsätze weit in die Knorpelgrundsubstanz hinein verfolgen, so namentlich bei den Selachiern und bei einigen Knochenfischen (*Luvarus*, *Chrysophrys*). Besser kann man dies an mit Goldchlorid behandeltem Knorpel. Es erscheinen die Knorpelzellen an derartig angefertigten Präparaten sehr intensiv violett bis purpurroth gefärbt, während die hyaline Grundsubstanz fast gar nicht gefärbt erscheint. Ich konnte an derartig behandeltem Knorpel von *Orthogoriscus* häufig Anastomosen zwischen den Protoplasmafortsätzen von zwei Knorpelzellen beobachten (Fig. 7 *an*). In manchen Fällen stellen diese Anastomosen sehr breite, kurze Verbindungen dar, in anderen findet man einen schmalen, langen verbindenden Faden. Anastomosen zwischen Knorpelzellen wurden bei *Salmo* von LANGHANS (64, pag. 251) und bei höheren Vertebraten von SPINA beobachtet. Erwähnen muss ich noch, dass nicht selten zwei Kerne in einer Zelle vorkommen. Die Form des Kernes ist eine rundliche bis stäbchenförmige.

Von besonderem Interesse erscheint es mir hervorzuheben, dass die Anordnung der Knorpelzellen im Scleralknorpel der Fische eine gewisse Gesetzmäßigkeit erkennen lässt. Es hat dieselbe nichts gemein mit der reihenweisen Anordnung, wie sie die Knorpelzellen im Beginne der Ossifikation¹ zeigen. Es spricht hierfür, dass sie bereits in einer sehr frühen Entwicklungsperiode sich ähnlich angeordnet finden lassen. So sah ich diese bestimmte Anordnungsart bei einem Embryo von *Mustelus laevis*, dessen Scleralknorpel bereits weit in der Entwicklung vorgeschritten war, schon

¹ Vgl. hierüber O. ROSENTHAL, Üb. die Veränderung des Knorpels vor der Verknöcherung. Med. Centralbl. 1875, Nr. 35.

deutlich erkennbar. Bei dieser Gelegenheit will ich bemerken, dass die Zellen des embryonalen Knorpel meist längsoval, viel breiter als die des entwickelten Thieres sind, ferner, dass die hyaline Inter-cellularsubstanz in viel geringerer Menge vorhanden ist, so dass die Knorpelzellen sehr nahe an einander zu liegen scheinen.

Ein fernerer Beweis dafür, dass die bestimmte Anordnung der Knorpelzellen einiger Fische in keiner Beziehung zur Ossifikation steht, ist darin gegeben, dass sie auch an Stellen vorkommt, wo niemals Ossifikation eintritt, wie z. B. im hinteren Theile des Bulbus von *Luvarus*, *Chrysophrys*, *Crenilabrus* u. A.

Nahe der Oberfläche sind die Knorpelzellen mit ihrer Längsachse meist parallel zur Oberfläche des Scleralknorpels angeordnet, wie dies bereits LEYDIG erwähnt. Man findet dies namentlich bei den Selachiern, wo sie in einer schmalen inneren und äußeren Zone des Knorpels eine 3—4fache, manchmal eine achtfache Reihe bilden. In anderen Scleralknorpeln findet man nahe der äußeren und der inneren Oberfläche eine schmale zellenlose Zone (*Chrysophrys*, *Uranoscopus*, *Crenilabrus*, *Pagellus*). An dem vorderen und dem hinteren Rande des Scleralknorpels der Selachier sind die Zellen mit ihrer Achse ebenfalls parallel zur Oberfläche des Knorpels gerichtet, eben so auch an den Durchtrittstellen der *Vasa vorticiosa stenonis*.

Die breite mittlere Zone des Knorpels ist entweder mit größtentheils radiär (zur Oberfläche des Knorpels senkrecht) gerichteten Knorpelzellen besetzt (*Carcharias*, *Luvarus*), wie dies auch LANGHANS (64, pag. 302) von *Hexanchus griseus* erwähnt, oder es sind die Knorpelzellen in Gruppen von 3—7 und mehr Zellen angeordnet (*Myliobatis*, *Squatina*, *Galeus*, *Raja*, *Laeviraja*).

Bei denjenigen Fischen, deren Scleralknorpel eine innere und eine äußere zellenlose Zone besitzt, kann man in der mittleren Zone und zwar an deren beiden Begrenzungsflächen parallel zur Oberfläche gerichtete Knorpelzellen wahrnehmen, während die Mitte von radiär angeordneten Zellen eingenommen wird. Sehr schön lässt sich dies an einem Querschnitt durch den hinteren Theil des Scleralknorpels von *Crenilabrus* beobachten (Fig. 9). Man sieht daselbst die beiden zellenlosen Schichten (*iz* und *az*), zwischen welchen in der mittleren Zone (*mz*) bloß in einer Lage die radiär gerichteten Knorpelzellen gelagert sind. An der Grenze zwischen der mittleren Zone und den benachbarten Zonen liegen mit der Oberfläche des Scleralknorpels parallel gerichtete Zellen.

Mit dieser Anordnung der Knorpelzellen stimmen überein *Creni-*

labrus, Pagellus, Luvarus (mit dem Unterschiede, dass die äußere Zone hier mit Zellen besetzt ist).

Bei Uranoscopus ist die innere und die äußere Zone ebenfalls zellenlos, die mittlere verhält sich ähnlich, wie bei den Rajiden.

Beim Huchen sind die Knorpelzellen (zu 30—50 in Gruppen angeordnet und diese Gruppen sind, wie LANGHANS (l. c. pag. 295) bemerkt, durch eine zellenlose Zwischensubstanz von einander geschieden. Bemerkenswerth scheint mir, dass die zellenhaltige hyaline Intercellularsubstanz sich mit Karminammoniak bedeutend schwächer tingirt, als die zellenlose.

Beim Embryo von Mustelus laevis fand ich nahe der Oberfläche einzelne Knorpelzellen mit der Oberfläche des Scleralknorpels parallel gerichtet, eine einfache Reihe von meist radiär gerichteten Zellen nimmt die mittlere Zone ein. Vergleicht man diesen Befund mit dem der entwickelten Haie, so erscheint es wahrscheinlich, dass dem Knorpel ein interstitielles Wachstum durch Vergrößerung der mittleren Zone zukomme. Auch LANGHANS tritt für ein solches ein.

Bemerken will ich hier, dass auch bei den Amphibien, Reptilien und den Vögeln die Anordnung der Knorpelzellen im Scleralknorpel eine ähnliche ist. So finde ich beim Axolotl, dessen Knorpelzellen eine elliptische Form haben und deren Fortsätze sich deutlich in die Knorpelgrundsubstanz hinein verfolgen lassen, in der äußeren und der inneren Zone parallel zur Oberfläche des Scleralknorpels in ein bis zwei Reihen angeordnete Zellen. In der mittleren Zone ist eine große Anzahl radiär gerichteter Knorpelzellen zu beobachten. Ähnlich ist die Anordnung bei Chelonia Caretta und beim Truthahn. Bei letzterem sind die Knorpelzellen der mittleren Zone in Gruppen von 3—6 zusammen gelagert.

Die der inneren Zone angehörigen Knorpelzellen von Chelonia sind, wie LEYDIG auch von Emys berichtet, mit einem dunklen körnigen Pigment erfüllt.

Das Auftreten von Fasern in der Knorpelgrundsubstanz geschieht entweder in Form von netzartigen Geflechten oder von Lamellen oder von Faserbündeln. Bei den Rochen und Haien findet man, dass die Entwicklung von Fasern in der nahe der Oberfläche gelegenen, mit meridional gelagerten Zellen besetzten Zone auftritt. Die Fasern haben ebenfalls eine meridionale Richtung. Bei Galeus und bei Orthogoriscus ist die Grundsubstanz des vorderen Randes des Scleralknorpels von meridionalen kurzen Fasern durchzogen und lassen sich diese Fasern aus dem Knorpel in die Sele-

rotica hinein verfolgen, so dass es scheint, dass diese Fasern in Bindegewebsfasern der Sclerotica übergehen.

Meridionale Faserlamellen finde ich in der mittleren Zone des Scleralknorpels von *Squatina* und von *Orthogoriscus*. Dieselben bilden am Querschnitte unregelmäßige, sich netzförmig mit einander verbindende Linien (Fig. 16 *mf*).

Im hinteren Theile des Scleralknorpels dieser beiden Fische findet man radiär verlaufende Fasersysteme im Knorpel. Sie gehen bei denselben von der inneren Oberfläche aus, sind bei *Squatina* zu Bündeln mit einander vereinigt, welche eine Strecke weit in die mittlere Zone des Knorpels hineinreichen (Fig. 16). Mit starken Vergrößerungen kann man sich überzeugen, dass einzelne von den radiären Fasern des Knorpels in meridionale Fasern der inneren Bindegewebslage des Scleralknorpels übergehen, einzelne setzen ihren radiären Verlauf fort und nehmen an der Bildung eines zwischen der Sclerotica und der Chorioidea gelegenen bindegewebigen Balkensystemes Theil.

Erwähnen will ich hier, dass im Knorpel des Augenstieles von *Squatina* sich auch Faserbildung beobachten lässt. Radiäre Fasern ziehen von der vorderen konkaven Fläche eine Strecke weit nach hinten. Den ganzen Knorpel finde ich allenthalben in Faserknorpel umgewandelt.

Von J. MÜLLER (84, I, pag. 132) wurde am Skelete der Selachier eine eigenthümliche Veränderung der Knorpeloberfläche zuerst beschrieben, welche er als Verkalkung von wahren Knorpel ansah. Mit Rücksicht auf die mosaikartige Form, in welcher diese Veränderung die Knorpeloberfläche betrifft, bezeichnete er die verkalkten Theile als »pflasterförmigen Knorpel«. Genauere Berichte lieferte er auch über die Stellen des Skeletes, an welchen pflasterförmiger Knorpel zu finden ist.

Nach J. MÜLLER hat LEYDIG (65, pag. 6) sich sehr eingehend mit der Natur dieser Umbildung des Knorpels und mit den Formen, unter welchen sie bei den verschiedenen Arten auftritt, beschäftigt. LEYDIG gelangte zu dem Resultate, dass es sich um eine in Form von Plättchen auftretende Ossifikation der Knorpeloberfläche handle und bezeichnete die Plättchen als »Knochenschüppchen«.

Nirgends finde ich erwähnt, dass dieselbe Veränderung sich auch am Scleralknorpel der Selachier beobachten lässt. Sie beginnt meist an der äußeren Oberfläche, seltener an der inneren, pflegt jedoch die ganze Oberfläche zu betreffen. Die ausgebildeten »Knochenschüppchen«

sind achteckige Platten, welche radiär gestreift erscheinen. Eine Anzahl von ovalen, seltener rundlichen hellen Körperchen ist zwischen den Fasern zu finden und zwar sind sie im Centrum des Knorpelschüppchens zahlreicher als in der Peripherie zu beobachten. LEYDIG bezeichnete dieselben als unverästelte Knochenkörperchen.

Da die Kenntnis der Entstehungsweise dieser Knorpelschüppchen die Frage nach der Bedeutung dieser Umwandlung des Knorpelgewebes zu beantworten im Stande ist, will ich hier eingehender dieselbe besprechen.

Bereits oben wurde bemerkt, dass die innere und die äußere schmale Knorpelzone der Rochen und Haie von meridionalen Fasern dicht durchsetzt werden. Betrachtet man einen Flächenschnitt des Scleralknorpels derselben, welcher die äußere oder die innere Zone trifft, so erscheint Folgendes.

Es sind die Fasern in Bündel angeordnet und letztere bilden sternförmige Figuren, indem die Faserbündel von gemeinsamen Mittelpunkten ausstrahlen. Die Anzahl der Faserbündel, welche von einem Mittelpunkte ausstrahlen schwankt zwischen 4 bis 8. Im Mittelpunkte dieser sternförmigen Figuren sieht man bei einzelnen derselben bereits Kalkeinlagerungen, welche Stellen an in Chromsäure oder in doppelchromsaurem Kali gehärteten Augen durch grüne Färbung besonders hervortritt.

Es entstehen diese Faserbündel dadurch, dass die hyaline Zwischensubstanz faserig wird. Die zwischen den Fasern gelegenen, meist ovalen oder spindelförmigen Knorpelzellen erscheinen mit ihrer Längsachse zur Richtung der Fasern parallel gerichtet. Im Vergleich zu den hyalin gebliebenen Stellen des Knorpels erscheint im faserigen Theile desselben die Anzahl der Knorpelzellen vermehrt. Auch ihre Größe hat im Vergleiche zu denen der hyalinen Substanz meist bedeutend zugenommen.

Man kann, wenn man an solchen Flächenschnitten diesen Verkalkungsvorgang untersucht, die verschiedenartigsten Stadien desselben oft an einem und demselben Auge verfolgen. Zur Darstellung desselben bediene ich mich eines in Fig. 8 abgebildeten Präparates, welches einen parallel zur inneren Oberfläche geführten Schnitt durch den Scleralknorpel von *Trygon pastinaca* darstellt.

Es lässt sich hier ersehen, dass der Verkalkungsvorgang stets von dem Centrum der sternförmigen Figuren beginnt und in der Richtung der Faserbündel weiter schreitet. Man erkennt nämlich sternförmige Figuren, deren Fortsätze mit krummlinigen, nicht sel-

ten zackigen Rändern einander berühren. Die Fortsätze eines und desselben Sternes sind nicht sämtlich zugleich nach allen Richtungen in gleicher Weise entwickelt. Während sie an einer Seite bereits zum benachbarten Knochenschüppchen vollkommen verkalkt sind, können sie an der anderen Seite desselben Knochenschüppchens eben erst in ihrer Entwicklung angedeutet sein. An anderen Stellen sind die Fortsätze zwar entwickelt, sie berühren sich jedoch nicht gegenseitig, sondern zwischen den verkalkten Stellen findet sich eine faserige Brücke (*h*).

Vergleichen wir die bisher gewonnenen Beobachtungen, so ergibt sich die Berechtigung zur Annahme, dass die Verkalkung im Centrum beginne und in den radiären Faserbündeln bis zur gegenseitigen Berührung der verkalkten Fortsätze weiter schreite.

Es scheint nach eingetretener Verkalkung eines sternförmigen Faserbündels die Möglichkeit zu bestehen, dass durch neue Faserbildung und abermalige Verkalkung dieser neuentstandenen Fasern die Zahl der Strahlen bis auf acht vermehrt werden.

Ich finde nämlich an dem in Bildung begriffenen pflasterförmigen Knorpel einzelne, welche 4 bis 5 Strahlen besitzen, während in den entwickelten Knochenschüppchen keines weniger als 8 Strahlen oder vielmehr Ecken besitzt. In manchen Fällen (*a*) findet man Faserbündel, welche bloß in einer schmaleren Breitenausdehnung verkalkt sind, als die Breite des Faserbündels beträgt.

Erst in einem späteren Stadium erreichen die Knochenschüppchen die Form, bei welcher sie mit allen ihren Fortsätzen sich gegenseitig berühren, der Form eines Ordenssternes nicht unähnlich sehen und zwischen ihren Fortsätzen größere oder kleinere Inseln, welche hyalinen Knorpel enthalten, erkennen lassen.

LEYDIG machte auf die Verschiedenheit der Form dieser Knorpelinseln bei verschiedenen Fischarten aufmerksam. Ich konnte jedoch in einem und demselben Exemplare nicht selten dieselben beisammen finden und sehe mich daher zu der Annahme veranlasst, dass diese verschiedenen Formen des pflasterförmigen Knorpels verschiedene Entwicklungsstadien desselben sind.

Die Knochenschüppchen bilden ein zierliches Netzwerk, dessen Knotenpunkte von den Verkalkungscentren gebildet werden. Erst am Ende der Umwandlung des Knorpels bilden die Knochenschüppchen die Form von achteckigen Plättchen, welche eng an einander gelagert sind und ein zierliches Mosaik darstellen. Diese Formen der Knochenschüppchen finde ich von J. MÜLLER (84, I, Taf. IX, Fig. 3)

und LEYDIG (65, pag. 154) bereits abgebildet. Es entstehen dieselben dadurch, dass die hyalinen Knorpelinseln allmählich demselben Umwandlungsprocesse unterliegen, dem die sternförmigen Figuren ihre Entstehung verdanken.

Ob es sich bei dem eben geschilderten Vorgange um die Bildung von wahren Knochen handle, wie es LEYDIG annimmt, oder um eine mit dem Größerwerden der Massenzunahme der Knorpelkörperchen und der Faserbildung in der hyalinen Grundsubstanz einhergehenden Verkalkung von Knorpel, muss ich noch unentschieden lassen, da mir nicht bekannt ist, ob in den Knochenschüppchen die für den Knochen charakteristische leimgebende Substanz enthalten ist.

J. MÜLLER (84, pag. 133) erwähnt, dass im Innern des hyalinen Knorpels äußerst selten pflasterförmiger sich findet. Er beobachtete dies an der Wirbelsäule von *Myliobatis*.

Ich habe bloß bei *Trygon pastinaca* in der mittleren Zone des Knorpels die Bildung von pflasterförmigem Knorpel gefunden. Es hatte der umgewandelte Theil des Knorpelgewebes eine cylindrische Form und eine zur Knorpeloberfläche senkrechte Richtung. Es fand sich diese Veränderung bloß im hinteren Theile des Scleralknorpels.

Vielleicht gehört eine Erscheinung, welche ich am vorderen Theile des Scleralknorpels von *Myliobatis* zu beobachten Gelegenheit hatte, auch zu den im Centrum des Knorpels entstehenden Bildungen des pflasterförmigen Knorpels. Ich fand hier einen dicken Faserstrang, welcher an der inneren Oberfläche beginnt und die Breite des Knorpels durchsetzend an dessen äußerer Oberfläche endet.

LEYDIG (65, pag. 8) bemerkt bei der Besprechung des Skeletes der Rochen und Haie: »Es kommen Fälle vor, wo bei alten Individuen stellenweise die pflasterförmige Knorpelkruste neuerdings überwachsen wird.« LEYDIG erwähnt als Ort für das Vorkommen dieser Erscheinung das Gelenk zwischen dem Hinterhaupte und der Wirbelsäule.

