

Zur Anatomie, Histologie und funktionellen Gestaltung des Selachierauges.

Von

V. Franz.

Hierzu Tafel XXIX und 32 Figuren im Text.

Die im folgenden mitgeteilte Untersuchung wurde auf Anregung von Herrn Prof. Dr. KÜKENTHAL unternommen. Sie bezweckte, nach Möglichkeit ein Gesamtbild des Selachierauges in Bezug auf seine anatomische, histologische und vor allem funktionelle Gestaltung zu entwerfen.

Das Untersuchungsmaterial stammte zum Teil aus dem zoologischen Institut und bestand wesentlich aus Tieren, die von Herrn Dr. F. ROEMER, sowie aus Augen, die von Herrn Dr. C. ZIMMER gesammelt waren. Viel wertvolles Material verdanke ich ferner der großen Güte des Herrn Prof. Dr. C. CORI in Triest, der alle meine Wünsche, die verschiedenen Fixierungen betreffend, in dankenswertester Weise erfüllte. Ihm sei hier nochmals mein verbindlichster Dank ausgesprochen. Einiges Material verdanke ich auch meinem inzwischen verstorbenen hochgeehrten Lehrer Prof. Dr. A. SCHAPER, sowie Herrn Dir. O. NORDGAARD in Bergen.

Zur Bestimmung der Arten benutzte ich das klassische Werk von JOHANNES MÜLLER und J. HENLE (73).

Unter den Fixierungen erwiesen sich als die besten die von Dr. ZIMMER angewandte in Alkohol-Formol-Eisessig, ferner vier Fixierungsflüssigkeiten, die ich vorschlug, nämlich MÜLLER-Formol, Formol-Essigsäure, Kaliumbichromat-Essigsäure (TELLYESNITZKYsche Flüssigkeit) und ZENKERSche Flüssigkeit. Die enukleierten Bulbi wurden uneröffnet in die Flüssigkeiten eingelegt. Außerdem ließ ich mir Köpfe in Formol fixieren. Dabei litten zwar die zarten Augenhäute, aber die Form des Bulbus und seine Lagebeziehungen zum Kopfe mit seinen Teilen wurden gut konserviert.

Ueber die technischen und Präparationsmethoden gedenke ich mich, soweit nötig, in den einzelnen Abschnitten auszusprechen. Hier soll nur bemerkt werden, daß zur Einbettung nicht die bei Augenuntersuchungen gewöhnliche Celloidinmethode, sondern die

Paraffinmethode angewandt wurde. Dieselbe ermöglichte eine bei dem Erfordernis sehr zahlreicher Schnitte zum Zwecke mikrometrischer Messungen erwünschte Beschleunigung der technischen Arbeiten, und nur sie gestattete die Herstellung so feiner Schnitte, wie sie zum Studium der Retina erforderlich sind. Der Nachteil, der in den bei dünnen Paraffinschnitten durch hartes Material (Knorpel, Linsensubstanz u. s. w.) oft unvermeidlichen Zerreißen liegt, wurde durch die Menge der Schnitte aufgewogen. Die namentlich in der Retina leicht eintretenden Schrumpfung wurden durch Verwendung des Zedernholzöles als Vormedium nach Möglichkeit vermieden.

Eine ausführliche Uebersicht über die Literatur des Selachierauges erübrigt sich an dieser Stelle. Das Wesentliche soll erst in den einzelnen späteren Abschnitten genannt werden. Denn mit Ausnahme der Darstellungen in den Arbeiten von SOEMMERING (94), LEYDIG (56, 57) und BERGER (10) gibt es meines Wissens keine Arbeiten, die das gesamte Selachierauge behandelten, so reichhaltig auch die Literatur über einzelne Teile desselben ist.

Ich danke es außerordentlich meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. W. KÜKENTHAL, daß er mich auf die Behandlung eines so dankbaren Stoffes hingewiesen hat. Ihm danke ich manche wertvolle Anregung und manchen trefflichen Rat in Einzelheiten, vor allem aber den ständigen Hinweis auf die besonders in diesem Institut gepflegte biologische Forschungsweise, die Erforschung des Zusammenhanges zwischen Gestaltung und Funktion.

I. Spezieller Teil.

Inhalt.

A. Tagsselachier

- 1) *Acanthias acanthias* (L.)
- 2) *Acanthias Blainvilli* Risso
- 3) *Carcharias glaucus* (L.)
- 4) *Carcharias carcharias* (Risso)
- 5) *Centrina centrina* (L.)
- 6) *Mustelus laevis* Risso
- 7) *Mustelus mustelus* (O. F. MÜLLER)
- 8) *Galeus galeus* (L.)

B. Nachtselachier

- 9) *Scyllium canicula* (L.)

- 10) *Lamna cornubica* (GM.)
- 11) *Selache maxima* (L.)
- 12) *Squatina squatina* (L.)
- 13) *Torpedo* sp.
- 14) *Raja asterias* DE LA ROCHE
- 15) *Raja batis* (L.)

C. Tiefensselachier

- 16) *Laemargus carcharias* (O. F. MÜLLER)
- 17) *Spinax spinax* (L.)
- 18) *Chimaera monstrosa* (L.)

A. Tagselachier.

In die Gruppe der Tagselachier rechne ich die Arten von *Acanthias* und *Mustelus*, die nach ihrem Verhalten in Aquarien Tagtiere sind, sowie die Arten von *Carcharias*, *Centrina* und *Galeus*, die sich durch den Bau ihrer Augen als zu den obigen hinzugehörig und als Tagtiere erweisen.