Eine ähnliche Beobachtung konnte ich ebenfalls an dem Scleralknorpel der Rochen und Haie machen. Namentlich an dem vorderen Rande des Scleralknorpels, ferner in der Umgebung des Sehnervenloches finde ich nicht selten eine Auflagerung von Knorpel über der Lage von Knochenschüppchen. In dieser allem Anschein nach neugebildeten Lage von Knorpel sind die Knorpelzellen ebenfalls der Oberfläche parallel gerichtet. Die Zwischensubstanz ist häufig faserig. Bei *Myliobatis* sehe ich ferner einige faserige Züge (Fig. 1*f*), welche von der Schicht der Knochenschüppchen zur Oberfläche des

Scleralknorpels sich begeben und von denen ein Theil denselben Verkalkungsprocess bereits durchgemacht hat, während ein anderer im Beginn desselben zu beobachten ist. Es tritt dieses Überwachsenwerden der Knochenschüppchen von neugebildetem Knorpel schon in einer Zeit auf, wo der Bildungsvorgang der Knochenschüppchen noch nicht an der ganzen Oberfläche des Knorpels vor sich gegangen ist. So sehe ich denselben bei *Myliobatis* zu einer Zeit, wo die innere Knorpeloberfläche, an welcher die Bildung von Knochenschüppchen meist später beginnt, stellenweise noch frei von denselben ist.

Nirgends finde ich erwähnt das Vorkommen von Gefäßschlingen im Scleralknorpel der Fische. LEYDIG beobachtete, dass bei der Seeschildkröte kleine Zweige der hinteren kleinen Ciliararterien zur Ernährung des Knorpels in Beziehung stehen und es wurde dies von LEUCKART bestätigt. Doch sind dies in ihrem Wachsthum zurückgebliebene gefäßhaltige Theile der inneren Bindegewebslage der Sclerotica, während bei den Fischen wahrscheinlich auch eine spätere Bildung von Gefäßen im Knorpel auftritt und in der Umgebung derselben eine eigenthümliche Veränderung der Knorpelsubstanz sich findet.

Bei *Trygon pastinaca* und bei *Myliobatis* konnte ich Gefäße beobachten, welche von der inneren Knorpeloberfläche nach außen in radiärer Richtung ein Stück weit in den Knorpel hinein sich erstrecken. Es sind diese Gefäßschlingen entweder kurz, wie in dem in Fig. 10 abgebildeten Präparate, oder es ragen dieselben tief in den Knorpel hinein (vgl. Fig. 19 *kpf*), ja es können dieselben den größeren Theil des Querschnittes des Knorpels durchsetzen. In den meisten Fällen ist eine kleine Arterie (*kpa*) zu beobachten, welche in den Knorpel eintritt und daselbst in ein reiches Netz von Kapillargefäßen sich auflöst, oder nur einige wenige Maschen bildet (Fig. 19 *kpf*). Aus dem Kapillarnetz wird das Blut durch eine, selten mehrere Venen zurückgeleitet. Die Kapillargefäße lassen in ihren Wandungen ovale mit Karminammoniak sich tingirende Kerne erkennen. Die Weite der Kapillargefäße ist eine sehr verschiedene. Zwischen den Blutgefäßen und der Intercellularsubstanz des Knorpels sind an der Eintrittsstelle der Gefäßschlingen in den Knorpel breite bindegewebige Umhüllungen zu beobachten (vgl. Fig. 19). Dieselben stehen in Verbindung mit der inneren Bindegewebslage des Knorpels. In der Umgebung der Kapillarschlingen konnte ich die bindegewebige Grenze zwischen denselben und dem Knorpel nicht immer deutlich erkennen. Die kurzen Kapillarschlingen sind ein-

gelagert in ein Gewebe (vgl. Fig. 10), welches am Querschnitt heller erscheint, als die hyaline Knorpelsubstanz, sich weniger mit Tinktionsmitteln imbibirt, von welcher letzteren es sich durch eine scharfe Trennungslinie abgrenzt. Es erscheint dasselbe faserig von zahlreichen spindelförmigen Zellen durchsetzt, welche größer sind als die Knorpelzellen. Von den Zellen gehen faserige Fortsätze ab. In der Nähe der langen Gefäßschlingen hatte ich nicht selten Gelegenheit im Knorpelgewebe eine ähnliche Veränderung zu beobachten, wie sie zu Beginn der Bildung von Knochenschüppchen auftritt. Die Zellen des Knorpels sah ich vergrößert, an Zahl vermehrt und mit ihrer Längsachse parallel zur Oberfläche der Gefäßschlingen gerichtet. Die Intercellularsubstanz erscheint faserig. Es finden sich jedoch vielfach Übergänge zwischen der eben geschilderten Veränderung der benachbarten Knorpelzone und dem hyalinen Knorpel. Es ist mir nie gelungen Kalkeinlagerungen hier zu finden und muss ich daher noch unentschieden lassen, ob diese Veränderungen der Knorpeltextur mit der Bildung der Knochenschüppchen vergleichbar sind. Bemerken muss ich noch, dass die Gefäßschlingen in weiten Abständen von einander sich finden. Sie kommen nur im hinteren Theile des Knorpels vor.

Im Skelete der Fische wurde das Vorkommen von Gefäßen in der Knorpelsubstanz von HARTING (43) beobachtet und von demselben als eine mit der Knochenbildung in Beziehung stehende Erscheinung gedeutet. Ich finde von demselben nicht erwähnt, dass bei den Knorpelfischen eine ähnliche Veränderung der Knorpelgrundsubstanz, wie sie eben geschildert wurde, zu beobachten sei.

Führt man in meridionaler Richtung einen Schnitt durch das Auge von *Laeviraja*, *Raja Schultzii* oder *Raja asterias*, so ist mit freiem Auge bereits eine Veränderung an dem Querschnitt des Scleralknorpels erkennbar. Man sieht die mittlere Zone des hinteren Theiles des Scleralknorpels wie mit feinen weißen Pünktchen durchsetzt. Namentlich ist diese Veränderung an dem nach außen vom Sehnerven gelegenen stark verdickten Theile des Scleralknorpels leicht erkennbar. Bei mikroskopischer Untersuchung erweist sich der betreffende Theil des Knorpels durchsetzt von kleineren und größeren Höhlen, welche im hintersten Theile des Scleralknorpels in größerer Menge vorhanden sind, als in dem mittleren Theile desselben. Im vorderen Abschnitt des Scleralknorpels habe ich das Vorhandensein von Knorpelhöhlen nicht nachweisen können.

Die größeren Höhlen sind von länglicher Form. Ihre größere Ausdehnung ist in sagittaler Richtung, wo sie einen Durchmesser

von 0,41 — 0,67 mm besitzen. Die kleineren Höhlen haben eine rundliche Form und besitzen einen Durchmesser von 0,05—0,11 mm.

An einem Querschnitt durch den hinteren Theil des Knorpels von *Raja asterias* (Fig. 11) finden wir die großen Höhlen (*Hg*) in der Mitte der Knorpelmasse gelegen. Nach innen und nach außen von denselben liegen in mehrfacher Reihe die kleineren Knorpelhöhlen (*Hk*), während die größeren bloß in einfacher Reihe angeordnet sind. Die großen Höhlenbildungen stellen mit einander kommunizierende Hohlräume dar, welche von einander durch säulenartige Stützpfeiler, die Reste der Knorpelsubstanz sind, getrennt werden. Die Stützpfeiler sind an ihrem vorderen und ihrem hinteren Ende verdickt. In einzelnen größeren Hohlräumen sehe ich von der äußeren und der inneren Wand ins Innere der Höhle hineinragende zapfenartige Fortsätze. In anderen Fällen sehe ich diese knorpeligen Zapfen noch durch grobfaseriges Bindegewebe mit einander verbunden. Borstenartig angeordnete Fasern ragen von manchen Stellen der sonst glatten Wand in das Innere der Höhle.

Bei den kleineren Höhlen sind einzelne ganz oder theilweise mit dieser Fasermasse, welche von der Knorpelgrundsubstanz ausgeht, erfüllt. Zwischen den parallel zur Oberfläche des Scleralknorpels nahe an einander gereihten kleineren Höhlen und der inneren Zone des Knorpels (eben so auch der äußeren Zone) sind mehrere mit Karminammoniak stark tingirte reihenförmig an einander geordnete, durch Querstreifung sich auszeichnende Stellen zu beobachten. Es ist an diesen Orten an Stelle der hyalinen Grundsubstanz eine faserige bindegewebige Substanz erschienen. Diese faserige Umbildung der ganzen hyalinen Substanz tritt auch an der nach innen gelegenen Stelle auf, wo bereits meridionale bindegewebige Lamellenbildung (*mf*) im Scleralknorpel aufgetreten ist.

Über den Vorgang der Höhlenbildung bei *Laeviraja* und bei *Raja asterias* konnte ich einige Thatsachen feststellen. Der Process beginnt in der mittleren Zone des Scleralknorpels. An Quer- und an Längsschnitten erscheinen die Zellengruppen unverändert, aber stellenweise ist die ganze Intercellularsubstanz streifig geworden. Die streifigen Stellen, welche Anfangs fleckenweise auftreten, sind in einem späteren Stadium mit einander verschmolzen und lassen bloß den Theil der hyalinen Knorpelgrundsubstanz, in welchem die Zellengruppen liegen, als Inseln erkennen, welche noch nicht faserig erscheinen. Dem ersteren Stadium entspricht die mit *F* bezeichnete Zone des abgebildeten Querschnittes.

In einer späteren Entwicklungsphase der Höhlenbildung greift der Process auch auf die Zellgruppen über. Die Knorpelzellen erscheinen jetzt in ihrer Zahl vermindert. Bei *Laeviraja* zeigten die in der derart veränderten Knorpelsubstanz gelegenen Zellen Kerne; deren Oberfläche mit kleinen, zackigen Unebenheiten besetzt war (Stechapfelform). Doch scheint diese Eigenschaft des Kernes keine konstante Erscheinung zu sein.

Die Knorpelzellen findet man nun nicht mehr in größeren Gruppen, sondern nur einzelne wenige beisammen. Durch Dehiscenz der Fasern in den faserig gewordenen Stellen bilden sich die kleineren Höhlen, während Alles darauf hinweist, dass die größeren Höhlen durch Vereinigung von kleineren entstehen. Bei *Raja miraletus* finde ich jedoch die Intercellularsubstanz in weiter Strecke faserig, die Zellen nur spärlich noch vorhanden zwischen denselben, ohne dass es zur Bildung von kleinen Höhlen gekommen wäre.

Wahrscheinlich sind die Bildungen von Kanälchen, welche LEYDIG (65, pag. 2) am Skelete von *Raja clavata* beobachtet hat, analoge Erscheinungen, wie die Höhlenbildungen im Scleralknorpel einiger Rochen¹. LEYDIG vergleicht die Form derselben mit der von HAVERS'schen Kanälen des Knochens. Bemerken muss ich jedoch, dass LEYDIG die Kanäle im Knorpel von *Raja clavata* mit Blutkörperchen erfüllt findet, während ich in den Höhlen des Scleralknorpels stets nur eine seröse Flüssigkeit angetroffen habe.

Über die Bedeutung der Höhlenbildung im Knorpel halte ich noch am meisten die Anschauung berechtigt, dass es sich um eine senile Involution des Knorpels handle und dass die Höhlen vielleicht auf ähnliche Weise, wie in der *Ora serrata retinae* bei cystoïder Entartung derselben entstehen.

Wenn wir nun diese verschiedenen Umwandlungsformen des Scleralknorpels betrachten, so sehen wir, dass der Bildung des pflasterförmigen Knorpels, der in der Umgebung der Gefäßschlingen vorkommenden Umwandlung des Knorpelgewebes, so wie bei der Knorpelhöhlenbildung die Erscheinung des Faserigwerdens der früher hyalinen Grundsubstanz vorhergeht. Die beiden ersteren Umwandlungsvorgänge des Knorpels sind mit Vergrößerung und Vermehrung der Knorpelzellen begleitet, bei der letz-

¹ Ob die Kanäle, welche nach der Beschreibung LEYDIG's (Fische und Reptilien, pag. 1) die Knorpelgrundsubstanz von *Accipenser* durchziehen und Fett und Gefäße enthalten, analoge Bildungen sind, muss ich noch dahin gestellt sein lassen.

teren sehen wir dieselben an Zahl geringer werden und schließlich vollkommen fehlen.

Das plötzliche Auftreten einer großen Menge von bindegewebigen Fasern können wir uns nicht durch eine Neubildung derselben im Knorpel entstanden denken. Es ist viel wahrscheinlicher anzunehmen, dass die Fasern im hyalinen Knorpel bereits vorhanden sind und dass dieselben erst durch Veränderungen der die Fasern verbindenden Kittsubstanz (vielleicht zu Grundegehen derselben) sich optisch differenzieren. Für diese Ansicht sprechen auch die bekannten Versuche von TILLMANN'S, welche darthun, dass der hyaline Knorpel durch die Maceration in übermangansaurem Kali und in konzentrierten Kochsalzlösungen ähnlich wie die Hornhaut (ROLLETT) in Fibrillen zerfällt. Von Wichtigkeit erscheint mir mit Rücksicht auf die Zugehörigkeit des Knorpelgewebes zu den Binde-substanzen die Beobachtung, dass Knorpelfasern in Fasern der Sclerotica sich fortsetzen.

Was den Bau des Scleralknochens betrifft, erlaube ich mir auf die von PAGENSTECHER begonnenen Untersuchungen von LANGHANS, ferner auf die Abhandlungen von H. MÜLLER und KÖLLIKER hinzuweisen.

Der Scleralknochen der von mir untersuchten Arten enthält HAVERS'Sche Kanäle und Markhöhlen, welche Fettzellen, einzelne Pigmentzellen und Gefäße enthalten. Die Knochenkörperchen von Thynnus (vgl. LANGHANS) und von Luvarus sind spindelförmig und lassen keine Fortsätze erkennen, während sie beim Huchen mit einzelnen Fortsätzen versehen sind.

Der Vorgang der Ossifikation unterscheidet sich nicht von dem der höheren Vertebraten. Die Knorpelzellen werden größer, oval und sind in Reihen dicht neben einander geordnet. Die hyaline Grundsubstanz zwischen denselben schwindet während der Größenzunahme der Knorpelzellen. Der Ossifikationsvorgang beginnt stets an dem vorderen Theile der äußeren konvexen Oberfläche des Scleralknorpels und schreitet in der Richtung zur inneren Oberfläche vor. Ich habe dies deutlich beim Huchen beobachten können. Eben so finde ich beim Scleralknorpel von Crenilabrus und von Pagellus bloß an seiner äußeren konvexen Fläche die ersten Stadien der Knochenbildung.

Eine Erscheinung, deren, so viel mir bekannt ist, nirgends Erwähnung gethan wird, ist, dass der Scleralknorpel stets an seiner lateralen Hälfte früher zu ossificiren beginnt, als an seiner medialen. Ich fand dies beim Huchen, wo die laterale Seite schon sehr weit in der Ossifikation vorgeschritten ist,

während die mediale (vgl. Fig. 2) noch keine Spuren von derselben aufweist. Eben so finde ich die Anfänge der Ossifikation bloß auf der lateralen Seite des Auges von Pagellus und Crenilabrus.

Bekanntlich sind bei den höheren Vertebraten die HAVERS'schen Lamellen concentrisch um die HAVERS'schen Kanäle angeordnet. Die um diese concentrischen Lamellen gelegenen (umfassenden) Lamellen zeigen in so fern eine Abweichung von dem allgemeinen Schema, dass sie im vorderen Theile des Scleralknochens einen senkrecht zum vorderen Rande des Knochens gerichteten Verlauf haben. Am Querschnitt erscheinen sie, wie beim Thunfisch sehr deutlich zu beobachten ist, als feine, zarte, parallel geordnete Linien (Fig. 4 *f*). Diese Lamellen durchsetzen die Grenze des Scleralknochens und setzen sich als Fasern in den bindegewebigen Theil der Sclerotica fort. Wir haben bereits oben erfahren, dass im Faserknorpel sich solche Fasern finden, welche als Fasern der bindegewebigen Sclerotica und wahrscheinlich auch der Cornea weiter verlaufen und dasselbe scheint auch für den Knochen der Sclerotica der Fall zu sein.

Es erscheint dies nicht unwichtig mit Rücksicht auf die Thatsache, dass Knorpel, Knochen und fibröses Gewebe nur verschiedene Modifikationen der Binde substanz sind.

Die Iris.

Die vordere Fläche der Iris ist bedeckt von einem Plattenepithel, das die Fortsetzung der Endothelschicht ist, welche die hintere Fläche der Descemetischen Haut bedeckt. Ich konnte sie bei Pagellus, Orthogoriscus und beim Huchen beobachten. Dieses Endothel reicht bis zum inneren Rande der Iris.

Die hinter der Epithelschicht gelegene Schicht besteht aus außen mehr breitfaserigem Bindegewebe, welches von den älteren Untersuchern des Fischauges als Ligamentum annulare bezeichnet wird. Um die Bedeutung desselben zu verstehen ist es nöthig den FONTANA'schen Raum und den SCHLEMM'schen Kanal des Fischauges zu besprechen.

Das Ligamentum annulare, welches bekanntlich an seiner äußeren Fläche mit der Hornhaut innig verbunden ist, besteht aus locker an einander gelagerten bindegewebigen Fasern, zwischen welchen Hohlräume frei bleiben. Meist sind diese Hohlräume an dem peripheren Theile des Ligamentum annulare weitmaschiger, breiter, als in dem nahe dem Pupillarrande gelegenen Theile desselben. Breite

Lücken sind an dem äußeren Theile desselben bei *Uranoscopus*, schmaler sind sie bei *Chrysophrys* (Fig. 3) und beim Thunfisch (Fig. 4). Ihrer Lage und ihrer Größe nach unterscheidet ANGELOUCCI (2, pag. 174) vier verschiedene Formen dieser Hohlräume, doch sind die Übergänge zwischen diesen Formen so zahlreich, dass es schwer hält an dieser Eintheilung festzuhalten.

Die Hohlräume fehlen häufig an dem inneren Theile des Ligamentum annulare, so z. B. beim Thunfisch und bei den Selachiern scheinen dieselben überhaupt nicht vorzukommen.

An Querschnitten durch das Ligamentum annulare so wie auch an Zupfpräparaten konnte ich mich überzeugen, dass Endothelzellen, welche einen prominirenden Kern besitzen, an den Wandungen der kleinen Hohlräume liegen. Ihrer Lage und Zusammensetzung nach entsprechen die zwischen den Fasern des Ligamentum annulare vorhandenen vielverzweigten Räume dem *Cavum Fontanae* der höheren Vertebraten, welche Auffassung, wie bereits erwähnt wurde, von ANGELOUCCI zuerst ausgesprochen wurde. Bemerken will ich noch, dass das Ligamentum annulare an macerirten Hornhäuten stets mit der *Membrana Descemeti* im Zusammenhange bleibt.

ANGELOUCCI (2, pag. 175) erwähnt bereits das Vorhandensein des SCHLEMM'schen Kanales bei den Fischen. An der inneren Grenze zwischen der Cornea und dem Balkennetze des Ligamentum annulare lässt sich nicht selten (Fig. 2 Cs) der Querschnitt eines oder mehrerer kleiner Gefäße erkennen. Über die Bedeutung der am Querschnitt erscheinenden Lumina kann kein Zweifel sein, da ich in denselben nicht selten Blutkörperchen angetroffen habe.