1. *Acanthias acanthias* (L.).

(*Squalus acanthias* L., *Acanthias vulgaris* Risso.)

Fig. 1 und 2.

Material: Ein Kopf eines 88 cm langen Tieres in Formol, davon ein Auge in Formol-Essigsäure, aus Triest.

Der Bulbus ist nur wenig elliptisch und hat etwa die Gestalt einer Halbkugel, seine Dimensionen sind 25,5 mm in horizontaler, 24 mm in vertikaler Richtung, seine Achsenlänge beträgt 20 mm, vom Hornhautscheitel bis zum tiefsten Punkte der Sclera gemessen. Die Hornhaut stellt, von vorne gesehen, eine wagrecht liegende Ellipse dar, die 19 mm lang und 14 mm hoch ist. Ihr Scheitel liegt 1,5 mm vor der Ebene des Cornearandes, diese 2,5 mm vor der Ebene des Aequators, d. h. vor der Ebene, die von allen parallel zum Hornhautrande gelegten den Bulbus im größten Umfang schneidet. Ein Sulcus corneae ist nur sehr schwach ausgeprägt.

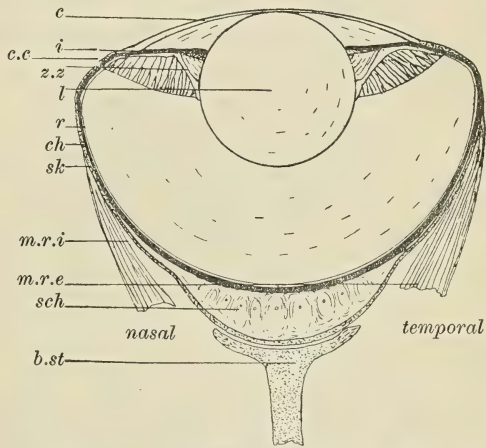


Fig. 1. *Acanthias acanthias*, Horizontalschnitt. 2:1. (Erläuterungen zu den Textfiguren siehe am Schluß des Textes.)

Die *Conjunctiva corneae* ist ein 14-schichtiges Epithel, die unterste Schicht besteht aus prismatischen, die folgenden aus polyedrischen, die obersten aus platten Zellen. In der 8-schichtigen *Conjunctiva sclerae* sind sehr viele Zellen zu Becherzellen umgewandelt. Ihre *Propria* enthält zahlreiche Gefäße, die nach außen durchscheinen und vorwiegend meridional verlaufen.

Die Cornea hängt am Rande dorsal 0,25 mm, ventral 2 mm, nasal 1 mm, temporal 0,5 mm mit der Iris zusammen und besteht in diesem Teile aus gewellten starken Bindegewebsfasern, zwischen denen auch Pigmentzellen liegen. Am dorsalen Rande befindet sich dicht vor dem Sclerarande ein der Cornea innen anliegendes Ringfaserbündel von 100 μ Stärke. Ventral durchziehen schiefe und zirkuläre Fasern die Randzone der Cornea, ebenso nasal und temporal. Als Fortsetzung der Cornea nach außen ist das Perichondrium des Scleraknorpels anzusehen, das sich nach dem Äquator des Bulbus hin bald verdünnt, auch setzen sich viele Fasern des Cornearandes in die feinen Fibrillen des Scleraknorpels fort, die hier, am Rande, leicht sichtbar, im übrigen ohne besondere Behandlung unsichtbar sind. Der durchsichtige lamellöse Teil der Cornea ist im vertikalen Meridian überall 100 μ dick, im horizontalen verdickt er sich nach dem Rande zu nasal auf 700 μ , temporal auf 550 μ . Die Zahl der Lamellen beträgt im allgemeinen etwa 14, nasal und temporal etwa 40. Sie sind durch Lagen deutlicher platter Zellen scharf voneinander getrennt, doch kann, wie auch LAUBER (53) beobachtet, durch Faserzüge, die sich von einer Lamelle zur folgenden begeben, häufig ein Faser-austausch zwischen den einzelnen Lamellen stattfinden. Die vorderste Lamelle läßt Faserung nicht erkennen, zeichnet sich aber durch besondere Stärke aus und bildet dadurch eine besondere vordere Basalmembran. Alle übrigen Lamellen sind regelmäßig abwechselnd dünner und dicker, sämtlich jedoch dünner als die vordere Basalmembran. Hinsichtlich eines regelmäßigen Abwechselns in der Richtung des Faserverlaufes stimme ich LAUBER bei, indem ich die dickeren Lamellen zirkulär, die dünneren radiär gefasert finde. Eine der DESCEMETSchen Membran entsprechende Schicht fehlt. Die innere Fläche der Cornea bedeckt ein sehr hinfalliges, meist nicht erhaltenes, an einigen Stellen aber deutlich erkennbares Häutchen, dessen endothelialer oder überhaupt zelliger Charakter mir bei dieser Art wahrscheinlich, jedoch nicht sicher feststellbar war.

Die Sclera besteht aus dem Scleraknorpel, der außen nur von einem sehr dünnen Perichondrium überzogen ist, während das Perichondrium der inneren Fläche in eine innere Faserschicht der Sclera und diese in die äußerste Schicht der Chorioidea übergeht. Eine scharfe Grenze zwischen Scleraknorpel und Perichondrium gibt es nicht, sondern, während der hyaline Knorpel im Inneren mit rundlichen Zellen erfüllt ist, werden diese Zellen nach der

inneren und äußeren Fläche des Knorpels zu flacher und den Zellen des Perichondriums ähnlicher. Dann folgt ohne scharfe Abgrenzung eine äußerst dünne Schicht, in der solche Zellen zwischen im Knorpel befindlichen Fasern liegen, und diese Schicht geht in das Perichondrium, d. h. in dichter liegende Fasern ohne dazwischen befindliche Knorpelgrundsubstanz über. Der Skleraknorpel ist am Aequator am dünnsten, seine Dicke beträgt hier im vertikalen Meridian dorsal und ventral $100\ \mu$, im horizontalen nasal $100\ \mu$, temporal $140\ \mu$. Am Cornearande endigt er mit auf Querschnitten keulenförmiger Anschwellung, und zwar erreicht er dabei dorsal $360\ \mu$, nasal $140\ \mu$, temporal $180\ \mu$ Dicke, ventral endet er ohne Anschwellung $200\ \mu$ dick. Am Augengrunde ist der Scleraknorpel um die zentral gelegene, auf dem Horizontalschnitt als Vorwölbung erscheinende Gelenkplatte herum 240 bis $280\ \mu$ dick, zwischen Aequator und Augengrund nimmt er dorsal gleichmäßig zu, ventral erreicht er $280\ \mu$ Dicke, verdünnt sich weiter kranialwärts bis auf $240\ \mu$, temporal erreicht er an der Rectusinsertion $350\ \mu$ und verdünnt sich wieder bis auf $210\ \mu$, nasal

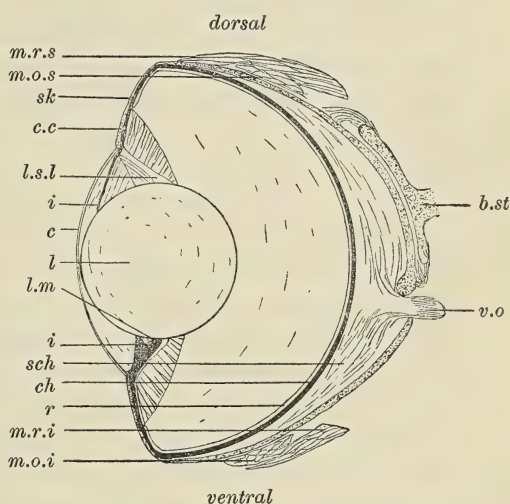


Fig. 2. *Acanthias acanthias*, Vertikalschnitt. 2:1.

zeigt er unregelmäßige Verdünnungen und Verdickungen, und einzelne kleine Knorpelhöcker der Sclera ragen in die Suprachorioidea hinein. An der Gelenkplatte ist der Scleraknorpel $350\ \mu$ dick. An die fast zentral gelegene, nur wenig ins vordere untere Drittel verschobene Eintrittsstelle des Sehnerven, ein elliptisches Loch im Knorpel von $3\ \text{mm}$ Höhe und $5\ \text{mm}$ Horizontaldurchmesser, tritt die Sclera dorsal mit $400\ \mu$ dicker knotiger Anschwellung, ventral ohne solche $400\ \mu$ dick heran, nasal mit knotiger, $500\ \mu$ dicker Anschwellung, temporal ohne solche $350\ \mu$ dick. Vielfach durchsetzen den Scleraknorpel die von LANGHANS (50) beschriebenen netzartigen Bindegewebsssepten.

Schräg von hinten tritt an das Auge ein am Cranium befestigter, im retrobulbären Gewebe befindlicher Knorpelstiel heran. Er ist 12 mm lang und infolge dorsiventraler Abplattung 3,5 mm breit und 0,8 mm dick. Nach dem Augengrunde zu wird er weniger abgeplattet, und am Bulbus endet er mit kreisrunder, 0,5 mm dicker Platte von 8 mm Durchmesser, mit 1 mm tiefer arthrodischer Gelenkhöhle. Nur in ihrem Zentrum berührt sich der Knorpel der Sclera mit dem der Bulbusstütze, beide sind jedoch noch von einer dünnen Bindegewebsschicht überzogen, die peripher an der Gelenkplatte des Knorpelstieles ziemlich dick ist. Dieses Bindegewebe schließt den Spaltraum, durch den Gelenkplatte und Sclera voneinander getrennt sind, ringsum ab, indem es vom Knorpelstiel zum Bulbus zieht und beide miteinander verbindet. Hinsichtlich der Bindegewebssepten und der Knorpel- und Perichondriumzellen gleicht die Bulbusstütze dem Scleraknorpel im allgemeinen, nur daß die Bindegewebssepten noch stärker in die Augen fallen. Die Gelenkplatte besteht jedoch nicht ausschließlich aus hyalinem Knorpel, sondern an ihrer Peripherie findet sich ein etwas verdickter, unregelmäßig breiter Ring von zellenreicherem, Fasern enthaltendem Knorpel. Die Fasern sind sehr dünn und netzförmig miteinander verflochten, so daß das Ganze dem elastischen Knorpel ähnlich sieht. Doch dokumentieren sich hier, wie überall im Selachierauge, die Fasern im Knorpel durch ihre Verwandtschaft zum Fuchsin im VAN GIESON-Gemisch, sowie durch das Fehlen der Verwandtschaft zum Orcein im TÄNZER-UNNA-Gemisch als kollagene, nicht elastische. Diese Art des Knorpels geht vielfach in den hyalinen Knorpel einerseits, sowie in das Bindegewebe andererseits allmählich über.