An dem peripheren Theile des Ligamentum annulare sieht man nicht selten ein cirkulär verlaufendes Gefäß. Ich fand dasselbe bei *Chrysophrys* (Fig. 3 *gf*) und bei *Crenilabrus*. Bei *Orthogoriscus* verlaufen in dem Ligamente von der Peripherie radienförmig Gefäße zum Pupillarrande, wo sie mit einander einen Gefäßkranz bilden, ähnlich dem im Parenchym der Iris gelegenen.

Bereits oben wurde erwähnt, dass die vom Ligamentum annulare gebildete Schicht der Iris, besonders an ihrem peripheren Theile, bei einigen Arten manchmal fleckenförmig pigmentirt ist. Es kommt diese Pigmentirung durch Einlagerung sternförmiger, nicht selten mit einander anastomosirender Pigmentzellen zu Stande, welche einen ähnlichen Bau wie die bekannten Pigmentzellen der Chorioidea besitzen.

Bei *Orthogoriscus* hat die vordere Oberfläche des Ligamentes eine Anzahl warzenartiger Erhabenheiten. Dieselben sind gebildet

durch klumpenförmig an einander gehäufte Pigmentzellen, welche in ein bindegewebiges Stroma eingeschlossen sind.

Unmittelbar hinter dem Ligamentum annulare liegt eine Schicht, welche im durchfallenden Licht dunkel und parallel zur Oberfläche der Iris zart gestreift erscheint. Im auffallenden Licht untersucht, ist sie stark Licht reflektirend. Sie ist unter dem Namen *Lamina Argentea* beschrieben worden. Sie besteht aus dicht an einander gelagerten Plättchen, welche der Form nach Plattenepithelzellen nicht unähnlich sehen und aus nadelförmigen Krystallen (*Ophthalmolithen*, *DELLE CHIAJE*) zu bestehen scheinen. Die Plättchen sind unter dem Namen *Iridocythen* beschrieben worden. Bemerken will ich hier, dass ich in einzelnen dieser Plättchen beim Aale einen runden Kern beobachtet habe.

Auf die Beschaffenheit der *Iridocythen* wird bei der Besprechung der *Chorioidea* näher eingegangen werden und will ich nur hier erwähnen, dass dieselben nahe dem Pupillarrande eine vorwiegend cirkuläre, am Außenrande der Iris eine meist radiäre Anordnung besitzen (*Anguilla*, *Crenilabrus*).

Bei den Knochenfischen setzt sich die *Lamina argentea* in die gleichnamige Schicht der *Chorioidea* fort. Bei den Selachiern hört sie am Außenrande der Iris auf. Bei einzelnen Knochenfischen ist die *Argentea* der Iris beträchtlich dicker als die der *Chorioidea*, selten ist das Umgekehrte der Fall (*Huchen*).

Bei einzelnen ist die *Argentea*¹ der Iris sehr schwach entwickelt, z. B. bei *Myliobatis*. Einzelne Gruppen von *Iridocythen* finden sich manchmal auch in tieferen Schichten der Iris (*Myliobatis*, *Raja asterias*).

Die hintere Fläche der *Lamina argentea* wird bedeckt von einer Schicht von Pigmentzellen (Fig. 1, 3, 4 *ap*). Dieselben besitzen einen hellen Kern und eine Anzahl von Fortsätzen. Bei manchen Arten ist diese Pigmentlage sehr stark entwickelt (*Myliobatis*), oder sie fehlt fast vollkommen (*Huchen*).

Bei einigen Fischarten durchsetzen zarte fadenförmige Fortsätze der Pigmentzellen einen Theil der *Lamina argentea*. Ich konnte dies an Querschnitten durch die Iris des Thunfisches (Fig. 12), ferner bei *Uranoscopus*, *Pagellus* und bei *Raja asterias* beobachten. Es finden sich auch Pigmentzellen in dieser Schicht, welche eine

¹ Ich vermisste diese Schicht bei *Petromyzon Planeri* und dem Embryo von *Mustelus*.

Zellform mit halb eingezogenen Fortsätzen und solche, an denen bloß Andeutungen von Fortsätzen wahrzunehmen sind.

Vergleicht man diese Formen der Pigmentzellen mit einander, so ergibt sich mit großer Wahrscheinlichkeit, dass dieselben nur verschiedene Phasen einer Zellform sind, welche protoplasmatische Fortsätze auszustrecken und einzuziehen im Stande ist.

Bei anderen Fischarten erscheinen diese Fortsätze mehr flächenartig ausgebreitet (*Raja asterias*, Aal).

Vergleicht man diese Pigmentzellen mit den Chromatophoren der Fischhaut¹, so ergibt sich, dass dieselben, was ihre Form und Lage betrifft, mit einander übereinstimmen.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass diese Pigmentzellen zum Farbenwechsel der Iris eben so in Beziehung stehen, wie die Chromatophoren der Haut².

Die *Substantia propria* erscheint als nächste und zumeist dickste Schicht am Querschnitt durch die Iris. Sie besteht aus Bindegewebe, Gefäßen, Pigmentzellen und organischen Muskelfasern.

Die Gefäße der Iris besitzen meist ein beträchtliches Lumen. Sie sind in der Mitte der Iris häufig dicker als an ihrem peripheren Rande (Thunfisch, vgl. Fig. 4), wie dies bereits von FABER bemerkt wird. Was die Anordnung der Gefäße betrifft, so lassen sich zwei Typen unterscheiden. Entweder es findet sich bloß eine Schicht sehr großer Gefäße (Thunfisch) oder eine mehrfache Lage über einander gelagerter Gefäße mittlerer Größe (*Myliobatis*). Die bindegewebige Zwischensubstanz ist zumeist sehr gering im Vergleich zu dem Raum, welcher von den Gefäßen in Anspruch genommen wird. Die Pigmentzellen, welche in großer Anzahl zwischen den Bindegewebsfasern und der Adventitia der Gefäße liegen, haben einen schmalen Zellkörper, von welchem verästelte Fortsätze entstehen. Anastomosen zwischen denselben sind häufig.

LEYDIG und BROWN-SEQUARD (19) vermissten das Vorhandensein von Muskelfasern in der Iris der Plagiostomen. Der Iris der

¹ Die Formveränderungen der Chromatophoren der Fische geschehen nach der Ansicht von KRUKENBERG (Üb. d. Mechanik des Farbenwechsels bei *Chamaeleon vulgaris*. Vergl.-phys. Stud. III. Abth. pag. 23) durch aktive Kontraktion derselben unter direktem Einflusse der Nerven. Vgl. ferner die Untersuchungen von KLEMENSIEWICZ über die Chromatophoren der Cephalopoden.

² Über den Farbenwechsel bei den Fischen vgl. die Untersuchung von HEINCKE, Schriften des naturw. Ver. in Schleswig-Holstein I. Bd., Heft 3, ferner POUCHET, Compt. rend. T. 72. 1871. pag. 866. — Journal de l'anatomie et de la physiologie. norm. et path. S. anné. 1872. pag. 71. — Ibidem pag. 401—407.

Fische wurde bekanntlich früher das Bewegungsvermögen vollkommen abgesprochen (CUVIER).

KÖLLIKER war der erste, welcher organische Muskelfasern in der Regenbogenhaut der Fische nachgewiesen hat.

FABER (36) behauptete, dass bei den Fischen sowohl radiäre als cirkuläre Fasern in der Iris vorhanden sind.

Mit Rücksicht auf die von GRÜNHAGEN u. A. vertretene Ansicht, dass es einen Dilator pupillae nicht gebe, erscheint uns das Vorhandensein von radiären Muskelfasern von besonderer Wichtigkeit¹.

Zum Nachweise der Muskelfasern in der Iris eignet sich am besten die Doppelfärbung mit Karminammoniak und Pikrinsäure. Es lässt sich sowohl der Sphinkter, welcher am Querschnitt eine linsen- oder halbmondförmige Form besitzt (Fig. 3 u. 4 *ps*), als auch der Dilator nachweisen. Die Muskelfasern haben die bekannte, spindelförmige Gestalt mit stäbchenförmigem Kern und sind dicht an einander gelagert. Zwischen den Muskelfasern und stellenweise in denselben findet man häufig diffuses Pigment abgelagert (Thunfisch). Die radiären und die cirkulären Fasern liegen nahe der hinteren Fläche der Iris. Die cirkulären Fasern habe ich beim Huchen, bei Galeus, Chrysophrys und beim Thunfisch beobachtet. Die radiären Muskelfasern konnte ich namentlich in der Nähe der cirkulären beim Thunfisch und bei Uranoscopus sehen.

Bemerken muss ich noch, dass, wie LEUCKART (69, pag. 238) hervorhebt, Bewegungen der Iris einzelner Fische beobachtet wurden. Auch LEUCKART spricht sich für die Existenz eines Dilator pupillae bei den Fischen aus.

Die hintere Fläche der Substantia propria der Iris wird von der strukturlosen Basalmembran (Lam. elastica, Glashaut, Grenzhaute) bedeckt. Beim Huchen (Fig. 2 *gh*) besitzt dieselbe² die ansehnliche Dicke von 0,02—0,04 mm. Sie färbt sich mit Karminammoniak sehr intensiv. Eine radiäre Streifung, wie sie die Basalmembran der menschlichen Iris zeigt (HENLE), konnte ich bei keiner Fischart nachweisen.

Die hintere Oberfläche der Basalmembran besitzt, wie Untersuchungen mit stärkeren Vergrößerungen (HARTNACK, System 8) ergeben, eine Anzahl feiner, zackiger Unebenheiten, welche den Be-

¹ Eine Zusammenstellung über die Verbreitung des Dilator pupillae unter den Vertebraten ist in der Abhandlung von DOGIEL (31) zu finden.

² In meiner vorläufigen Mittheilung (8) ist die Dicke derselben durch fehlerhaften Abdruck als 0,2 mm bezeichnet.

grenzungslinien zwischen je zwei Pigmentzellen der hinteren Pigmentschicht zu entsprechen scheinen.

Die Pigmentschicht (Fig. 1, 3, 4 *ps*) besteht aus mit körnigem Pigment erfüllten Plattenepithelien, seltener ist die Form des kubischen Epithels zu finden (Raja asterias, Luvarus).

Nach den Untersuchungen von H. MÜLLER bedeckt ein zartes strukturloses Häutchen die hintere Fläche der Pigmentschicht. ANGELUCCI hat das Vorhandensein desselben bei den Fischen zuerst nachgewiesen. Bei Myliobatis, Orthogoriscus und beim Thunfisch konnte ich dasselbe beobachten.

Beim Menschen hat KUHNT ein Endothelhäutchen beschrieben, welches die hintere Fläche des eben besprochenen Häutchens und den vorderen Theil der Zonula bedeckt. Ich fand dasselbe an der hinteren Wand bei Orthogoriscus und beim Thunfisch. Es besteht aus regelmäßigen sechseckigen Zellen, welche einen runden Kern deutlich erkennen lassen.

Die Chorioidea.

Die Aderhaut der Fische zeigt in ihrem Baue viel Übereinstimmendes mit der der höheren Wirbelthiere. Die älteren Beschreibungen des Fischeauges unterscheiden bloß drei Schichten der Aderhaut (vgl. STANNIUS, l. c. pag. 78): 1) die äußere »durch nadelförmige mikroskopische Krystalle silber- oder goldfarbene eigentliche Chorioidea«, 2) die Membrana vasculosa, 3) die Membrana Ruyschiana.

Wenn wir von dem Pigmentepithel, welches entwicklungsgeschichtlich zur Netzhaut gehört, absehen, lassen sich an der Chorioidea folgende Schichten unterscheiden.

Die innere Oberfläche der Aderhaut bildet eine zarte Glashaut, welche abgetrennt sich, wie alle Glashäute, einrollt. Sie ist die Fortsetzung der Lamina elastica der Iris. Bei Orthogoriscus ist dieselbe durchzogen von einer großen Anzahl zarter stark lichtbrechender Streifen (Fig. 13 *gl*). Es liegen dieselben in der Glashaut selbst, nicht auf derselben. An Trennungslinien überragen sie niemals den Rand der Glashaut. Beim Thunfisch und beim Huchen sind netzförmige Zeichnungen in der Glashaut zu beobachten, welche nicht unähnlich sind den mosaikartigen Begrenzungslinien von Plattenepithelien. Bei Chrysophrys haben die Linien sehr unregelmäßige Formen, indem sie bald engere bald weite Maschen eines Netzwerkes bilden. Bekanntlich kommen ähnliche mosaikartige Zeich-

nungen, wie in der Glashaut vom Huchen und Thunfisch, auch in der des Menschen vor.

Kerne konnte ich in der Glashaut niemals beobachten, wohl aber in einer nach außen von derselben gelegenen Schicht.

Die Außenseite der Glashaut wird bedeckt von einem weitmaschigen kapillaren Gefäßnetze, welches als *Choriocapillaris* beschrieben wird. Die Kapillargefäße derselben zeichnen sich durch ihr breites Kaliber aus. Sehr deutlich lassen sich die Kerne in den Wandungen der Kapillargefäße unterscheiden (Huchen, *Orthogoriscus*).

Nicht selten findet man zwischen und hinter den Kapillargefäßen, wie BRÜCKE (15, pag. 405) bereits erwähnt, einzelne Pigmentzellen, während die *Choriocapillaris* der höheren Vertebraten bekanntlich vollkommen pigmentlos ist. Ich habe sie namentlich bei den Haien, und einzelnen Rochen nicht selten in größerer Zahl angetroffen. Besonders war dies der Fall bei *Laeviraja* mit Ausnahme einer später zu besprechenden Stelle, wo die *Choriocapillaris* pigmentlos ist.

Hat man mit Nadeln die Glashaut und die *Choriocapillaris* eines Knochenfisches von den übrigen Aderhautschichten abgelöst und untersucht dieselben in der Flächenansicht, so erscheint eine Anzahl ovaler, selten rundlicher Kerne in einer nach außen von der *Choriocapillaris* gelegenen Schicht. Ich fand diese Kerne bei *Chrysophrys*, beim Huchen und beim Thunfisch. Diese Kernlage entspricht der von SATTLER (102) als innerstes Endothelhäutchen beschriebenen Schicht epithelialer Zellen. Beim Huchen hatte es den Anschein, als würden sich an manchen Stellen die Zellgrenzen zwischen den Kernen erkennen lassen, mit Sicherheit konnte ich dies beim Embryo von *Mustelus laevis* beobachten, wo einzelne der Zellen durch die Abtrennung der inneren Schichten aus ihrer Lage verschoben waren und auf diese Weise die Kontouren der Zellen erkennbar waren.

Bei sämtlichen Knorpelfischen, deren Untersuchung mir zugänglich war, folgt nach außen von der *Choriocapillaris* das *Tapetum cellulosum*, während die Kernlage an von letzterem eingenommenen Stellen nicht zu beobachten ist.

Das *Tapetum cellulosum* besteht aus unregelmäßigen platten Zellen, welche vollkommen mit nadelförmigen Krystallen (Guaninkalk) erfüllt sind. BRÜCKE (15, pag. 403) wies zuerst die zellige Natur derselben nach, indem er in einzelnen Zellen des *Tapetum cellulosum*

von *Hexanchus griseus* einen Zellkern beobachtete. Bei *Trygon pastinaca* habe ich in einzelnen Krystallplättchen den rundlichen Kern nachweisen können.

Betrachtet man die innere Oberfläche der Chorioidea der Rochen und Haie, so überzeugt man sich, dass die glänzende Eigenschaft des Tapetes nur an einzelnen Pünktchen deutlich wahrzunehmen ist, indem die Pigmentation der Choriocapillaris bei vielen Selachiern störend einwirkt. Die Funktion des Tapetum cellulosum wird bei den Fischen durch diese Beschaffenheit der Choriocapillaris ebenfalls nicht allen musivischen Elementen zu Gute kommen¹.

BRÜCKE (15, pag. 404) beschreibt auch das Vorhandensein eines Aderhauttapetes bei einigen Knochenfischen.

Das Tapetum vermisste ich bei den Knochenfischen. Bei einem weit in der Entwicklung vorgeschrittenen Embryo von *Mustelus* fand ich noch keine Spuren von dem Vorhandensein desselben. Ferner fehlt es bei *Petromyzon*.

Einer eigenthümlichen Form der Ausdehnung des Tapetes muss ich hier Erwähnung thun, welche, so viel mir bekannt ist, bisher noch nicht beschrieben wurde.

Wie bereits erwähnt, wird der obere Theil der Pupille bei den Rochen von dem Operculum pupillare verdeckt. Mithin ist bei denselben bloß die untere Hälfte des Gesichtsfeldes frei. Entsprechend dieser Form des Gesichtsfeldes ist das Tapet bei *Laeviraja macrorhynchus* und *Raja asterias* bloß im oberen Theile des Bulbus als silberglänzende helle Stelle zu beobachten. Dieselbe hat eine elliptische Form mit zackigem Rande, von welchem stellenweise schwarze Streifen eine Strecke weit ins Innere der silberglänzenden Stelle hineinragen. Die übrige Aderhaut erscheint an ihrer Oberfläche schwarz. Die Netzhaut reicht eben so weit nach vorn, wie bei den übrigen Selachiern und ist an der den größten Theil des Auges einnehmenden tapetlosen Stelle von gleichem Baue, wie über dem Tapete. Die Tapetzellen sind an der glänzenden Stelle in großer Menge vorhanden. In dem nicht glänzenden Theile der Chorioidea finden sich ebenfalls Tapetzellen, doch sind dieselben viel spärlicher daselbst anzutreffen. Die Choriocapillaris ist an der Stelle des Tapetes

¹ Bekanntlich kommt dem Tapetum cellulosum für den Sehakt eine hohe Bedeutung zu, indem von demselben die Lichtstrahlen, welche die Stäbchen und Zapfen durchdrungen haben, wieder in dieselben oder in benachbarte Elemente der musivischen Schicht reflektirt werden (vgl. HELMHOLTZ, 47, pag. 167).

pigmentlos, während sie im schwarz erscheinenden Theile der Chorioidea Pigmentzellen enthält.

Nach außen von der inneren Endothelschicht (Teleostier) und des eine analoge Lage einnehmenden Tapetum cellulosum (Selachier) finde ich bei einigen Fischarten ein dünnes elastisches Häutchen. Bei Orthogoriscus (Fig. 13 *el*) und beim Thunfisch besteht es aus zarten Fasern, welche sich kreuzen und breite Stellen frei lassen. Bei Chrysophrys ist es von viel zarterer Beschaffenheit. In der Abbildung (Fig. 13) wurden die Kerne des Endothelhäutchens und die Choriocapillaris nicht dargestellt, um die Klarheit der Zeichnung nicht zu stören.

Zwischen diesem elastischen Häutchen und der nächsten Schicht, einer dichten bindegewebigen Lamelle, liegt nach der Beschreibung von SATTLER beim Menschen ein zweites Endothelhäutchen. Ich konnte mich von der Existenz desselben bei den Fischen nicht überzeugen.