Die Chorioidea läßt eine Membrana suprachorioidea, eine Membrana vasculosa, das Tapetum lucidum und ein Endothel unterscheiden.

Die Suprachorioidea bildet ein im Augengrunde 2 mm dickes Polster, dem die Gefäßschicht aufliegt. Am Äquator fehlt diese Suprachorioidea vollkommen, indem sie vom Augengrunde zum Äquator hin ständig an Dicke abnimmt. Sie besteht aus dünnen Fasern und ist sehr zellenreich. Sie enthält natürlich die zur Vasculosa führenden und die von ihr kommenden Gefäße und den Sehnerven. In der Nähe des letzteren enthält sie viele starke, der bindegewebigen Scheide des Sehnerven entstammende Fasern von radiärem und zirkulärem Verlauf. Ihre äußerste, dem Scleraknorpel anliegende Schicht wurde wegen dichter Lage der Fasern

schon als innere Faserschicht der Sclera besprochen; eine ähnliche Schicht dichter, tangentialer liegender Fasern grenzt wenigstens im Augengrunde die Suprachorioidea gegen die Gefäßschicht ab. Pigment enthält die Suprachorioidea nur wenig in Gestalt von flachen, gelappten oder verästelten Zellen, die ganz mit dunkelbraunen Körnchen erfüllt sind und namentlich die Gefäße begleiten. In diese Schicht ragen an einzelnen Stellen kleine, dem Scleraknorpel angehörige Knorpelfortsätze hinein. Stellenweise ist, was sich namentlich auf dem Horizontalschnitte zeigt, das Faser- gewebe zu Faserzügen angeordnet, welche Räume, die nur mit wenigen, dünnen Fasern erfüllt sind, umschließen. In diesen Räumen liegt meist je eine Arterie. Die ganze Schicht haftet am Scleraknorpel fester als an der Gefäßschicht, die sich leicht von ihr abtrennen läßt, obwohl auch sie überall mit ihr in Verbindung steht.

Die Gefäßschicht der Chorioidea ist bis $300\ \mu$ dick. Sie ist sehr pigmentreich infolge dichter Anhäufung der durch Ausläufer miteinander in Verbindung stehenden, flächenartigen Pigmentzellen, die schon in der Suprachorioidea vorkamen, und enthält viele, vorwiegend vom Augengrunde aus meridional verlaufende Gefäße. Viele derselben, z. B. die Aeste der Arteria chorioideae, enthalten alle den Gefäßen zukommenden Schichten, viele aber haben nur eine Endothelwandung oder höchstens noch eine Adventitia, sind aber keine Kapillaren, da ihre Weite viel zu groß ist. Es sind vielmehr sicher Venen, da ich ihren Zusammenhang mit der ventralen Augenvene nachwies. Ihre Weite wechselt etwa zwischen 15 und $110\ \mu$ Dicke, und ebenso stark wechselt die Weite der Arterien. In der Vasculosa sind die Gefäße ebenso wie in der Suprachorioidea von Pigmentzellen begleitet.

Von der ventralen Augenvene wurde nachgewiesen, daß sie die Sclera mit schiefer Durchbohrung durchsetzt.

Das Tapetum lucidum erscheint makroskopisch als aus äußerst kleinen, silbernen Punkten bestehend, die zwischen sich ebenso feine, mit schwarzem Pigment erfüllte Zwischenräume lassen. Es ist überall im Bereich der Pars optica retinae gleich stark entwickelt. Auf Querschnitten fällt, namentlich in der Aequator- gegend, vor allem das Pigment auf, es ist zu sehr dicht stehenden, säulenförmigen Zügen geordnet, die im Winkel gegen die Retina stehen. Diese $20\ \mu$ hohen Pigmentzüge sind nichts anderes als Zellfortsätze einer Schicht von außerhalb von ihnen liegenden tangential liegenden Pigmentzellen. Die Zwischenräume zwischen den Pigmentzügen erscheinen homogen und nehmen Farbstoffe

nicht an, und in ihnen befinden sich graue, nicht färbbare, wahrscheinlich aus kleinsten Kristallen oder aus Resten solcher bestehende Massen. Nach innen ist das Tapetum mit einer Schicht sehr flacher Zellen, einem Endothel, bekleidet. Dieses, bei VAN GIESON-Färbung gelb erscheinende Häutchen trägt an seiner Innenseite eine äußerst feine, rot färbbare kutikulare Haut. Stellenweise treten kleinere, 15—30 μ dicke Blutgefäße, die nur Endothelwandung besitzen, durch das Tapetum bis an die eben beschriebene Zellschicht. Auf geeigneten Schnitten verbreitert sich der Durchschnit des Gefäßlumens an der Innenfläche des Tapetums T-förmig. Ihre nur aus Endothel bestehende Gefäßwandung setzt sich dann in jene Zellschicht fort.