Die nunmehr folgende bindegewebige Lamelle entspricht der von SATTLER als äußeres elastisches Häutchen beschriebenen Schicht der menschlichen Aderhaut. Diese Lamelle ist beträchtlich dicker als die nach innen gelegene. Sie besteht aus bindegewebigen Faserbündeln, welche mit ihren aufgefasereten Enden theils die Wandungen von Kanälen (Fig. 14 *gf*) bilden, theils in verschiedener Richtung verlaufende Bündel verstärken. Diese Membran ist siebförmig von mittleren und kleineren Gefäßstämmen durchbrochen, welche zur Choriocapillaris hinziehen.

Pigmentzellen sieht man in großer Menge nach innen von dieser Lamelle und in ihr selbst. Letztere Lamelle bildet bei allen Fischarten ein dichtes Gefüge, welches besonders beim Thunfisch und bei Squatina sehr stark entwickelt ist. Bei Squatina ist das Bindegewebe in der Chorioidea überhaupt in sehr großer Menge vorhanden. Diese äußere elastische Lamelle hängt innig zusammen mit dem zwischen den größeren Gefäßen in der Membrana vasculosa gelegenen Bindegewebe. Letztere Gefäßschicht ist meist sehr stark pigmentirt durch Einlagerung sternförmiger Pigmentzellen oder von diffusum Pigmente.

Die großen Gefäße der M. vasculosa sind umkleidet von plattenepithelartigen Pigmentzellen. An der Grenze von größeren Gefäßen und zwar zwischen den dieselben umgebenden Pigmentzellen, konnte ich bei Orthogoriscus eine Lage kleiner, ovaler, in einigem Abstände von einander liegender Kerne beobachten. Mit Wahr-

scheinlichkeit ist anzunehmen, dass diese Kerne einem Endothelhäutchen angehören, welches dem äußeren Endothelhäutchen des Menschen (vgl. SATTLER) entsprechen würde. Es ist mir jedoch nicht gelungen dasselbe isolirt darzustellen. Bindegewebige Faserlagen grenzen die Chorioidea nach hinten ab und hängen einerseits mit dem Lamellensysteme der Lamina Scleroticae fusca, andererseits im vorderen Theile der Aderhaut mit dem Ligamentum ciliare zusammen.

Das Ligamentum ciliare (Fig. 1—4 *lc*) entsteht mit breitem vorderen Rande von der hinteren Fläche der Sclerotica. Bei *Crenilabrus* und *Chrysophrys* konnte ich mich überzeugen, dass die Fasern des Ligamentum ciliare aus meridionalen Fasern der Sclerotica entstehen. Das Ligament besteht aus straffen, eng an einander liegenden, breiten, bindegewebigen Fasern, welche nach hinten an Masse abnehmen und in die äußere Bindegewebsschicht der Chorioidea übergehen. Muskelfasern konnte ich in demselben niemals nachweisen.

BRÜCKE (16) hebt hervor, dass bei den Fischen das Ligamentum ciliare keine Muskelfasern enthält.

LANGER (62) und H. MÜLLER (82) erwähnen, dass glatte Muskelfasern im vorderen Theile der Chorioidea der Fische vorhanden sind.

Die äußere Bindegewebsschicht der Chorioidea hängt durch mehrere, sich häufig mehrfach theilende Lamellensysteme (vgl. Huchen, Fig. 2) mit der äußeren bindegewebigen Faserlage der Sclerotica zusammen.

Diese Lamellensysteme bestehen aus bindegewebigen und elastischen Fasern, welche in einer strukturlosen Membran verlaufen. In ihnen sind sternförmige bis plattenepithelartige Pigmentzellen enthalten, welche ähnlich den Pigmentzellen der M. suprachorioidea des Menschen durch viele Anastomosen mit einander verbunden sind. Bei manchen Selachiern, z. B. *Laeviraja*, sind dieselben in großer Zahl vorhanden, bei *Squatina* fehlen sie fast vollkommen.

In der anatomischen Beschreibung wurde bereits erwähnt, dass bei den Rochen und den Haien zwischen der Aderhaut und der Sclerotica Hohlräume, welche in der Umgebung des Sehnerven eine größere Ausdehnung besitzen, vorhanden sind. Es entstehen dieselben dadurch, dass die Lamellen der M. suprachorioidea sich mehrfach mit einander verbinden und theils engere, theils weitere Hohlräume bilden, welche mit einander communiciren. Die Wände dieser Hohlräume sind zu-

meist zart, wie bei *Trygon* (Fig. 19) und *Myliobatis*, in manchen Fällen, wie bei *Squatina* (Fig. 16), sind sie von beträchtlicher Dicke und von derben sehnenartigen Faserbündeln gebildet. Bei *Squatina* konnte ich an der Innenwand dieser Höhlen stellenweise eine einfache Schicht von Plattenepithelien beobachten. In den Höhlen finde ich, jedoch sehr vereinzelt, lymphoide Zellen.

Ich betrachte diese Hohlräume als eine eigenthümliche Entwicklungsform des suprachorioidalen Lymphraumes, wozu ich mich berechtigt halte durch die Lage der Hohlräume und den Nachweis eines Endothels an ihren Wandungen. Was die Größe und die Form dieser Hohlraumbildungen betrifft, kommen bedeutende Variationen bei den Selachiern vor. Bei einer Rajaart finde ich den hinteren Theil des Scleralknorpels in der Breitenausdehnung von 11 mm ausgebaucht. Die Nische, welche durch die konvex nach hinten ausgebauchte Stelle in der Sclerotica, zwischen derselben und der am Querschnitt geradlinig über dieselbe hinüberziehenden Aderhaut gebildet wird, ist von zarten bindegewebigen Faserbündeln, welche vielfach mit einander verbunden sind und zahlreiche kleine Lücken zwischen sich frei lassen, erfüllt. Es ist dies unter allen untersuchten Arten die größte Ausbildung des suprachorioidalen Lymphraumes.

Der sagittale Durchmesser dieses Höhlensystemes beträgt bei der eben erwähnten Raja 3,5 mm, bei *Squatina* in seiner größten Ausdehnung 3,0 mm, bei *Laeviraja* 1,2 mm, bei *Myliobatis* 3,0 mm.

In diesen Höhlen verlaufen einzelne größere Gefäßstämme, welche zur Chorioidea sich begeben (Fig. 16 und 19 *gf*). Sie liegen gewöhnlich der Wand der Höhle an.

Erwähnen muss ich noch, dass an der Innenfläche der Lamina suprachorioidea von *Laeviraja* und *Raja asterias* einzelne sternförmige Zellen vorkommen, welche mit nadelförmigen, irisirenden Krystallen erfüllt sind und ähnliche Interferenzfarben beobachten lassen, wie die Zellen des Tapetes.

Bei den Teleostiern finde ich den suprachorioidalen Lymphraum mit Ausnahme vom Huchen (Fig. 17) nur sehr wenig entwickelt. Die innere Oberfläche der Lamina suprachorioidea ist bedeckt mit einer Schicht silberglänzender Krystalle, welche unter dem Namen *Argentea* beschrieben wurde und die unmittelbare Fortsetzung der gleichnamigen Schicht der Iris ist. Die hinter der *Argentea* der Iris gelegene Schicht von sternförmigen Pigmentzellen setzt sich in die Chorioidea kontinuierlich fort (Fig. 1—4 *ap*). Sie nimmt hier die

innere Fläche der Argentea ein. Die Pigmentzellen stimmen in ihrer Form mit denjenigen der Iris überein.

Die Argentea wurde gewöhnlich als eine aus Krystallen bestehende Schicht beschrieben. Bei der Untersuchung von Luvarus (7) war mir aufgefallen, dass die Krystalle in Plättchen angeordnet sind, welche vollkommen den Plattenepithel-ähnlichen Zellen des Tapetes gleichen, von welchen ebenfalls der größere Theil, wie bereits erwähnt wurde, keinen Kern erkennen lässt. Ich habe daher auf die Übereinstimmung dieser Schicht mit dem Tapetum cellulosum der Rochen und Haie, von welcher die Argentea bloß durch ihre Lage sich unterscheidet, hingewiesen. Wie ich nachträglich finde, hat bereits LEUCKART (69) die Vermuthung ausgesprochen, es könnte die Argentea ebenfalls aus Zellen zusammengesetzt sein, wie das Tapetum cellulosum.

Gegenwärtig bin ich in der Lage mitzutheilen, dass bei allen von mir untersuchten Teleostiern die Argentea aus plättchenförmigen Gebilden besteht. Meist sind sie länglich, unregelmäßig geformt. Zwischen den größeren Plättchen findet man kleinere aus Krystallen zusammengesetzte Stücke (vgl. Fig. 15). Ähnlich sind die irisirenden Plättchen der Iris gebaut. Wenn schon die bei allen Arten vorgefundene Form der Plättchen mit derjenigen der Zellen des Tapetes übereinstimmt, so ist als fernerer Umstand, welcher für die zellige Natur der Argentea spricht, der Nachweis des Zellkernes in den Krystallplättchen zu nennen.

Der Nachweis eines Zellkernes gelingt nur selten. Man muss oft ganze Stückchen der Argentea durchsuchen, bis es gelingt, eine Zelle, welche einen Kern enthält, zu finden. Derselbe ist meist central gelagert und besitzt eine rundliche Form. In den Argenteazellen der Chorioidea habe ich denselben beim Huchen (Fig. 15 *nl*) und bei Pagellus nachgewiesen. In der Argentea der Iris fand ich kernhaltige Zellen beim Aale.

Es kann mithin keinem Zweifel unterliegen, dass die Argentea eben so aus Zellen zusammengesetzt ist, wie das Tapet.

Um eine Übersicht der Verbreitung dieser krystallhaltigen Zellen unter den Fischen zu geben, erscheint es nothwendig, vorher auf die Ergebnisse der chemischen Untersuchung dieser Krystalle näher einzugehen.

Bekanntlich kommen ähnliche krystallhaltige Plättchen, wie sie das Tapet und die Argentea bilden, auch zwischen der Cutis und

den Schuppen (Perlessenz) und im Peritoneum der Fische vor. Die Sternform besitzen sie in der Suprachorioidea von *Laeviraja* und auf der Vorderseite der Sclerotica von *Raja asterias*.

Von REAUMUR (93) wurden zuerst die länglich geformten Elementarbestandtheile, welche die Perlschicht der Haut bilden, beschrieben.

EHRENBERG (32) lieferte den Nachweis, dass Krystalle in denselben enthalten sind.

SCHNITZLEIN (108) hielt diese Krystalle für phosphorsauren Kalk, MATHIAS (75) für phosphorsaure Magnesia und v. WITTICH (127) erklärte sie für eine organische Substanz.

BARRESWIL (6) lieferte den Nachweis, dass sie aus Guanin bestehen.

Die Krystalle der Argentea erkannte ROSE (89) als eine organische Substanz. Da BRÜCKE (15) von den Krystallen des Tapetes fand, dass sie aus einer organischen Basis bestehen, glaubte er, letztere seien in chemischer Beziehung von den Krystallen der Argentea verschieden und meinte, dass die Argentea und das Tapet verschiedenartige Bildungen seien.

Nach den Untersuchungen von VORT (114, pag. 158) sind die Krystalle der Argentea, des Tapetes, der Perlessenz, der Haut und des Peritoneums in chemischer Beziehung identisch. Er hält dieselben für eine Verbindung von Guanin und Kalk, welche eine ähnliche Zusammensetzung hat wie Barytkalk¹.

Es ergibt sich mithin, dass die Krystalle in den Zellen der Argentea und des Tapetes auch in chemischer Beziehung identische Substanzen sind.

SATTLER erklärt die Bildung des Tapetum cellulosum durch massenhafte Entwicklung der Zellen des inneren Endothelhäutchens, in welche Zellen Krystalle eingelagert sind. Die Lage des Tapetum fibrosum entspricht der des inneren elastischen Häutchens. Es entsteht dasselbe nach SATTLER durch die eigenthümliche Anordnung und Bildung der Fasern dieser Lamelle.

Für die Erklärung des Tapetum cellulosum der Fische ist die Auffassung SATTLER's ohne Schwierigkeiten anzunehmen. Das innere Endothelhäutchen der Knochenfische entspricht der Lage nach dem

¹ Nach M. SCHULTZE (110) enthalten auch die Zellen des Tapetes der Raubthiere Krystalle, welche aus einer organischen Substanz bestehen. Meines Wissens ist bisher die chemische Zusammensetzung der letzteren noch nicht festgestellt worden.

Tapetum cellulosum der Rochen und Haie, welches letztere auch nach BRÜCKE einigen Knochenfischen zukommt.

Für diese Auffassung spricht ferner der Umstand, dass beim Embryo eines Selachiers das innere Endothelhäutchen deutlich beobachtet wurde und in den Zellen desselben keine Krystalle eingelagert gefunden wurden.

Eine ähnliche Erklärung kann man auch für die krystallhaltigen Zellen der Argentea geben, auch sie entsprechen ihrer Lage nach einem Endothelhäutchen.

An der Suprachorioidea des Menschen sind nicht selten runde oder ovale Kerne wahrzunehmen. SCHWALBE hat nachgewiesen, dass diese Kerne einem Endothelhäutchen angehören, dessen Zellgrenzen er mittels Silbernitrat dargestellt hat. Das Endothelhäutchen bildet die Bekleidung des suprachorioidalen Lymphraumes.

Die Schicht der Argentea entspricht der des Endothelhäutchens der M. suprachorioidea. Letzteres Endothelhäutchen habe ich auch bei Squatina nachgewiesen.

Wie bereits bemerkt wurde, enthalten die Zellen der Argentea und des Tapetes in frühen Entwicklungsstadien keine Krystalle. Wir müssen uns der Vorstellung hinneigen, dass gerade in bestimmte Zellen durch uns bisher unbekannte Eigenschaften derselben gewisse Umsetzungsprodukte des thierischen Stoffwechsels abgelagert werden.

Die Entwicklungsperiode, in welcher Guanin¹ in die Zellen abgelagert wird, scheint bei verschiedenen Arten sehr zu schwanken. So waren bei einem 3,3 mm langen Weißfische die Argentea, die Haut und das Peritoneum mit Guaninkrystallen reichlich versehen, während im Tapete eines 9 mm langen Mustelus noch keine Spuren von denselben wahrzunehmen waren.

Erwähnen muss ich noch hier des Banes der Chorioidaldrüse. Nach den Untersuchungen von J. MÜLLER wird dieselbe aus den Nebenkiemen durch die Arteria ophthalmica magna mit Blut versehen. Die arteriellen Gefäße theilen sich mehrfach dichotomisch und bilden schließlich kleine Gefäße, welche in das Kapillargefäßsystem, aus welchem das eigentliche Parenchym der Chorioidaldrüse besteht, übergehen. Die Kapillaren liegen parallel zu einander an-

¹ Das Guanin ist, wie bekannt, ein sehr verbreiteter Bestandtheil des Thierkörpers. Nach FOSTER (Lehrb. der Physiol., übers. von KLEINENBERG) wurde dasselbe auch im Pankreas, in der Leber, Milz und den Muskeln in kleinen Quantitäten nachgewiesen.

geordnet und anastomosiren vielfach mit einander. Den Zwischenraum zwischen den Kapillaren nehmen kleine lakunäre Räume ein.

CUVIER und VALENCIENNES (26, pag. 456) glaubten, dass die Chorioidaldrüse ein erectiles Gewebe, ähnlich dem des Corpus cavernosum sei, welches durch An- und Abschwellung das Auge für verschiedene Distanzen einstelle. Es ist denkbar, dass durch stärkere Füllung der Chorioidaldrüse der hintere Netzhauttheil der Linse genähert werde. Es wäre dies mithin eine aktive Accommodation für die Ferne. Bekanntlich soll auch der aus der Campanula Halleri und dem Ligamentum quadratum gebildete Accommodationsapparat nach MANZ dieselbe Wirkung erzielen.

Es ist jedoch zu bedenken, dass die äußere Bulbuswand bei den Fischen starr, die Augenmedien so viel wie unzusammendrückbar sind. Nothwendigerweise muss daher der Inhalt des Bulbus stets der gleiche bleiben. Damit durch eine Vermehrung des Blutgehaltes der Chorioidaldrüse die Netzhaut nach vorn verschoben werde, müsste gleichzeitig eine Abnahme des Blutes im vorderen Theile des Auges statthaben. Letzterer ist jedoch durchaus nicht bei allen Fischen von einem so starken Gefäßsysteme versehen, dass es dieser Erklärungsweise entsprechen würde.

Bisher wurde nirgends das Vorkommen eines bindegewebigen Stranges in der Chorioidea der Fische beschrieben. Ich fand denselben entsprechend der Verlaufsrichtung des Processus falciformis in dem Gewebe der Membrana vasculosa beim Thunfisch und beim Huchen. Er besteht aus geradlinigen straffen bindegewebigen Fasern und lässt sich leicht bei Anwendung der Lupe aus der Aderhaut isoliren. Die M. chorioecapillaris zieht an der inneren Seite desselben über ihn hinweg. Die Bedeutung dieses Stranges ließ sich nicht feststellen. Mit Rücksicht auf seine Lage kann man mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen, dass er ein Rest aus der Entwicklung der hinteren Augenspalte ist.

Bereits in dem anatomischen Abschnitte wurde eines eigenthümlichen Fortsatzes, der im vorderen Theile der Chorioidea beim Thunfisch und bei einigen Haien vorgefunden wurde, Erwähnung gethan. Derselbe liegt meist etwas hinter den Ciliarfortsätzen und ragt mit seinem hinteren Ende etwas weiter nach rückwärts. Selten ist er etwas weiter nach vorn gelegen, als die Ciliarfortsätze. Die vordere Fläche dieses Fortsatzes ist bekleidet von den Zellen der Pars ciliaris retinae (Fig. 4 *per*), mit welcher Schicht der Processus falciformis verwachsen ist (Huchen). Nach außen von der

Pars ciliaris retinae folgt die Pigmentschicht (*ps*) und die Glashaut der Chorioidea. Von ersterer ragen eben so, wie beim Menschen, drüsenförmige Fortsätze in das nach außen gelegene Gewebe.

Der eben erwähnte Fortsatz besteht aus einer Anzahl von großen Gefäßen, welche namentlich bei den Haien den größeren Theil seines Inhaltes einnehmen und bei denselben von Pigmentlamellen, ähnlich wie in der Chorioidea, umgeben werden. Beim Thunfisch finden sich auch spindelförmige Zellen, welche einen stäbchenförmigen Kern enthalten und organischen Muskelfasern nicht unähnlich sind.

Wenn ich eine Vermuthung über die Bedeutung dieses Fortsatzes aussprechen soll, so erscheint mir am wahrscheinlichsten, dass er, wie bereits erwähnt wurde, eine Stütze für den Processus falciformis bietet. Ob dem Fortsatze auch eine aktive Leistung zukomme, muss in Zweifel gezogen werden, da organische Muskelfasern nicht mit Sicherheit nachgewiesen wurden.

In morphologischer Beziehung dürfte dieser Fortsatz beim Thunfisch seiner Lage und seiner Überkleidung mit der Schicht der Pars ciliaris retinae gemäß, als Ciliarfortsatz aufzufassen sein.

Der Sehnerv und die Retina.

J. MÜLLER (85) hat zuerst darauf hingewiesen, dass die Fische getrennte Gesichtsfelder besitzen. Dem entsprechend ist die Kreuzung der Sehnervenfasern im Chiasma nervorum opticorum eine vollständige. Bei den höheren Vertebraten kreuzen sich bekanntlich auch nur diejenigen Fasern, welche dem getrennten Theile des Gesichtsfeldes angehören¹.

Bei den Cyclostomen findet die Kreuzung nach RATHKE (94) und LANGERHANS (63) erst innerhalb der Substanz des Lobus ventriculi tertius statt².

Die Scheiden des Sehnerven sind die Fortsetzungen der Häute des Gehirns. An Querschnitten zeigt der Sehnerv meist eine platte Form. Die äußere (Dural-) Scheide ist die mächtigste. Sie besteht zumeist aus längsverlaufenden Fasern, in ihrem inneren

¹ Über das Chiasma nervorum opticorum der Fische vgl. die Abhandlungen von RATHKE, WEBER, HANNOVER, STANNIUS, BIESIADECKI (11) und MICHEL (78).

² Nach ROHON (96) entspringen die Opticusfasern der Selachier aus dem Dorsalnerven des Zwischenhirnes und auf dem Wege der Commissura transversa Halleri aus dem Vorderhirn.

Theile finden sich auch cirkulär verlaufende vor. Sie ist durchsetzt von einer Anzahl von Gefäßen. In ihrem vorderen Theile treten in sie die Centralarterie (Fig. 18 *ac*) und die sie begleitende Vene (*ve*) ein, welche, wie ich bei *Orthagoriscus* finde, eine Strecke weit in dieser Scheide verlaufen und hierauf in den Nervus opticus eintreten, denselben mit Gefäßen versorgen und noch Äste für das Gefäßnetz der *M. hyaloidea* und den *Processus falciformis* abgeben. Einzelne Zweige erhalten auch die Scheiden des Sehnerven von den Centralgefäßen.

Die mittlere Scheide ist die zarteste. Sie ist die Fortsetzung der Arachnoidea. Sie besteht aus lockerem Bindegewebe und enthält bei mehreren Fischarten Fett- und Pigmentzellen. Gefäße von mittlerer Größe finden sich in derselben, welche von ihr zu der tieferen Schicht, der Pialscheide, kleinere Ästchen absenden. In dem abgebildeten Präparate, welches bei Lupenvergrößerung abgebildet ist, sind von der zarten Arachnoidalscheide bloß deren größere Gefäße (Fig. 18 *as*) zu bemerken.

Die Pialscheide (*pis*) ist bedeutend dicker als die Arachnoidalscheide. Von ihr gehen eine Anzahl von Längsdissepimenten (Fig. 18 und 19) tief zwischen die Fasern des Sehnerven hinein. Durch die alternirende Anordnung dieser bindegewebigen Scheidewände kann man nach der Abtrennung der Pialscheide den Sehnerven flächenartig ausbreiten und erklärt LEUCKART auf diese Weise den »membranartigen Bau« (MALPIGHI) des Sehnerven der Fische, bei welchen letzteren jedoch auch Andeutungen von einem strangartigen Bau des Sehnerven, wie er den höheren Vertebraten zukommt, zu finden ist.

Bei *Orthagoriscus* (Fig. 18) und beim Huchen (Fig. 17) gehen von diesen Längsdissepimenten sekundäre Fortsätze zwischen die Sehnervenfasern hinein.

Die Fasern der Duralscheide gehen, wie LEUCKART erwähnt, in die meridionalen Fasern der Sclerotica über und zwar ein Theil in die äußere, ein anderer Theil in die innere Bindegewebslage (Fig. 19 *af* und *if*) der Sclerotica. Der zwischen der inneren und der äußeren Scheide gelegene Intervaginalraum (Fig. 19 *vr*) reicht nicht so weit nach vorn, wie bei den höheren Vertebraten, sondern endet im hinteren Drittel der Sclerotica. Die Fasern der inneren Scheide des Sehnerven verlaufen nach vorn und mengen sich mit den Fasern des in der Umgebung des Sehnerven befindlichen Theiles der Aderhaut.

Der Sehnerv von Trygon (Fig. 19) zeigt an einem Längsschnitt ein weitmaschiges, mit Karminammoniak stark tingirtes, bindegewebiges Netzwerk, welches denselben von seinem Eintritt in die Scleralöffnung bis zur Papille durchsetzt. In seinem vorderen Bereiche erscheint dieses bindegewebige Netzwerk durch Einlagerung von sternförmigen Pigmentzellen und diffusen Pigmentes intensiv schwarz gefärbt.

Der hintere Theil dieses bindegewebigen Netzwerkes entspricht der bei den Fischen weitmaschigen *Lamina cribrosa scleroticae*.

An Flächenschnitten durch die Eintrittsstelle des Sehnerven von *Carcharias*, Trygon und *Raja miraletus* konnte ich mich überzeugen, dass das bindegewebige Maschenwerk, welches den Sehnerven in seinem vorderen Theil durchsetzt, aus der Chorioidea stammt. Es lassen sich sehr häufig Fasern aus der Chorioidea in den Sehnerven verfolgen.

Bei Trygon und den Haien steht das von der Chorioidea gebildete Netzwerk im Zusammenhange mit der *Lamina cribrosa Scleroticae*. Bei *Myliobatis* ist letztere Lamelle bedeutend zarter als bei Trygon, und lässt eben so, wie das bindegewebige Netzwerk des vorderen Sehnervenabschnittes, jedoch in geringerem Maße als dasselbe, Pigmenteinlagerungen erkennen.

Beim Huchen (Fig. 17 *er*) ist der Sehnerv in seinem vordersten Theile von einigen zarten, meridional verlaufenden, siebförmig durchbrochenen Faserlamellen durchsetzt, welche von dem in großer Menge vorhandenen bindegewebigen Stroma der Chorioidea gebildet werden. Vom Rande der Chorioidea ragen einzelne Gruppen von Pigmentzellen aus der Aderhaut eine kurze Strecke weit in den Sehnerven hinein.

Die *Lamina cribrosa* der Aderhaut des Huchen liegt in einer Entfernung von 6,0 mm von der *Sclerotica*.

An einer anderen Stelle werde ich des Näheren darauf eingehen, dass die Betheiligung der Chorioidea an der Bildung der *Lamina cribrosa* des Sehnerven bei den meisten Vertebraten eine sehr bedeutende ist.

Ich konnte mich hiervon überzeugen bei *Salamandra maculata* und *Chelonia Caretta*. Bei den Vögeln sind die bindegewebigen Fasern, welche aus der Aderhaut in den Sehnerven ziehen, sehr spärlich. Beim Rinde ist die Anzahl derselben eine große. Die vorderste Schicht der *Lamina cribrosa*, welche von der Aderhaut gebildet

wird, ist beim Rinde bedeutend stärker pigmentirt, als der von der Sclerotica gebildete Theil derselben.

Es erscheint mir das Vorkommen einer von der Chorioidea gebildeten Lamina cribrosa des Sehnerven wichtig mit Rücksicht auf die Thatsache, dass die Antheilnahme der Chorioidea bei der Lamina cribrosa des Menschen eine so geringe ist, dass sie noch vielfach in Zweifel gezogen wird.

So hält SCHWALBE (GRAEFE und SAEMISCH, Handbuch I. pag. 621) die Betheiligung der Chorioidea an der Bildung der Lamina cribrosa des Menschen für nicht erweisbar. Ähnlich sind die diesbezüglichen Resultate von DONDERS und KLEBS.

Bloß das Vorhandensein von pigmentirten Zellen, welche sich, wie H. MÜLLER angiebt, von der Chorioidea, jedoch selten, zwischen die Nervenbündel verfolgen lassen, wird von SCHWALBE bestätigt.

An Fächerschnitten durch den Sehnerven von *Carcharias* konnte ich größere Gefäße beobachten, welche um den Sehnerven und in einiger Entfernung von demselben in der Membrana vasculosa verlaufen. Es bilden dieselben durch Verbindungen ihrer Äste einen Gefäßring. Wie ich auch an Längsschnitten entnehmen konnte, ziehen einzelne zarte Gefäßchen, welche aus der Aderhaut stammen, in den Sehnerven.

Ein dem Scleroticagefäßringe des Menschen ähnlicher Gefäßring findet sich in dem fibrösen Theile der Sclerotica. Von dem Vorhandensein desselben konnte ich mich ebenfalls bei *Carcharias* überzeugen.

Indem die Binde substanz des Sehnerven bereits, bevor seine Fasern die Sehnervenpapille erreichen, wie dies auch am menschlichen Auge von LOEWIG (71) beobachtet wurde, in die Binde substanz der Sclerotica und der Chorioidea übergegangen ist, besteht der Sehnerv an der Übergangsstelle in die Netzhaut fast nur aus Nervenfasern.

Dieselben sind größtentheils in der Papille noch markhaltig. Durch den Verlust der Markscheide der Nervenfasern, bevor sie in die Nervenfaserschicht der Netzhaut übergehen, entsteht eine so beträchtliche Verminderung der Dicke der letzteren Schicht, dass die Papilla nervi optici die Netzhaut zumeist überragt. Im Centrum der Papille findet man ein kleines Grübchen (Fig. 17, 18 *fc*).

Die Sehnervenfasern durchkreuzen sich in eigenthümlicher Weise theils in der Sehnervenpapille, theils innerhalb der Lamina cribrosa der Aderhaut (Huchen). Diese Kreuzung betrifft bloß die in der Mitte des Sehnervenstammes verlaufenden

Fasern. Die in der Peripherie des Sehnervenquerschnittes liegenden Nervenfasern verlaufen ungekreuzt. Die Kreuzung findet man sowohl an horizontalen als an sagittalen Schnitten durch den Sehnerven.

SCHWALBE (l. c. pag. 350) berichtete zuerst über eine Kreuzung der Nervenfasern in der Sehnervpapille der Vögel.

LANGERHANS (l. c. pag. 63) machte bei *Petromyzon* eine ähnliche Beobachtung über den Faserverlauf im Sehnerven. NICATI (88) hat dasselbe Verhalten der Sehnervenfasern bei den Fischen, Amphibien, Reptilien und den Vögeln gefunden.

Letztere Beobachtungen bin ich in der Lage bestätigen zu können. Ich fand diese Kreuzung bei sämtlichen von mir untersuchten Fischen. Ich fand sie ferner bei *Salamandra maculata* und *Chelonia Caretta*. Beim Huhn und bei der Taube ist der Antheil der Fasern, der der Kreuzung unterworfen ist, ein sehr bedeutender.

Indem ich mir die histologische Bearbeitung der Retina der Fische für eine spätere Publikation vorbehalten, will ich hier nur einige die Netzhaut der Fische betreffende Beobachtungen anführen.

Es wurde bereits an anderer Stelle (7) darauf hingewiesen, dass in der inneren Körnerschicht von *Luvarus* sich einzelne Zellen finden, welche die Eigenschaften der Ganglienzellen in der Ganglienzellschicht erkennen lassen, dieselben jedoch an Größe übertreffen. Ich finde in der inneren Körnerschicht von *Myliobatis*, *Carcharias* und *Pagellus* Zellen mit reichlichem körnigen Protoplasma, welche einen runden Kern mit Kernkörperchen erkennen lassen. An einzelnen derselben lassen sich deutliche protoplasmatische Fortsätze beobachten. Es scheint das Vorhandensein deutlich erkennbarer Ganglienzellen in der inneren Körnerschicht der Fische sehr für die Ansicht von HENLE zu sprechen, welcher die letztere Schicht, eben so wie die Ganglienzellschicht, zu den gangliösen Bestandtheilen der Retina zählt. Ein ähnliches Verhältnis, was die Größe der Zellen in beiden Schichten betrifft, ist auch bei *Petromyzon* zu beobachten. Bei dem letzteren besitzen die Zellen der inneren Körnerschicht viel deutlicher den Charakter von Nervenzellen als die Bestandtheile der Ganglienzellschicht. Es glaubten daher M. SCHULTZE (111) und LANGERHANS (65),* dass beim Querder die Ganglienzellschicht nach außen von der inneren Körnerschicht liege.

Von KRAUSE (59) wurde vor Kurzem darauf hingewiesen, dass beim Aale Stäbchen und Zapfen vorhanden sind, an deren Vorhandensein man früher gezweifelt hatte. Die Beobachtung von KRAUSE

kann ich bestätigen; es scheint wenigstens bei den Knorpel- und Knochenfischen das Vorhandensein beider Formen der musivischen Elemente sämtlichen Fischarten zuzukommen. Da meine Untersuchungen bei *Lüvarus* nicht von einem positiven Resultate begleitet waren, will ich hier hervorheben, dass dies auch für die noch wenig untersuchten Scomberiden der Fall zu sein scheint, da ich beim Thunfisch beide Formen gefunden habe.

Das Epithel der Retina ist bei den meisten Fischen stark pigmentirt. Die Zellen desselben senden nach innen zwischen die Stäbchen und Zapfen lange zarte Fortsätze aus, welche ebenfalls von einem körnigen Pigmente erfüllt sind. Bei *Crenilabrus* sind diese Fortsätze mit rothen nadelförmigen Krystallen erfüllt (vgl. EMERY 33).

Die Ciliarfortsätze und der *Orbicularis ciliaris* sind von einer Zellschicht an ihrer Innenfläche bekleidet, welche als *Pars ciliaris retinae* bezeichnet wird. Die Zellen sind meist cylindrisch und lassen deutliche, gegen die Basis der Zellen zu gelegene, ovale Kerne erkennen. Zwischen den Zellen sind kurze bindegewebige Fasern, welche mit der *Lamina elastica* verbunden sind. Diese Fasern haben einen von hinten außen nach vorn und innen gerichteten Verlauf. Die innere Oberfläche der Zellen der *Pars ciliaris retinae* wird von einer Glashaut bedeckt, welche, wie an einer anderen Stelle näher aus einander gesetzt wird, nach hinten mit der *Limitans interna*, nach vorn mit der Glashaut der hinteren Fläche der Iris im Zusammenhange ist¹. Die zwischen den Zellen gelegenen Fasern, welche den Stützfasern der Retina entsprechen, sind an ihren inneren Enden mit der Glashaut verwachsen. Diese Glashaut ist in weitem Umfange mit der *Zonula* verwachsen. Wenn man die letztere ihrer Fläche nach ausgebreitet untersucht, kann man an derselben eine Anzahl kurzer Fasern haften sehen, welche den Stützfasern der Retina entsprechen. An solchen Präparaten kann man nicht selten auch die cylindrischen Zellen der *Pars ciliaris retinae* und einzelne Bestandtheile der Pigmentschicht erkennen, welche bei der Ablösung der *Zonula* an der letzteren haften bleiben.

¹ Die Beschreibung derselben wurde bereits bei der Besprechung der Iris gegeben.

Die Linse und der Glaskörper.

Die Linsenkapsel der Fische erscheint als eine strukturlose Membran. Kerne konnte ich in derselben bloß bei einem noch wenig entwickelten Weißfische erkennen. Das »Epithel«, welches die hintere Fläche der vorderen Kapsel bedeckt, fand ich beim Aal, bei *Orthogoriscus* und bei *Myliobatis*. Die hintere Kapsel ist an ihrer vorderen Fläche mit rundlichen Tröpfchen, manchmal von schmalen etwas über die Kapselfläche sich erhebenden bogen- und maschenartigen Figuren bedeckt. Möglicherweise kommen diese Bildungen durch Gerinnung der zwischen der Linsenkapsel und der Linse befindlichen Flüssigkeit zu Stande.

Es wird gewöhnlich angenommen, dass die Linsenkapsel sämtlicher Fische gefäßhaltig sei. Dem gegenüber will ich erwähnen, dass ich in der Linsenkapsel ausgewachsener Exemplare von *Myliobatis* und *Galeus* keine Gefäße gefunden habe.

Die Linsenfasern sind, wie bekannt, im Kerne der Linse stärker gezähnt als nahe der Rindenschicht derselben. Bei einem 3 cm langen Weißfische fand ich sie in letzterer Schicht glattrandig, während ihre Grenzlinien im Kerne zarte Unebenheiten zeigten.

Es ergibt sich hieraus, dass, wie auch LEYDIG aus der Entwicklungsgeschichte des Auges der Fische nachweist, die gezähnten Linsenfasern ursprünglich als glattrandige gebildet werden.

HANNOVER (42, pag. 328) beobachtete im Glaskörper »runde granulirte Körper, von welchen Fäden ausliefen«.

Im Glaskörper von *Orthogoriscus* und von *Pagellus* finde ich Zellen, welche einen runden Kern enthalten und einzelne Protoplasmafortsätze aussenden.

Außerdem finden sich im Glaskörper Zellen, welche farblosen Blutkörperchen nicht unähnlich sehen.

Die *Zonula Zinnii* ist eine elastische Membran, in welcher Fasern verlaufen. Sie entsteht im Glaskörper mit zarten wellenförmig gekrümmten Fasern, welche nach vorn verlaufen und sich zu Längsbündeln vereinigen. Durch Zusammentreten von 2—3 solchen Längsbündeln vereinigen sie sich bei den Selachiern zu stärkeren Fasermassen, wie an einer Abbildung eines Stückes aus dem hinteren Theile der *Zonula* von *Myliobatis aquila* (Fig. 21 *Lf*) sich entnehmen lässt. Nach einer kurzen Strecke, welche etwa der Länge der Ciliarfortsätze entspricht, theilen sich diese Längsfaserbündel

mehrfach. Vor dem Übergange dieser Fasern auf den Linsenrand treten dieselben strahlenförmig aus einander. Ein Theil der Fasern bedeckt die hintere, ein anderer die vordere Linsenkapsel an ihren äußeren Rändern. Die Insertionslinie der Zonulafasern an der Linsenkapsel ist ähnlich, wie bei den höheren Vertebraten, eine zickzackförmige.

Von den längsverlaufenden Fasern biegt ein Theil in cirkulärer Richtung um und bildet quere Verbindungsfasern zwischen den Längsbündeln. Die quer verlaufenden Fasern bilden wieder Verbindungen unter einander, so dass die letzten Ausläufer der von den Längsfasern gebildeten Querfasern ein zartes Maschenwerk bilden (*Nt*), welches die Längsbündel mit einander verbindet.