Das Corpus ciliare, ein 2—3 mm breiter, der Grenze von Sclera und Cornea anliegender Gürtel, der zum Teil auf der Unterseite der Iris liegt, zeigt sehr feine, äußerst niedrige Falten, die bei ihrem Verlauf von außen nach innen sich teils miteinander vereinigen, teils auch verstreichen. Einige setzen sich, noch viel mehr verfeinert, auf die Unterseite der Iris fort. Auf Schnitten sieht man, daß es aus einer der Sclera und in viel größerer Dicke der Cornea anliegenden Schicht aus Bindegewebe und einer dem Retinaepithel anliegenden Gefäßschicht besteht. Die Bindegewebsschicht gleicht dem Stroma der Iris völlig und kann nicht auf Grund besonderer histologischer Differenzierung, sondern nur deshalb, weil sie an der Cornea fester haftet als die Chorioidea an der Sclera, dem Ligamentum pectinatum verglichen und mit dem üblichen Namen Ligamentum annulare belegt werden. Die Gefäßschicht besteht aus meridional verlaufenden Gefäßen, die durchschnittlich 50 μ dick sind, nur ein Endothel als Wandung besitzen und durch wenig Bindegewebe voneinander getrennt werden. Von den beiden Blättern des Retinaepithels ist das äußere stark pigmentiert, das innere pigmentfrei. Beide bestehen aus kubischen Zellen. Das Pigment besteht aus schwarzen Körnern.

Ein homogenes, 100 μ dickes Häutchen bedeckt die Falten des Corpus ciliare innen und begiebt sich als eine Art Zonula Zinnii vom pupillaren Rande des Corpus ciliare als Linsenbefestigung zum Linsenäquator.

Ein besonderes „Ligamentum suspensorium lentis“ wird dadurch gebildet, daß dieses Häutchen dorsal auf eine Strecke, die etwa $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ des ganzen Umfanges des Corpus ciliare beträgt, verstärkt ist und mit dem Epithel so fest zusammenhängt, daß beim Abreißen des Häutchens Epithelreste mitabreißen.

Die Iris ist vorn zum kleinsten Teil silberglänzend, überwiegend aber schwärzlich. Sie ist bei erweiterter Pupille dorsal 5 mm, ventral 2 mm, nasal und temporal 5,5 mm breit, die Pupille dabei kreisrund, ihr Durchmesser 7 mm. Bei verengerter Pupille finde ich die Iris dorsal 7 mm, ventral wie vorher 2 mm, nasal und temporal 7 mm breit, wobei die Pupille entsprechend verkleinert ist und etwa eine senkrecht stehende Ellipse darstellt. Die Dicke der Iris beträgt im Durchschnitt 300 μ . Ihre Vorderfläche bedeckt ein einschichtiges Plattenepithel, auf dieses folgt das Stroma iridis, ein dichtes, filziges Bindegewebe mit eingestreuten Gefäßen und Pigmentzellen. Die Pigmentzellen sind von zweierlei Art: große, klumpenförmige, mit kurzen Ausläufern, und solche, die denen der Chorioidea gleichen. Die ersteren treten nur sehr vereinzelt und stets dem vorderen Irisepithel anliegend auf; die letzteren treten zu flächenartigen Anhäufungen zusammen, jedoch ohne große Regelmäßigkeit. Will man verschiedene Schichten unterscheiden, so findet man eine besonders dichte Anhäufung nahe der inneren Fläche am Pigmentepithel und eine andere, die wohl zur Argentea gehört, nahe der Vorderfläche. Den Silberglanz der vorderen Irisfläche hervorrufende Kristalle finde ich nicht, wahrscheinlich sind sie durch die Fixierung zerstört.

Das Pigmentepithel der Iris hat in dem, dem Corpus ciliare benachbarten Bezirk noch denselben Charakter wie dasjenige des Corpus ciliare, weiter pupillarwärts nehmen die Zellen des Innenblattes Pigment auf, und die pigmentierten Zellen werden zu pigmentierten, glatten Muskelfasern. Solche bedecken, in radiärer Richtung verlaufend und einen Dilatator bildend, einen großen Teil der hinteren Irisfläche, am Pupillarrande aber findet sich ein wulstiger, aus zirkulären Fasern gleicher Art gebildeter Sphincter, welcher zum Teil den bindegewebigen Teil der Iris am Pupillarrande überragt und den von vorn mit bloßem Auge sichtbaren dünnen inneren schwarzen Rand der Iris hervorruft. In Taf. XXIX, Fig. 1 ist der Irisrand im Querschnitt nach Entpigmentierung dargestellt. Man sieht die Epithelzellen des inneren Retinablattes (*i.b.*), indifferente Zellen (?) (*i.Z.*), Sphincter- (*sph.*) und Dilatator-Zellen (*dil.*) des äußeren Blattes an der Unterseite der Pars mesoblastica iridis (*p.m.i.*). Fig. 2 zeigt etwa dasselbe, jedoch im Flächenschnitt durch die Iris und ohne Entpigmentierung (*p.r.* = Pupillarrand der Iris).

Der Linsenmuskel wird von einer kleinen Papille der Iris gestützt, die ventral an der Unterseite der Iris liegt, vom Pupillar-

rande bis zum inneren Rande des Corpus ciliare reicht und histologisch der Iris gleicht. Die Falten des Corpus ciliare erstrecken sich an dieser Stelle bis auf die Höhe der Papille. Die Muskelfasern entstammen wieder dem Pigmentepithel, aber hier werden nicht nur, wie bei der Irismuskulatur, die Zellen des äußeren, sondern auch die schwächer pigmentierten Zellen des inneren Blattes zu Muskelfasern umgebildet. Sie scheinen, nach Schnitten zu urteilen, an der nasalen und temporalen Seite der Papille herabzulaufen. Die am weitesten nach innen ragenden erreichen die Linsenkapsel. Ihre Verbindung mit derselben wird durch das schon als Zonula Zinnii besprochene homogene gelatinös erscheinende Häutchen vermittelt.

Die Linse ist wenig in der Richtung der Augenachse abgeplattet, fast kugelig. Ihre Achse mißt 9,5 mm, die darauf senkrecht stehenden Durchmesser 10,5 mm. Die Linsenkapsel ist 50 μ dick. Der vordere Linsenpol berührt den Hornhautscheitel.

Das Außenblatt der Netzhaut ist ein flaches, völlig unpigmentiertes, einschichtiges Epithel von nur 4 μ Höhe, soweit es der Pars optica retinae anliegt. Wo diese und zugleich mit ihr das Tapetum aufhören, von da ab sind die Zellen des Außenblattes stark pigmentführend.

Von lichtempfindlichen Elementen finden sich in der Retina nur Stäbchen. Ihre Außenglieder sind 35 μ lang, ihre Innenglieder 30 μ . Die dunkleren Außenglieder sind sehr hinfällig und biegen äußerst leicht um; der Uebergang ins Innenglied scheint mir sich ohne wesentliche Verdünnung des Außengliedes zu vollziehen. Die Innenglieder sind etwa cylindrisch, 4—6 μ dick, am Netzhautrande, wo sie weniger dicht stehen, etwas bauchig und daher dicker als im Augengrunde, wo sie eher etwas eingezogen sind. Ihr Protoplasma ist, soweit mir erkennbar, homogen. In ihrem dem Außenglied benachbarten Teil enthalten sie je eine Einlagerung von körnigem Protoplasma, die etwa die Form eines in der Richtung des Stäbchens gestreckten Ellipsoids hat. Die Schicht der Stäbchenkerne ist im Augengrunde vierschichtig und 30 μ dick, in der Netzhautperipherie zweischichtig und nur halb so dick. Ihre Zahl stimmt mit der der Stäbchen überein, und sehr häufig kann man den Uebergang des Stäbchens in das den Stäbchenkern enthaltende Stück verfolgen. Eine eigentliche Membrana limitans externa scheint mir nicht vorhanden zu sein, denn der dünne, dieselbe repräsentierende Strich findet sich nur innerhalb der Stäbchen und fehlt, wo diese postmortal etwas ausein-

andergewichen sind. Liegt der Stäbchenkern entfernt von der *Membrana limitans externa*, so ist meist das Uebergangsstück verdünnt. Aeüßerst dünn ist die äußere retikuläre Schicht. Auf diese folgen nach innen 2 Schichten der sog. horizontalen Zellen, von denen die äußeren etwa $15\ \mu$ dick sind, während die inneren viel dünner sind und ihre Fortsätze vielfach zwischen die äußeren erstrecken. In den darauf folgenden Lagen der inneren Körnerschicht liegen auch die Kerne der radiären Stützfaser. Einige radiär gestellte Kerne finden sich auch zwischen den horizontalen Zellen. Die innere retikuläre Schicht ist $50\ \mu$ dick. Ebenso dick ist an der Eintrittsstelle der Sehnerven die Nervenfaserschicht, die sich nach der Peripherie naturgemäß ständig verdünnt. Die Ganglienzellen liegen zumeist in einer Schicht nach innen von der inneren retikulären Schicht, weniger in der letzteren und der Nervenfaserschicht. Die verbreiterten Enden der radiären Stützfaser bilden eine dünne faserige *Limitans interna*.

Auf 1 mm^2 der Netzhaut entfallen im Augengrunde 30 000 Stäbchen und 1500 Ganglienzellen, in der Netzhautperipherie 12 000 Stäbchen und 700 Ganglienzellen.

Der Sehnerv durchläuft die Orbita gestreckt in 10 mm Länge, biegt aber vor dem Eintritt in die Sclera temporalwärts um, so daß er die Sclera schief durchbohrt. Er ist 1 mm, mit Sehnervenscheide 2,2 mm dick. Von der Scheide ragen dünne, pigmenthaltige Bindegewebssepten tief in ihn hinein. Die Sehnervenscheide besteht wesentlich aus Längsfasern, am und im Bulbus auch aus zirkulären, die, von Pigment begleitet, in die Suprachorioidea und Vasculosa der Chorioidea radiär ausstrahlen.

Die Augenmuskeln entspringen sämtlich am Cranium. Die Recti bilden einen aus dem temporalen Teile der Orbita kommenden Kegel, dessen Achse durch die knorpelige Bulbusstütze gebildet wird. Der Rectus externus ist der stärkste Muskel, er inseriert am Aequator, Rectus superior und inferior 4 mm hinter dem Aequator, Rectus internus 7 mm hinter ihm, d. h. mitten zwischen Aequator und Augengrund. Die schwächsten Muskeln sind die Obliqui; sie entspringen beide von einem Punkte nasal in der Orbita und inserieren 3 mm hinter dem Aequator, die Insertionen der betreffenden Recti halb verdeckend.

Der Bulbus hängt überall durch äußerst feine Fasern mit der ihn umgebenden TENONschen Kapsel zusammen, ein vollkommener Spaltraum findet sich nur zwischen ihm und der Bulbusstütze.