Bei *Myliobatis* hat dasselbe eine kleinmaschige Beschaffenheit, bei *Trygon* und *Galeus* treten die Querfasern mehr hervor und sind bei den letzteren die von den queren Fasern gebildeten sekundären Zweige viel spärlicher, als bei *Myliobatis*.

Bei den Teleostiern hat die Zonula einen von dem obigen verschiedenen Bau. Im ganzen Umfange der Zonula sind die Längsfasern sehr spärlich und sind dafür an der als *Ligamentum quadratum* bezeichneten Stelle derselben in großer Menge an einander gereiht.

Wie ich bei einem Knochenfische, dessen Augen mir übergeben wurden (ohne Bezeichnung der Species), finde, ist die Anheftungsweise des *Ligamentum quadratum* an die *Pars ciliaris retinae* eine sehr eigenthümliche.

An einem Flächenpräparate (Fig. 22) lässt sich beobachten, dass ein Theil von den Längsfasern (*Lf*) eigenthümliche grobmaschige Schlingen bildet. Die schlingenförmig verlaufenden Fasern (*Sf*) verflechten sich stellenweise. Sie sind mit einander innig verbunden und bilden einen kammförmigen Fortsatz, dessen äußere Oberfläche mit theils größeren, theils kleineren, den Endschlingen entsprechenden Unebenheiten versehen ist. Beim Karpfen konnte ich solche Schlingen an den Fasern des *Ligamentum quadratum* nicht beobachten.

Die Ciliarfortsätze der Fische sind schmale Wülste, welche in ihrem vorderen Ende etwas verdickt sind. Nachträglich muss ich erwähnen, dass die Längsfasern in den zwischen den Ciliarfortsätzen gelegenen Furchen verlaufen. Das Netzwerk in der Zonula der Selachier bedeckt die Firsten der Ciliarfortsätze.

Bei den Selachiern und bei *Petromyzon* fehlen die Glaskörpergefäße (vgl. VIRCHOW, 122).

Bei *Crenilabrus* stehen die Gefäße des *Processus falciformis* in Verbindung mit den Gefäßen der *Membrana hyaloidea*.

Es scheint das Gefäßsystem der *M. hyaloidea* ursprünglich mit den Gefäßen des *Processus falciformis* im Zusammenhange zu sein und erst in einer späteren Periode sich zu trennen.

Durch die Untersuchungen von MIHALKOVICS¹, ANDRÉ und BEAUREGARD² und DENISSENKO (29) ist erwiesen, dass der *Pecten* im Auge der Vögel ein von den Centralgefäßen gebildetes Gefäßsystem des Glaskörpers darstellt.

Nach DENISSENKO soll das im Glaskörper gelegene Gefäßsystem zur Ernährung der gesammten Netzhaut beitragen. Wenn gleich dies für die inneren Schichten derselben keinem Zweifel unterliegen kann, muss jedoch mit Rücksicht auf die musivische Schicht, deren Ernährung bei den höheren Vertebraten durch die *Choriocapillaris* stattfinden soll, auf die sehr bedeutende Entwicklung der letzteren Schicht im Auge der Fische hingewiesen werden.

Die Augenlider und das retrobulbäre Gewebe.

Wie bereits oben erwähnt wurde, wird ein halbkreisförmiger Hautlappen, welcher den oberen Theil der *Cornea* von *Orthogoriscus mola* überragt, als Andeutung der Bildung eines Augenlides angesehen.

CUVIER giebt an, dass er in demselben Muskelfasern gefunden habe, welche in der Art eines Sphinkter angeordnet sind.

Ich konnte eben so wenig, wie LEYDIG, diese Muskelfasern nachweisen. Das Gewebe des Hautlappens entspricht vollkommen dem der *Cutis*. Zwischen dem auf- und dem absteigenden *Cutis*-theile desselben liegt ein weitmaschiges Gewebe, welches eine Fortsetzung des subcutanen Zellgewebes ist.

Letzteres ist von großen Gefäßen reichlich durchsetzt, von welchen Zweige in die *Cutis* des Hautlappens eindringen und in den wulstförmigen kleinen Erhabenheiten ein weitmaschiges Kapillarnetz bilden.

Da die Lider der Selachier bisher noch keine genauere Untersuchung erfahren haben, sei es mir gestattet auf den Bau derselben näher einzugehen.

¹ Arch. f. mikr. Anat. IX. B. pag. 591.

² Compt. rend. T. 79. pag. 1154.

LEUCKART (69, pag. 275) bemerkt von denselben: »Die Augenlider sind übrigens im Vergleich mit denen der höheren Thiere und besonders der Säugethiere nur sehr unvollkommene Bildungen.«

An in sagittaler Richtung geführten Schnitten zeigt sich, dass die Lider an ihrer Übergangsstelle in die Haut etwas schmaler sind, als in der Mitte und gegen die Rima palpebrarum zu wieder plötzlich an Dicke abnehmen.

Man kann vier Schichten an einem solchen Schnitt wahrnehmen. Nach vorn liegt die Cutis (Fig. 20 *cu*), hierauf folgt ein straffes Fasergewebe (*m*), welches mit der Cutis verbunden ist. Nach rückwärts von demselben erscheint das subconjunctivale Zellgewebe (*sz*). Die hintere Fläche des Lides wird von der Conjunctiva palpebrarum bedeckt.

Die Conjunctiva ist an der hinteren Fläche des Lides bis auf einzelne Stellen, welche quere Furchen besitzen, vollkommen glatt. Weite Falten bildet sie im Übergangstheile.

Die Conjunctiva besteht aus einer Schicht parallel zu ihrer Oberfläche angeordneter straffer bindegewebiger Fasern. Ihre hintere Fläche ist mit geschichtetem Pflasterepithel bedeckt. An dem die Lidspalte umgebenden Theile des Lides ist die Conjunctiva mit dem früher erwähnten dichten fibrösen Gewebe (Lidknorpel) innig verwachsen und es fehlt daselbst die subconjunctivale Schicht¹.

Die subconjunctivale Schicht besteht aus lockerem, großmaschigem Bindegewebe. Es verlaufen in demselben größere Gefäße (*gf*), welche den Lidknorpel und die Conjunctiva mit Gefäßzweigen versehen.

Die größte Dicke des Lides nimmt die aus straffen, bindegewebigen Fasern bestehende Schicht (*m*) ein, welche dem Lidknorpel der höheren Vertebraten entspricht. Diese Schicht ist mit der Cutis fest verwachsen. Am orbitalen Lidrande steht diese Faserplatte theils mit der orbitalen bindegewebigen Hülle, theils mit dem subcutanen Bindegewebe in Verbindung.

Die Cutis besteht aus eng an einander und parallel zur Oberfläche angeordneten Bindegewebsfasern. Von diesen geht ein Theil in die sagittalen Faserbündel des Lidknorpels über. Der größere Theil dieser sagittalen Faserbündel wird jedoch von Fasergruppen gebildet, welche an der Basis der Hautknochen (*hk*) entstehen. Dadurch,

¹ Die Fig. 20 stellt den mittleren Theil eines Sagittalschnittes durch das obere Lid von *Carcharias* dar.

dass diese sagittalen Fasern in dem hinteren Theile des Lidknorpels sich mit einander verfilzen und zum Theile in vertikale Fasern übergehen, bilden sie die hintere flächenartige Begrenzung des Lidknorpels. In dem mittleren Theile des Lidknorpels liegen zwischen den sagittalen in schiefer und bogenförmiger Richtung sie überkreuzende Fasern, so dass der mittlere Theil des Lidknorpels eine Anzahl von kleineren Feldern erkennen lässt.

In diesen Feldern sind die Querschnitte von Faserbündeln zu erkennen, welche senkrecht zur Ebene des Schnittes, mithin horizontal, verlaufen.

In Betreff des Baues der Hautknochen verweise ich auf die bekannten Untersuchungen von O. HERTWIG. Die Hautknochen sind von dem geschichteten Pflasterepithel (*ep*) der Epidermis bedeckt.

An Querschnitten durch das Lid des Embryo von *Mustelus laevis* erscheint dasselbe als eine Faltung der Cutis. Zwischen den Falten der Cutis liegt eine Schicht des subcutanen Gewebes.

Das retrobulbäre Gewebe der Selachier und von *Orthogoriscus* besteht aus Gallertgewebe mit eingelagerten korkzieherartig gewundenen elastischen Fasern. Gefäße sind spärlich in demselben vorhanden.

Wie bereits erwähnt wurde, ist bei einzelnen Fischarten das retrobulbäre Fett zwischen bindegewebigen Lamellen, welche parallel der hinteren Bulbuswand verlaufen, angelagert. Die vorderste Lamelle ist nicht in ihrem ganzen Umfange, sondern nur an einzelnen breiten Stellen mit der Sclerotica verwachsen. Eben so finden sich nicht verwachsene Stellen zwischen den einzelnen Lamellen, welche die Fettschichten begrenzen. Ich habe dieser Einrichtung etwas mehr Aufmerksamkeit geschenkt, weil sie, wie ich glaube, dazu geeignet erscheint, den geringen Grad von Beweglichkeit zu ermöglichen, welcher dem Auge der Fische zukommt.

Erwähnen will ich noch, dass die innere Fläche des Gelenkes zwischen der Sclerotica und dem Augensiele bei *Squatina* mit einer Lage von Plattenepithelien bedeckt ist.

N a c h t r a g.

Nachdem meine Untersuchungen über das Auge der Fische bereits abgeschlossen waren, erhielt ich durch die Freundlichkeit des Herrn Dr. EDUARD GRAEFFE, Inspektors der k. k. Zoolog. Station

in Triest Augen von einer Anzahl von Fischarten zugesandt, welche ich noch nicht zu untersuchen Gelegenheit hatte. Die Resultate dieser Untersuchung will ich nun nachträglich mittheilen. Die Augen gehörten folgenden Arten an:

Selachii.

Scyllium canicula L.
Squatina angelus.
Raja Schultzi.

Teleostei.

Conger vulgaris L.
Belone vulgaris Flem.
Labrax lupus Cuv.
Trigla lineata.
Pagellus erythrinus L.
Zeus faber L.
Thynnus Pelamys Cuv. Val.
Mugil cephalus Cuv.
Caranx trachurus L.

Cornea.

In der Substantia propria derselben lassen sich die in der Hornhautperipherie verlaufenden cirkulären Fasern bei Caranx deutlich beobachten.

Zwischen den Epithelzellen des peripheren Theiles der Hornhaut von Chrysophrys finde ich einzelne mit Fortsätzen versehene pigmentirte Zellen, welche vollständig mit den in der Epidermis gelegenen Pigmentzellen der Fische übereinstimmen, welche von LEYDIG¹, H. MÜLLER² und F. E. SCHULZE³ daselbst beschrieben wurden und an welchen der Letztere amöboide Bewegungen beobachtete.

Sclerotica.

Der vordere Theil der Sclerotica von Thynnus vulgaris und Th. Pelamys zeigt an einer halbmondförmig den Hornhautrand umgeben-

¹ Histol. pag. 97.

² Würzburger Verhdlg. Bd. X. pag. 23. — Würzburger Naturw. Zeitschrift Bd. I. pag. 164.

³ Arch. f. mikr. Anat. III. Bd., pag. 137.

den Stelle ebenfalls einen irisirenden Glanz. Bei der mikroskopischen Untersuchung findet man unter dem Cutisgewebe eine Schicht von Krystallplättchen, welche vollständig den Iridocythen, und den analogen in der sogenannten Perlsubstanz gelegenen Gebilden entsprechen. Hinter diesen Krystallplättchen liegen einzelne sternförmige Pigmentzellen.

Knorpelzellen, welche in reichlicher Menge Fetttropfen in ihrem Protoplasma eingelagert enthalten, konnte ich in zahlreicher Menge bei *Mugil cephalus* finden.

Die Bildung von Hohlräumen finde ich im hinteren Theile der Sclerotica von *Raja Schultzei* sehr weit entwickelt. Nachträglich muss ich bemerken, dass LEYDIG (Fische und Reptilien, pag. 1) die Knorpelsubstanz von *Accipenser* von Kanälen durchzogen findet, welche Fett und Gefäße enthalten. Da ich in den Knorpelhöhlen der Rajiden bloß einen serösen Inhalt finde, muss ich noch unentschieden lassen, ob es sich hier um analoge Bildungen handelt.

An einzelnen Stellen des Scleralknorpels von *Myliobatis* und *Squatina* finde ich die Knorpelgrundsubstanz von in den verschiedensten Richtungen sich durchkreuzenden Fasern durchsetzt, so dass die einzelnen Knorpelzellen von Fasermassen umgeben werden.

Vergleicht man die verschiedenen Formen des Auftretens von Fasern in dem ursprünglich hyalinen Knorpel, so ergibt sich, dass die radiären und die meridionalen Faserbildungen nur als Anfangsstadien der Umwandlung von hyalinem Knorpel in Faserknorpel anzusehen sind und dass das Endstadium dieser Umwandlung die vollständige Umänderung der hyalinen Grundsubstanz in faserige vorstellt.

Es werden bei verschiedenen Arten zuerst die radiären, bei anderen die meridionalen Fasern zuerst durch die bereits angeführte Veränderung der Kittsubstanz sichtbar. Es zeigen sogar die einzelnen Theile des Scleralknorpels hierin Verschiedenheiten, indem an einer Stelle die radiären Fasermassen, an einem anderen Theile desselben anders gerichtete Fasersysteme zuerst in der sonst hyalinen Grundsubstanz erscheinen. Ich kann mich daher nicht der Ansicht jener Autoren, welche die verschiedenen Formen der Knorpelgrundsubstanz des Scleralknorpels als den verschiedenen Arten eigenthümliche Erscheinungen betrachten, anschließen, sondern halte diese Formen für verschiedene Entwicklungsstadien der Umwandlung der hyalinen Grundsubstanz in faserige. Bloß die ersten Erscheinungen dieser Umwandlungen sind bei verschiedenen Arten der Fische verschiedene.

Iris.

An mit Macerationsmitteln behandelten Querschnitten durch die Hornhaut von *Thynnus* konnte ich mich überzeugen, dass ein Theil der Fasern des *Ligamentum annulare* in Hornhautfasern übergeht.

Die sternförmigen Pigmentzellen, welche bei *Conger* und *Anguilla* im *Ligamentum annulare* vorkommen, haben die verschiedenartigsten Formen. Bald findet man solche, welche ganz eingezogene Fortsätze haben, bald solche, bei welchen sie sich mehrfach theilen und eine Strecke weit von der Zelle enden. Es scheinen auch diese Pigmentzellen die Eigenschaften von Chromatophoren zu besitzen. Stellenweise anastomosiren die einzelnen Pigmentzellen mit einander.

Bei *Mugil cephalus* und bei *Squatina angelus* finde ich im *Ligamentum annulare* außer mit körnigem schwarzen Pigment erfüllten Zellen, sternförmige mit goldgelben in Form von Körnchen, welche stark Licht reflektirend sind, abgelagerten Pigmenten erfüllte Zellen.

Zwischen den Krystallschüppchen (*Iridocythen*) der Iris finde ich beim Thunfisch und bei *Chrysophrys* einzelne Pigmentzellen, welche mit dem ganzen Zellkörper in dieser Schicht liegen.

Bei *Belone* finde ich die *Iridocythen* in der Umgebung des Pupillarrandes cirkulär, in der Peripherie der Iris zumeist radiär angeordnet.

Die Basalmembran der Iris hat bei *Squatina angelus* eine streifige Beschaffenheit, eine Eigenschaft, welche ich bei Teleostiern nicht fand.

In Fig. 12 *a* stellt die mit *b* bezeichnete Zelle eine pigmentirte glatte Muskelzelle aus dem *Sphincter pupillae* dar.

Chorioidea.

In Betreff des chorioidalen Fortsatzes, welcher im vorderen Theile des Auges von *Thynnus* und bei den Selachiern gefunden wurde, muss ich nachtragen, dass er auch bei *Zeus faber* und bei *Thynnus Pelamys* sich beobachten lässt. Bei den *Scomberoiden* ist er in so breitem Umfange mit dem *Proc. falcif.* verwachsen, dass die Grenze beider Gebilde sich schwer feststellen lässt.

Auch bei *Zeus faber* und bei *Thynnus Pelamys* finde ich spindelförmige Zellen, welche einen länglichen stäbchenförmigen Kern enthalten und mit den organischen Muskelfasern der Iris übereinstimmen.

LEUCKART (l. c. pag. 226) beschreibt beim Lachs ein Muskelbündel, welches von der Iris zum Processus falciformis zieht. Es wäre möglich, dass es sich hier um ein analoges, schwächer entwickeltes Gebilde handelt. Bei einigen Selachiern liegt der von mir beschriebene Fortsatz mit seinem größeren Theile im Bereiche der Iris.

Bei Conger besitzen die im vorderen Theile der Pars ciliaris retinae gelegenen Zellen der Pigmentschicht eigenthümliche Fortsätze. Bei Plattenepithelien ist meines Wissens das Vorhandensein solcher Zellfortsätze bisher noch nicht bekannt, während sie bei Cylinderepithelzellen nicht selten sind. In Fig. 12 *a* stellt *a* eine isolirte Zelle dar, *c* einen Zellencomplex.

Die Glaslamelle der Aderhaut zeigt bei Luvarus weitmaschige, unregelmäßige, bei Scyllium netzförmige Zeichnungen.

Die Chorioecapillaris von Scyllium ist pigmentlos. Die Gefäße dieser Membran gehen von einer kleinen Arterie sternförmig ab, theilen sich zumeist und anastomosiren mit den benachbarten Gefäßchen (Thynnus).

Das Tapetum cellulosum finde ich beim ausgewachsenen Exemplar von Mustelus deutlich entwickelt, beim Embryo vermisste ich es.

Die Zellen des Tapetes von Squatina angelus enthalten nicht nadelförmige Krystalle, sondern sie sind mit Krystallen erfüllt, welche platte, meist längliche Formen und 6—8 Kanten in der Flächenansicht besitzen. Ich muss vorläufig noch unentschieden lassen, ob diese Krystalle mit Guaninkalk identisch sind, da bisher nicht bekannt ist, dass diese Verbindung in verschiedenen Krystallformen vorkommt¹. Die Krystalle von Squatina angelus zeigen dieselben Interferenzfarben, wie die nadelförmigen Krystalle von Guaninkalk.

In Betreff des Guanin muss ich nachträglich erwähnen, dass es an der Innenfläche der Schwimmblase der Fische, ferner in den Muskeln der Knochen- und Knorpelfische gefunden wurde (KRUKENBERG).

Die äußere elastische Lamelle der Aderhaut lässt sich beim Thunfisch makroskopisch darstellen. Sie besitzt bei Luvarus und Thynnus Pelamys denselben Bau, wie er bei Th. vulg. beschrieben wurde.