Der Lidspalt ist 24 mm lang, 18 mm hoch, vorn gerundet,

hinten in eine Spitze ausgezogen. Er läßt die ganze Cornea und um diese herum ein ringförmiges, $1\frac{1}{2}$ —2 mm breites Stück der Sclera hervortreten. Das Integument der Lider ist gleich dem des Kopfes grau und mit Hautzähnnchen versehen. Als Hautfalten bestehen die Lider aus je zwei durch zartes Bindegewebe verbundenen Blättern, die präparatorisch leicht trennbar sind. In das äußere derselben strahlt ein temporal vom Auge entspringender, kräftiger Hautmuskel hinein, dessen Sehne sich gabelig teilt und je einen Teil der Fasern zum oberen und zum unteren Lide schickt. Er wird von RUGE (87) als Retractor palpebrae superioris bezeichnet.

Die Lage des Auges im Kopfe ist derartig, daß seine Achse horizontal und kaum merklich nach vorn gerichtet ist.

2. *Acanthias blainvilli* RISSO.

Material: Tiere aus Rovigno, in Sublimat fixiert. Ein 19 cm langer, fast ausgetragener Embryo, in Formol konserviert.

Die Gestalt des ausgewachsenen Auges ist infolge starker Schrumpfung der Objekte schwer zu erkennen. Ein Bulbus eines 35,5 cm langen Tieres lieferte die Maße: Höhe 15 mm, Länge 17 mm, Achsenlänge 10 mm. Die Cornea ist, von vorn gesehen, elliptisch, 12,5 mm lang und 8,5 mm hoch, dabei gänzlich eingefallen.

Die durch Schrumpfung hervorgerufenen Faltungen der Sclera zeichnen sich durch große Regelmäßigkeit aus. Vor allem fällt stets eine große gegen das Innere vorspringende Falte der Sclera auf, die im Augengrunde einen etwa 10 mm langen und 6 mm hohen elliptischen, nur im dorsal-temporalen Teile nicht geschlossenen Ring bildet. Am stärksten ist sie in der unteren Augenhälfte entwickelt, hier stehen ihre Schenkel mindestens 1,5 mm auseinander und sind 2,5 mm hoch. Außer dieser Falte findet sich noch eine kurze meridionale Einknickung im ventralen äquatorialen Teil der Sclera. Dort, wo die elliptische Falte in größter Stärke auftritt, ist auch die Suprachorioidea bis auf Null reduziert. Durch dieses Verhalten und durch die Regelmäßigkeit, mit der die Falten auftreten, könnte man veranlaßt werden, darin einen natürlichen Zustand zu erkennen. Daß es jedoch nur Kunstprodukte sind, glaube ich trotzdem mit Sicherheit annehmen zu müssen, denn einmal finde ich nichts Derartiges bei irgend einem anderen Auge, auch nicht beim Embryo derselben Art oder bei

dem sehr nahe stehenden *Acanthias acanthias*, zweitens ist das Verhalten der Retina, soweit erkennbar, an den gefalteten Stellen kein anderes als an den normalen. Trotzdem habe ich diese Kunstprodukte so genau besprochen; denn sie haben ihren Grund in der verschiedenen Dicke der Sclera, die gerade an den gefalteten Stellen verdünnt ist, und die Regelmäßigkeit in der Form der Falten läßt auf ebenso große Konstanz in den Dickenverhältnissen der Sclera schließen.

Die Cornea ist mit der Iris dorsal durch ein 0,25 mm starkes, nach innen von der Cornea gelegenes Ringfaserbündel verbunden, ventral hängt sie 2 mm breit mit der Iris zusammen, enthält in diesem Teile Pigment und besteht aus starken, welligen Bindegewebsfasern, die in allen Richtungen verlaufen. Dazwischen befindet sich der lamellöse Teil der Cornea, der nasal und temporal bis an den Scleraknorpel heranreicht. Sie besteht im Scheitel nur aus 10 Lamellen, die an den verdickten Rändern durch Teilungen entsprechend vermehrt sind. Die Dicke der Cornea beträgt am Scheitel nur 55 μ , am Rande dorsal 130 μ , ventral 140 μ , soweit der lamellöse, 350 μ , soweit der faserige Teil in Betracht kommt, nasal und temporal 200 μ dick.

Der Scleraknorpel ist zwischen Cornealrand und Aequator am dünnsten, nämlich dorsal 60 μ , ventral 80 μ , nasal 75 μ , temporal 70 μ dick. Am Cornealrande ist er dorsal auf 350 μ , ventral auf 210 μ , nasal auf 220 μ , temporal auf 130 μ verdickt. Im vertikalen Meridian ist er dorsal überall 70 μ stark, ventral verdickt er sich zwischen Aequator und der oben beschriebenen Sclerafalte auf 100 μ , an der Falte verdünnt er sich wieder auf 70 μ ; im horizontalen Meridian verdickt er sich zwischen Aequator und Augengrund temporal nur auf 75 μ , nasal auf 95 μ , und verdünnt sich nach dem Augengrunde zu beiderseits bis auf die Stärke, die er am Aequator hatte. An der Gelenkfläche, die fast zentral gelegen ist, hat er 210 μ Dicke. Um das im nasal-ventralen Viertel gelegene Loch für den Nervus opticus ist er bis auf 100–130 μ verdickt. Die der inneren und äußeren Fläche des Knorpels genäherten Zellen des Knorpels liegen der Fläche parallel und ähneln, je weiter sie nach außen liegen, um so mehr den Zellen der Perichondriums, in welches der Knorpel übergeht.

Die knorpelige Bulbusstütze ist 10 mm lang und dorso-ventral abgeplattet, 2,5 mm breit und, 0,25 mm dick. Sie endigt in eine Platte von elliptischer Begrenzung, die 3 mm lang, 2,7 mm hoch, 0,2 mm dick und mit flacher arthrodischer Gelenkpfanne ver-

sehen ist. Der hyaline Knorpel der Gelenkplatte geht peripher in zellenreicheren, faserigen und dieser in das die Gelenkhöhle abschließende Bindegewebe über.

Von der Chorioidea ist die Membrana suprachorioidea im Augengrunde 3—4 mm dick, nach dem Aequator zu reduziert sie sich auf Null. Das Stratum vasculosum ist am Augengrunde viel dünner als die Suprachorioidea und 100 μ dick. Das Tapetum lucidum ist stark silberglänzend und reicht überall bis an das Corpus ciliare. Bei Lupenbetrachtung hat es dasselbe Aussehen wie bei *Acanthias acanthias*. In einem Auge zeigt es unter dem Mikroskop gleichfalls denselben Bau wie bei *Acanthias vulgaris*, in einem zweiten Auge jedoch liegen die Pigmentzüge stets flach und dem Retinaepithel parallel, wahrscheinlich ein Kunstprodukt.

Das Corpus ciliare ist 2 mm breit und liegt an der Scleraverdickung am Cornealrande, durch die Radiärfältelung leicht erkennbar. Von ihm geht ein homogenes Bändchen als Zonula Zinnii zum Linsenäquator. Die Iris gleicht in ihrer Färbung am fixierten Auge nicht der von *Acanthias acanthias*, sondern ist durchweg matt silberglänzend. Sie ist dorsal 2 mm, ventral 1,5 mm, nasal und temporal 3,75 mm breit und läßt eine kreisförmige Pupille von 5 mm Durchmesser frei. Am tiefsten Punkte derselben befindet sich ein minimaler Ausschnitt des Irisrandes. Ihre Dicke beträgt überall 70—80 μ , nur ventral ist sie auf 300 μ verdickt. Sie enthält in ihrem mesoblastischen Teil wenig Pigment, das hauptsächlich in den dem Glaskörper benachbarten Schichten liegt. Dazu gesellen sich stellenweise sehr wenige dunkle große Pigmentzellen mit Fortsätzen. Zu äußerst liegt eine als Argentea aufzufassende Schicht nicht färbbarer Kristalle, die auf Querschnitten als gelbgraue Striche erscheinen und wahrscheinlich den Glanz der vorderen Irisfläche hervorrufen. Das Pigmentepithel der Retina bildet am Pupillarrande einen kleinen Sphincter. Mehr Feststellungen über die retinale Irismuskulatur würden vielleicht bei besserem Material möglich sein.

Die Linse ist wenig abgeplattet, fast kugelig. Ihre Achse beträgt 7,9 mm, der Durchmesser 7,2 mm. Eine Linse eines anderen ebenso großen Tieres wurde genau kugelig und mit 6,9 mm Durchmesser gefunden. Die Linsenkapsel ist 15 μ dick.

Die Retina, deren Außenblatt im Bereich der Pars optica ein einschichtiges, flaches, unpigmentiertes Epithel ist, läßt trotz ihres schlechten Erhaltungszustandes wichtige Unterschiede gegen

die von *Acanthias acanthias* erkennen. Die äußere Körnerschicht ist im ganzen Bereich der Netzhaut, wenigstens im vertikalen Meridian, gleich dick und 8-schichtig, also doppelt so dick als die von *Acanthias acanthias* im Augengrunde. Die Schicht der inneren Körner ist 10-schichtig und damit auch viel dicker als bei *Acanthias acanthias*, und auch sie ist an der Peripherie der Netzhaut ebenso dick wie im Netzhautzentrum. Mit diesen Tatsachen stimmen die erlangten Zahlenwerte der wesentlichen Bestandteile gut überein. Im Augengrunde enthält 1 mm² der Netzhautfläche 24000 äußere Körner und 1200 Zellen des Ganglion opticum. An der Retinaperipherie ergeben sich dieselben Zahlen.

Der Nervus opticus ist mit Scheide 0,8 mm, ohne diese 1,6 mm dick. Er durchsetzt die Orbita geradlinig parallel der Richtung der Augenachse in 4 mm Länge, biegt aber am Bulbus temporalwärts um, so daß er die Sclera schief durchbohrt. Die Vagina nervi optici besteht aus bindegewebigen Längsfasern, die in das die Sclera umgebende Perichondrium und in die Membrana suprachorioidea ausstrahlen.

Die Augenmuskeln verhalten sich in Bezug auf die Stärke und den Verlauf ganz entsprechend wie bei *Acanthias acanthias*.

Der Bulbus ist in eine zarte TENONsche Kapsel eingeschlossen, die sich vorn spaltet und teils in die Conjunctiva sclerae, teils in die Conjunctiva palpebrae übergeht. Kranial befestigt sie sich an der Sehnervenscheide und an der Gelenkplatte der Bulbusstütze. Die Lage des Auges im Kopfe ist wie bei der vorigen Art.

Beim Embryo von 19 cm