In der M. suprachorioidea von Pagellus erythrinus finde ich außer den mit schwarzen Pigmentkörnchen erfüllten sternförmigen Zellen

¹ Einer persönlichen Mittheilung des Herrn BELA Grafen HALLER entnehme ich, dass auch in der Perlsubstanz einiger Knochenfische an Stelle der nadelförmigen Krystalle kleine Plättchen vorhanden sind.

auch ähnlich geformte, welche eben so, wie dies bei einigen Arten in der Iris nachgewiesen wurde, gelbes körniges Pigment enthalten. Bei *Pagellus* konnte ich Anastomosen zwischen den beiden Formen von Zellen beobachten.

Zwischen der Chorioideä und der Sclerotica finde ich bei *Mugil cephalus*, bei *Labrax* und bei *Caranx* eine dünne Schicht von Fettgewebe. Es wird das letztere durchsetzt von Fasern, welche von der *M. suprachorioidea* zur Sclera ziehen. LEUCKART erwähnt, dass beim Lachs an derselben Stelle Fettgewebe sich nachweisen lässt. Bekanntlich enthält die Arachnoidealhülle des Gehirns, welche als ein mit der Chorioidea analoges Gebilde angesehen wird, bei den Fischen meist in größerer Menge Fettzellen.

Die *Lamina cribrosa chorioideae*¹ hat bei *Mugil cephalus* eine ähnliche Beschaffenheit, wie ich sie bei *Trygon* beschrieben habe.

Zur Untersuchung der Gefäße der Chorioidaldrüse eignet sich sehr gut die flächenartig ausgebreitete Chorioidaldrüse von *Beloue*. Die *Arteria ophthalmica magna* verläuft in einem Kreisbogen nahe dem inneren Rande der Chorioidaldrüse. Von der Arterie geht eine Anzahl kurzer, breiter Gefäßstämme ab, welche pinselförmig sich in kleinere Gefäßäste auflösen. Diese theilen sich mehrfach und gehen dann in das Kapillarsystem der Drüse über. An dem äußeren Rande der Chorioidaldrüse gehen die Venen hervor, welche mit den Venen der Aderhaut sich vereinigen und deren Blut, wie bekannt, durch die Ven. vort. abfließt.

Linse.

Die Linsenkapsel von *Mugil cephalus* lässt an ihrem optischen Querschnitt einige zarte mit der Oberfläche parallele Streifen erkennen. Über die Bedeutung dieser Erscheinung habe ich bereits an einem anderen Orte (HIRSCHBERG's Centralbl. f. prakt. Augenheilkunde 1882 Januar-Heft) berichtet.

Die hintere Linsenkapsel von *Chrysophrys* ist an ihrer vorderen Fläche mit einer Anzahl linienförmiger Vertiefungen versehen, beim Thunfisch durchkreuzen sich dieselben in den verschiedensten Richtungen.

¹ Über den Bau derselben bei den höheren Vertebraten vgl. E. BERGER, Zur Kenntniss vom feineren Baue des Sehnerven. v. KNAPP's Arch. f. Augenheilkunde. April-Heft 1882.

In Betreff der Linsenfasern ist nachträglich anzuführen, dass bei *Petromyzon* und beim Aale, wie auch HENLE¹ anführt, auch im Kerne ungezähnte Linsenfasern enthalten sind, welche letzteren bei den Selachiern und den Teleostiern in der *Corticalis* glattrandig sind. An der Grenze zwischen der *Corticalis* und dem Kerne finde ich bei *Pagellus erythrinus* Fasern, deren Zähne schraubenförmig die Faser umgeben. Ähnliche Fasern beschreibt HENLE bei *Scyllium*.

Die gezähnten Linsenfasern finde ich stets derart an einander gelagert, dass die einzelnen Zähne sich decken und dadurch leistenförmige Erhabenheiten bilden. Bei Anwendung von Goldfärbung erscheinen die Linsenfasern längsgestreift (*Conger*, *Pagellus*), eine Erscheinung, die beim Menschen auch ohne Einwirkung von Reagentien beobachtet wurde (ARNOLD).

Glaskörper.

Die Zonula von *Mngil* und *Conger* besteht bloß aus radiär verlaufenden Fasern.

Von den Fasern des *Ligamentum quadratum* stammt ein Theil aus dem Glaskörper, die größere Masse derselben jedoch von der *Pars ciliaris retinae*. Es sind diese Fasern theils mit der Glashaut, welche die innere Oberfläche der Zellen der *Pars ciliaris retinae* bedeckt, verwachsen, theils scheinen sie sich in Stützfasern der *Pars ciliaris retinae* fortzusetzen. Bei der Abtrennung des *Ligamentum quadratum* bleiben an demselben nicht nur Zellen und Stützfasern der *Pars ciliaris retinae* haften, sondern auch Theile der Pigmentschicht (*Conger*).

Bei *Thynnus vulgaris* und bei *Th. Pelamys* geht ein zarter, flächenartiger Fortsatz vom *Processus falciformis* eine Strecke weit in den Glaskörperraum hinein. Im hinteren Theile des Auges ist er am breitesten und nimmt in der Richtung nach vorn an Größe ab. Es reicht derselbe bis zur *Campanula Halleri*. Er besteht aus zarten Gefäßen, welche von den Gefäßen des *Proc. falciformis* herkommen und ein weitmaschiges Gefäßnetz bilden. Diese zarten Gefäße werden von bindegewebigen Fasern umspinnen und sind durch dieselben mit der bindegewebigen Hülle des *Processus falciformis* verbunden. An einzelnen Stellen finde ich den bindegewebigen Fortsatz mit sechseckigen, platten, Pigmentzellen bedeckt.

¹ Zur Anatomie der Krystalllinse. Abhdl. d. k. Ges. d. W. zu Göttingen. 23. Bd.

L i t t e r a t u r - V e r z e i c h n i s .

- 1) AGASSIZ et VOGT, Anatomie des Salmones. 1845. pag. 88.
- 2) ANGELUCCI, A., Über Entwicklung und Bau des vorderen Uvealtractus der Vertebraten. Arch. f. mikr. Anat. 1881. pag. 152 und Med. Central-Blatt 1879. pag. 24.
- 3) — Das Pigmentepithel der Netzhaut. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1878.
- 4) ANGELY, M., De oculo et de organibus lacrim. Erlangen. 1903.
- 5) BARKOW, Disquisitiones neurologicae. Vratislaviae. 1836.
- 6) BARRESWIL, Compt. rend. 1861. T. 53. pag. 265.
- 7) BERGER, E., Das Auge. in: Zur Anatomie u. Physiol. von Luvarus imperialis. KRUKENBERG, Vergl.-physiol. Studien. IV. 1881.
- 8) — Beiträge zur Anatomie des Fischauges. Zool. Anzeiger 1881. Nr. 83.
- 9) BERGMANN u. LEUCKART, Anatom. - physiol. Übersicht des Thierreiches. Stuttgart. 1852.
- 10) BERLIN, Refraktion und Refraktionsanomalien bei Thieraugen. Tagebl. d. 52. Naturforschervers. pag. 347—348.
- 11) BIESIADECKI, Über das Chiasma nerv. opt. des Menschen und der Thiere. Sitzber. der Wiener Ak. d. Wiss. Bd. 42. pag. 86—102.
- 12) BONAPARTE, L. F., Iconographia della Fauna Italiana. Rom. 1833.
- 13) BOWMAN, On the eye.
- 14) BRASS, A., Die Accommodation des Auges der Knochenfische. Zeitschrift f. d. ges. Naturwiss. 53. Bd.
- 15) BRÜCKE, E., Anatom. Untersuchungen üb. d. sog. leuchtenden Augen bei den Wirbelthieren. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1845. pag. 402.
- 16) — Über den Musculus Cramptonianus und den Spannmuskel der Chorioidea. Ibidem 1846.
- 17) BREWSTER, On the structure of the crystalline lens in Fishes and quadrupedes. Philosoph. Transact. 1816. T. II. pag. 311.
- 18) — On the anatomical and optical structure of the crystalline lens of animals. Ibidem 1833. T. II. pag. 323 und 1836. T. I. pag. 35.
- 19) BROWN-SEQUARD, Compt. rend. de la soc. de Biologie de Paris. III. 1851. pag. 161.
- 20) BRUCH, Vergleichende Osteologie des Rheinlachs. 1861.
- 21) CARUS, Erläuterungstafeln zur vergleich. Anatomie. Heft 9.
- 22) DELLE CHIAJE, ST., Progresso delle scienze, lettere et Arti. Anno IX.
- 23) CLAUS, C., Grundzüge der Zoologie. Marburg. 1876. pag. 579.
- 24) COSTA, O. G., Storia et anatomia dell' Anguilla e monografia della nostrali specie di queste genere. Napoli. 1850.
- 25) CUVIER, Leçons d'anatomie comparée. Paris. 2. Ed. 1845.

- 26) CUVIER et VALENCIENNES, Histoire naturelle des poissons. Tom. I. Paris. 1828.
- 27) DENISSENKO, G., Mittheilungen über die Gefäße der Netzhaut der Fische. Arch. f. mikroskop. Anat. 1880. Bd. XVIII. pag. 480.
- 28) — Über den Bau der äußeren Körnerschicht der Netzhaut bei den Wirbelthieren. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XIX. pag. 395.
- 29) — Über den Bau und die Funktion des Kammes im Auge der Vögel. Ibidem. pag. 733.
- 30) DOBROWOLSKY, Studien zur Anatomie der Retina. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1871. pag. 221.
- 31) DOGIEL, Üb. d. Musculus dilatator pupillae. Arch. f. mikr. Anat. 1870. Bd. VI. pag. 69.
- 32) EHRENBERG, Über normale Krystallbildung im lebenden Thierkörper. POGGENDORFF's Annalen. 1833. Bd. 28.
- ✓ 33) EMERY, C., Sui refeessi irideseenti della Cornea di alcuno pesci ossei. Acad. delle scienze fisiche e mathematic. 1876.
- ✓ 34) — La Cornea dei pesci ossei. Giorn. di sc. nat. Vol. 13. 1878.
- 35) ERDL, Disquisitiones anatomicae. De Sclerotica. De Glandula Chorioidali. Monachi. 1839.
- 36) FABER, Der Bau der Iris des Menschen und der Thiere. Leipzig. 1876.
- 37) GEGENBAUR, C., Grundzüge der vergl. Anatomie. Leipzig. 1874. pag. 550.
- ✓ 38) GOTTSCHKE, Über die Retina im Auge der Grätenfische. MÜLLER's Archiv. 1834. pag. 457.
- 39) HALLER, Opera minora. III. Piscinum oculi. 1768.
- 40) HANNOVER, Zur Anat. u. Physiol. der Retina. Zeitschr. f. wiss. Zool. V. Bd. pag. 23.
- 41) — Recherches microscopiques pag. 53.
- 42) — Über die Netzhaut und die Gehirnschubstanz bei den Wirbelthieren. MÜLLER's Arch. 1840. pag. 322.
- 43) HARTING, Notes zoologiques, anatomiques et histologiques sur l'Orthogoriscus Ozodura, suivies de considerations sur l'osteogenèse des Téléostiens. Verhdl. d. Akad. d. Wiss. in Amsterdam. 1868.
- 44) — Histol. Anteckeningen. in: VAN DER HÖVEN EN DER VRIESE, Tijdschrift. XII. 1846, pag. 1.
- 45) HASSENSTEIN, De luce ex quorundam animalium oculis prodennte et de tapeto lucido. Jena. 1836.
- 46) HELMHOLTZ, H., Handbuch der physiolog. Optik. 1876.
- 47) HENLE, J., Zur vergl. Anat. der Krystalllinse. Abhdlg. d. kgl. Gesellsch. d. Wiss. in Göttingen. 1878. Bd. 23.
- 48) HENSEN, V., Bemerkungen zu W. KRAUSE, Die Membrana fenestrata der Retina. Arch. f. mikr. Anat. IV. 1868. pag. 347.
- 49) HIS, Beiträge zur Histologie der Cornea. Basel. 1856.
- 50) HOVIUS, Tractatus de circulari humorum motu in oculis. Lugd. Batav. 1740. pag. 76.
- 51) HUXLEY, T. II., Handbuch der Anatomie der Wirbelthiere (übersetzt von RATZEL) Breslau. 1873. pag. 68.
- 52) ILGEN, E., Das Sehorgan anatomisch, vergleich.-anatom., physiologisch und patholog. Wiesbaden. 1850.

- 53) JURINE, Observations sur l'oeil du thon. Soc. de physique du Genève. I. Vol.
- 54) IWANOFF u. ROLLETT, Bemerkungen zur Anatomie der Irisanheftung u. des Annulus ciliaris. Arch. f. Ophthalm. Bd. XV, T. 1, pag. 17.
- 55) KESSLER, Zur Entwicklung des Auges der Wirbelthiere. Leipzig. 1877.
- 56) KÖLLIKER, Der Scleralknochen der Fische. Verhdlg. d. phys.-med. Ges. in Würzburg. IX. Bd. pag. 257.
- 57) — Mikroskop. Anat. II., pag. 643.
- 58) — Bau von Leptocephalus und Helmichthys. Zeitschr. f. wiss. Zool. 1852. IV. pag. 364.
- 59) KRAUSE, Über die Retinazapfen der nächtlichen Thiere. Arch. f. mikr. Anat. 1851. 2. Heft.
- 60) — Die Membrana fenestrata der Retina. Leipzig. 1868.
- ✓ 61) KÜHNE u. SEWALL, Physiologie des Schepithels der Fische. Untersuchung. d. Heidelberg. Physiol. Inst. III. Bd. pag. 221.
- 62) LANGER, Sitzber. d. Wiener Ak. d. Wiss. 1851.
- 63) LANGERHANS, Untersuchungen über Petromyzon Planeri. Freiburg i. B. 1873.
- 64) LANGHANS, Th., Untersuchungen über die Sclerotica der Fische. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XV. pag. 243—306.
- 65) LEYDIG, F., Beiträge zur mikr. Anat. u. Entwicklungsgeschichte der Rochen u. Haie. Leipzig. 1852. pag. 24.
- 66) — Anatom.-histol. Stud. über Fische u. Reptilien. Berlin. 1853.
- 67) — Zur Anatomie und Histologie der Chimaera monstrosa. MÜLLER's Archiv 1851. pag. 249.
- 68) — Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Thiere. Frankfurt a. M. 1857.
- 69) LEUCKART, Organologie des Auges; in GRAEFE u. SAEMISCH, Handbuch d. ges. Augenheilkunde. Leipzig. 1875.
- 70) LIGHTBODY, On the anatomy of the Cornea of Vertebrates. Journal of anat. and physiol. 1867.
- 71) LOEWIG, Stud. d. physiolog. Inst. zu Breslau. Herausgeg. v. REICHERT. Leipzig. 1858. pag. 125.
- 72) MALPIGHI, De cerebro.
- ✓ 73) MANZ, Üb. d. wahrscheinlichen Accommodationsapparat des Fischeauges. in: Untersuchungen z. Ichthyol. v. ECKER. Freiburg. 1857. pag. 17—23.
- ✓ 74) MASSALIEN, Descriptio oculorum Scombri, Thynni et Sepiae. Berol. 1815.
- 75) MATHIAS, TROMMSDORFF's Journal. X. Bd. 1803. pag. 3.
- ✓ 76) MATTHIESSEN, L., Untersuchungen über den Aplanatismus und die Periskopie in dem Auge der Fische. PFLÜGER's Arch. 21. Bd. pag. 287.
- 77) MECKEL, J. F., Beiträge zur vergleich. Anatomie. Leipzig. 1811.
- 78) MICHEL, Über den Bau des Chiasma nerv. opt. Arch. f. Ophthalm. 1873. 19. Bd. Abth. 2, pag. 59.
- 79) MONRO, A., The structure and physiologie of Fishes. Edinburgh. 1785. (Deutsch von SCHNEIDER. Leipzig. 1787.)
- 80) MUCK, M., De ganglio ophthalmico. Landshut. 1815.
- 81) MÜLLER, H., Anatom.-physiol. Unters. üb. d. Retina bei Menschen und Wirbelthieren. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. VIII.
- 82) — Üb. Knochenbildungen in der Sclera der Thieraugen. Verhdlg. d. med.-phys. Ges. in Würzburg.

- 83) MÜLLER, H., Zur Histologie der Netzhaut. Zeitschr. f. wiss. Zool. III. Bd.
- 84) MÜLLER, J., Vergleichende Anatomie des Gefäßsystems der Myxinoiden. Abhdlg. d. Berlin. Akad. 1873.
- 85) — Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes des Menschen und der Thiere. Leipzig. 1826.
- 86) — Über Nebenkiemen und Wundernetze. MÜLLER's Archiv. 1840. p. 101.
- 87) MÜLLER, J. und HENLE, Systematische Beschreibung der Plagiostomen. Berlin. 1841.
- 88) NICATI, W., Recherches sur le mode de distribution des Fibres nerveuses dans le nerf optique et dans la Retine. Arch. de phys. 1875. II. Ser. II. Tome. Nr. 5. pag. 521—530.
- 89) NUHN, Lehrbuch der vergleich. Anatomie. 1875. pag. 588.
- 90) OWEN, On the anatomy of Vertebrates. 1868. Vol. I. pag. 331.
- 91) PLATEAU, Sur la vision des poissons et des amphibiens. Mém. de l'Acad. de Bruxelles. T. XXIII u. Annales des science nat. 1867. T. VII. pag. 65.
- 92) RATHKE, H., Bemerkungen über den Bau des Querders. Halle. 1827.
- 93) REAUMUR, Observations sur la matière, qui colore les Perls fausses. Mem. de l'Acad. Roy. d. sc. 1741.
- 94) REICH, M., Zur Histologie der Retina vom Hecht. RUDNEFF's Journal f. normal. u. pathol. Histologie u. klin. Medicin. 1873. pag. 574.
- 95) — Archiv f. Ophthalmologie XX. Bd., I. Th. pag. 1—14.
- 96) ROHON, J. V., Das Centralorgan des Nervensystems der Selachier. Denkschr. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien. 1877. pag. 62.
- 97) ROLLETT, Über die Hornhaut. STRICKER's Handbuch d. Gewebelehre. Leipzig. 1872.
- 98) ROSE, H., POGGENDORFF's Annalen. Bd. XXVIII, pag. 470.
- 99) ROSENTHAL, Zergliederung des Fischauges. REIL's Archiv 1811. Bd. X. pag. 393.
- 100) — Über das Auge. Ibidem. pag. 423.
- 101) RUDOLPHI, Anatom.-physiol. Abhandlungen. Berlin. 1802.
- 102) SATTLER, H., Üb. d. feineren Bau der Chorioidea des Menschen nebst Beiträgen z. vergl. u. pathol. Anat. der Aderhaut. Arch. f. Ophthalm. Bd. 22, pag. 1—100.
- 103) — Üb. die Tapete der Säugethiere und analoge Bildungen an der Aderhaut des Menschen. Wiener med. Jahrb. 1876. pag. 361.
- 104) — Über einige neue Beobachtungen in der Anatomie der Aderhaut. Klin. Monatsbl. v. ZEHENDER. XIII. Bd. pag. 393.
- 105) SCHENK, S., Zur Entwicklungsgeschichte des Auges der Fische. Sitzber. d. Wiener Ak. d. W. 55. Bd., pag. 480.
- 106) SCHIÖDTE, On the developement of the position of the eyes in Pleuronectidea. Annal. and Magas. of nat. hist. 4. Ser. Vol. I. 1868.
- 107) SCHNEIDER, Üb. d. Augenmuskelnerven der Ganoideen. Jenaische Zeitschr. f. Naturw. 1881. 15. Band.
- 108) SCHNITZLEIN, Pharm. Centralbl. 1837. pag. 398.
- 109) SCHREGER, Vergl. Ansicht der Augen nach ihrer Größe, Form, Farbe und Stellung durch alle Thierklassen. Abhdlg. d. phys.- med. Societ. in Erlangen. I. Bd.
- 110) SCHULTZE, M., Üb. das Tapetum in der Chorioidea der Raubthiere. Sitzb. d. niederrhein. Ges. in Bonn. 1871.

- 111) SCHULTZE, M., Üb. d. Retina der Neunaugen. Ibidem 1871.
 112) — Üb. d. Netzhaut des Störes. Ibidem. 1871.
 113) — Bemerkungen über Bau und Entwicklung der Retina. Arch. f. mikr. Anat. 1867. Bd. III.
 114) SIEBOLD, Die Süßwasserfische von Mitteleuropa. Leipzig. 1863.
 115) SÖMMERING, De oculorum sectione horizontali. Göttingen. 1818.
 116) STRUBE, Der normale Bau der Hornhaut u. d. patholog. Abweichungen in demselben. Würzburg. 1851.
 117) STRUTHERS, On the anatomy and physiology of the oblique muscles of the eye in man and vertebrate animals. Monthly-Journal. 1849.
 118) STANNIUS, Vergleich. Anatomie der Wirbelthiere. Berlin. 1846. II. Bd.
 119) STEINLIN, Üb. Zapfen u. Stäbchen der Retina. Arch. f. mikr. Anat. IV. Bd. pag. 10.
 120) TRAPP, Symbolae ad anat. et physiol. organorum bulbum ad juv. et praecipue membr. nictitans. Turici. 1836.
 121) TREVIRANUS, Beiträge zur Anatomie u. Physiol. der Sinneswerkzeuge. I. Bd. Bremen. 1828.
 122) VIRCHOW, H., Über Fischaugen. Verhdlg. der Würzburger phys.-med. Ges. 1881.
 123) VOGT, C., Embryologie des Salmones. Neuchâtel. 1842.
 124) WELLENBERGH, Observationes anatomicae de Orthogorisco Mola. Leipzig. 1840.
 125) WERNECK, AMMON's Zeitschr. f. Ophthalm. V. Bd.
 126) v. WITTICH, Über den Metallglanz der Fische. MÜLLER's Archiv. 1854. pag. 265.
 127) WRIGHT, W., Fishes and fishing, artificial breeding of Fish, anatomy of their senses, their lives, passions and intellects, with illustrative facts. London. 1858.
 128) ZELINKA, C., Über die Nerven in der Cornea der Knochenfische. Zoolog. Anzeiger. 1881. Nr. 86.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel IV u. V.

Durchgehends angewandte Bezeichnungen.

- af* äußere Bindegewebslage der Sclerotica,
ap unter der L. argentea befindliche Schicht von Pigmentzellen,
ar Lamina argentea,
as Arachnoidal-Scheide des Sehnerven,
az äußere Zone des Knorpels,
bf Bindegewebsfaser,
C Cornea,
cj conjunctivaler Theil der Hornhaut,
cp Substantia propria corneae,

- cr* Lamina eribrosa chorioideae,
csb subconjunctivaler Theil der Hornhaut,
cu Cutis,
ds Duralscheide des Sehnerven,
el elastisches Häutchen,
ep Epidermis,
fc Fovea centralis der Sehnervenpapille,
gc Chorioidaldrüse,
gf Blutgefäß,
gh Glashaut der Uvea = Lamina elastica,
if innere Bindegewebslage der Sclerotica,
iz innere Zone des Scleralknorpels,
kqf Blutgefäße im Scleralknorpel,
kp pflasterförmiger Knorpel,
lc Ligamentum ciliare,
li Ligamentum iridis pectinatum = Ligamentum annulare,
mf meridional verlaufende Fasern im Scleralknorpel,
mz mittlere Zone des Scleralknorpels,
nl Zellkern,
no Nervus opticus,
pu Substantia propria Iridis,
pe Musculus sphincter pupillae,
per Pars ciliaris retinae,
pe geschichtetes Pflasterepithel,
pis Pialscheide des Sehnerven,
pr Ciliarfortsatz,
ps Pigmentschicht der Uvea,
pu dornförmiger Uvealfortsatz,
R Retina,
Sc Sclerotica,
scu subcutanes Zellgewebe,
sh von der Suprachorioidea gebildete Lymphräume,
sk Scleralknorpel,
so Scleralknochen,
tp Tapetum cellulosum.

Fig. 1. Horizontalschnitt durch den vorderen Theil des Auges von *Myliobatis aquila*. Oc. 2. Obj. IV.

f Faserbündel, welche von den Knochenschüppchen zur Sclera ausstrahlen.

Fig. 2. Horizontalschnitt durch den vorderen Theil des Auges von *Salmo Hucho*. Oc. 2. Obj. IV.

v vorderer aus parallel angeordneten Faserlamellen bestehender Theil der Hornhaut,

h hinterer Theil derselben, aus unregelmäßig sich durchflechtenden Bündeln bestehend,

CS Canalis Schlemmii,

Cs sagittale Fasern in der Hornhaut,

Ss sagittale Fasern in der Sclerotica.

- Fig. 3. Horizontalschnitt durch den vorderen Theil des Auges von *Chryso-phrys aurata*. Oc. 3. Obj. IV.
- Fig. 4. Horizontalschnitt durch den vorderen Theil des Auges von *Thynnus vulgaris*. Oc. 2. Obj. IV.
f HAVERS'sche Lamellen, welche senkrecht zur Oberfläche des Scleralknochens verlaufen.
- Fig. 5. Pigmentzelle aus der Conjunctiva von *Salmo Hucho*. Oc. 3. Obj. VIII
h helle pigmentlose Räume im Protoplasma (Vacuolen).
- Fig. 6. Krystallhaltige sternförmige Zellen, welche auf der Außenseite der Sclerotica von *Raja asterias* liegen. Oc. 3. Obj. VIII.
- Fig. 7. Knorpelzellen aus dem Scleralknorpel von *Orthogoriscus mola*. Das Präparat ist mit Goldchlorid behandelt. Oc. 4. Obj. VIII.
an Anastomose zwischen zwei Knorpelzellen,
ft Fetttropfchen im Protoplasma der Knorpelzellen.
- Fig. 8. Flächenschnitt parallel zur inneren Oberfläche des Scleralknorpels von *Trygon pastinaca*. Oc. 3. Obj. VIII.
a die Verbindungsstelle zwischen zwei Knochenschüppchen ist zum Theil fibrös, zum Theil verkalkt,
b das ganze Verbindungsstück ist faserig.
- Fig. 9. Querschnitt durch den mittleren Theil des Scleralknorpels von *Crenilabrus pavo*. Oc. 3. Obj. VIII.
- Fig. 10. Querschnitt durch den hinteren Theil des Scleralknorpels von *Trygon pastinaca*. Oc. 3. Obj. VIII.
kpa arterielles Gefäß, welches in einem Theile des Knorpels sich verzweigt.
- Fig. 11. Querschnitt durch den hinteren Theil des Scleralknorpels von *Raja asterias*. Oc. 3. Obj. IV.
F faserige Grundsubstanz des Knorpels,
Hk kleine Knorpelhöhlen,
Hg große Knorpelhöhlen.
- Fig. 12. Querschnitt durch den vorderen Theil der Iris von *Thynnus vulgaris*. Oc. 3. Obj. VIII.
ap Pigmentzellen, deren Fortsätze in die Lamina argentea (*ar*) hineinragen.
- Fig. 13. Flächenpräparat der Glashaut (L. elastica) des hinteren Theiles der Chorioidea von *Orthogoriscus mola*. Oc. 3. Obj. VIII.
el inneres elastisches Häutchen der Chorioidea.
- Fig. 14. Flächenpräparat von der äußeren elastischen Lamelle von *Thynnus vulgaris*. Oc. 3. Obj. VIII.
bf bindegewebiges Fasernetz,
gfl Öffnungen der elastischen Lamelle zum Durchtritt von Gefäßen.
- Fig. 15. Zellen und Krystallplättchen aus der Argentea von *Salmo Hucho* (Flächenpräparat). Oc. 3. Obj. VIII.
- Fig. 16. Querschnitt durch den hinteren Theil der Chorioidea und des Scleralknorpels von *Squatina vulgaris*. Oc. 2. Obj. V.
sh Lymphräume, welche im hinteren Theil des Auges vorkommen,
f fibröses Fasernetz.

- Fig. 17. Querschnitt durch den hinteren Theil des Auges von *Salmo Hucho*. Oe. 2. Obj. IV. Die Lamina cribrosa chorioideae (*cr*) liegt in weitem Abstände von der Sclerotica.
ft Gruppen von Fettzellen zwischen den Fasern der Sclerotica.
- Fig. 18. Querschnitt durch den Nervus opticus von *Othogoriscus mola*. Lupenvergrößerung (HARTNACK System 4).
ac Arteria centralis,
vc Vena centralis.
- Fig. 19. Längsschnitt durch den Sehnerven von *Trygon pastinaca*. Oe. 2. Obj. IV.
sh Hohlräume zwischen der Sclerotica und der Chorioidea,
vr Scheidenraum des Sehnerven,
kgf Gefäßschlingen im Scleralknorpel.
- Fig. 20. Sagittaler Durchschnitt durch das obere Augenlid von *Carcharias glaucus*. Oe. 3. Obj. V.
cs conjunctivales Bindegewebe (das geschichtete Pflasterepithel, welches die hintere Fläche desselben bedeckt, fehlt an diesem Präparate),
sz subconjunctivales Zellgewebe,
m mittlerer fibröser Theil (Lidknorpel) des Lides.
- Fig. 21. Flächenpräparat der Zonula Zinnii von *Myliobatis aquila*. Ein Stück aus dem hinteren Theile derselben ist dargestellt. Oe. 3. Obj. VIII.
Lf Längsfasern der Zonula, welche zu Bündeln geordnet sind,
Nt netzförmig angeordnete Fasern, welche den Raum zwischen den Längsbündeln einnehmen.
- Fig. 22. Ansatzstelle des Ligamentum quadratum eines Knochenfisches an die Pars ciliaris retinae. Oe. 3. Obj. VIII.
Lf Längsfasern des Ligamentum quadratum,
sf schlingenförmige Fasern.

Fig. 2.

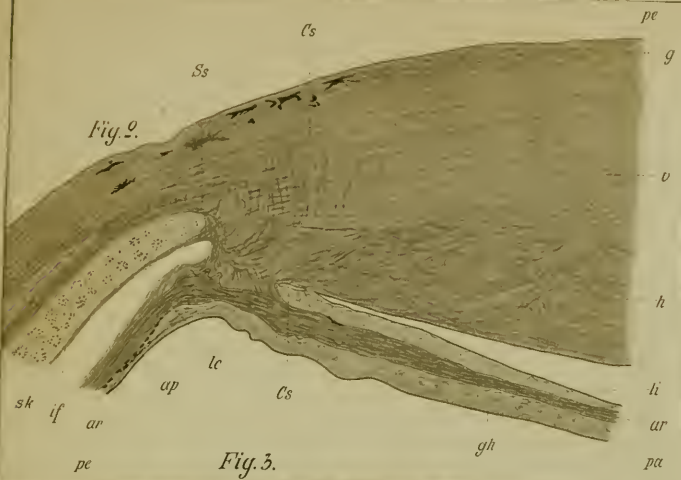


Fig. 3.

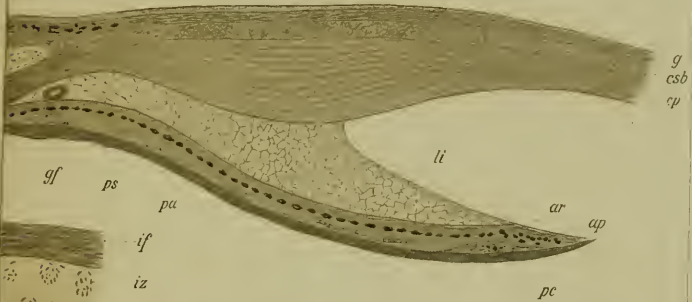
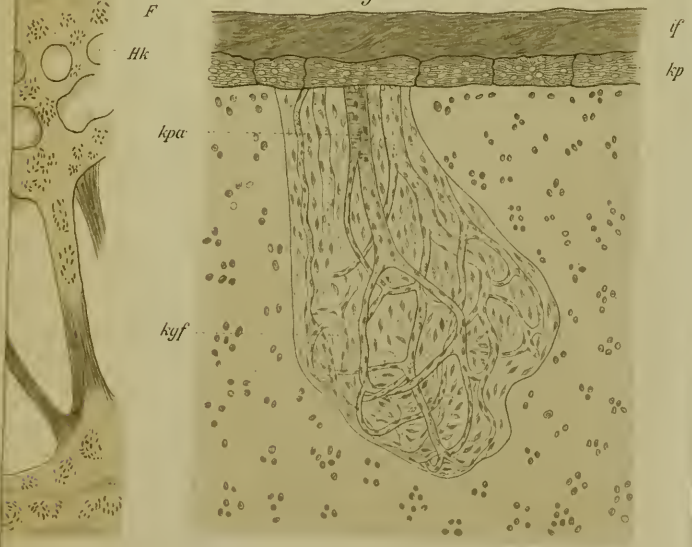
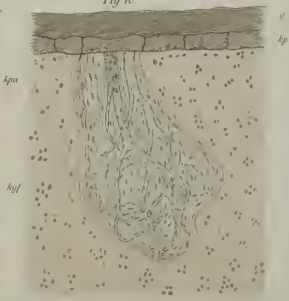
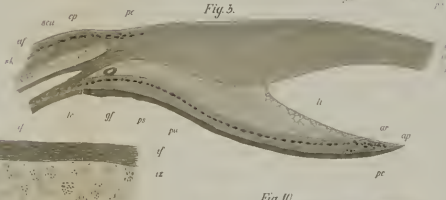
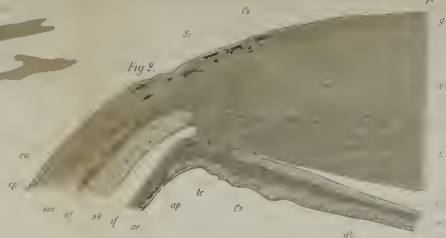
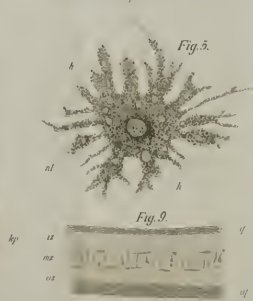
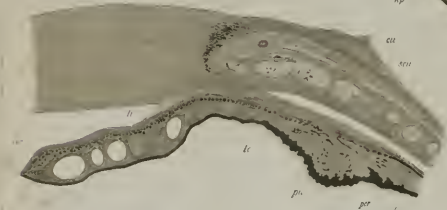
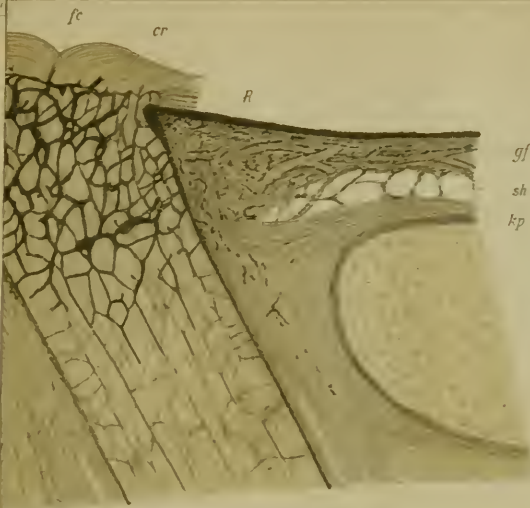


Fig. 10.







no pis or ds
or as

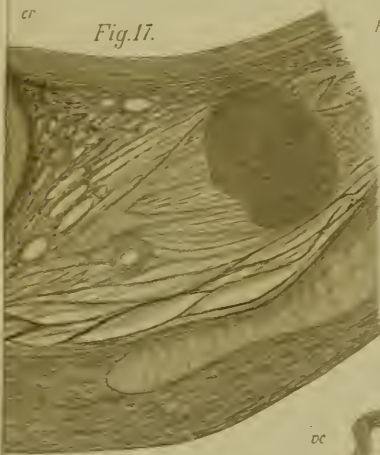


Fig. 17.

Fig. 18.

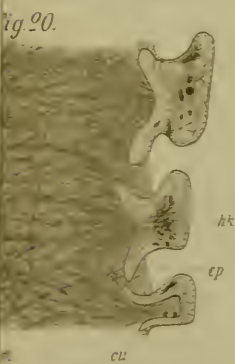


Fig. 12



Fig. 16

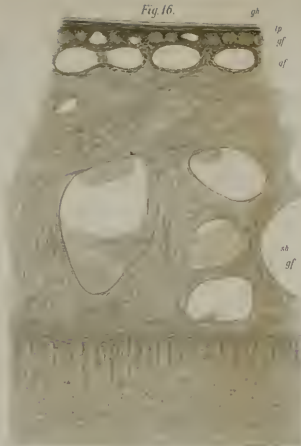


Fig. 12a



Fig. 15

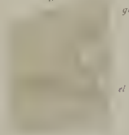


Fig. 21

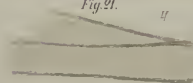


Fig. 14



Fig. 15



Fig. 19

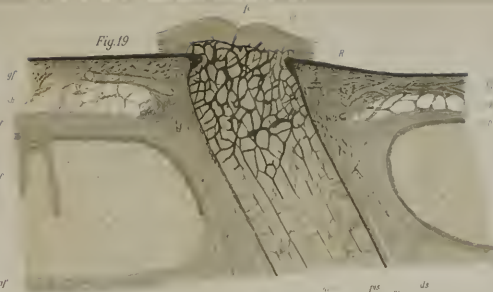


Fig. 17



Fig. 22



Fig. 20

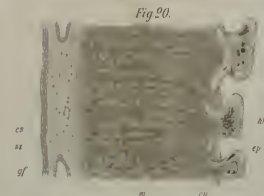


Fig. 18

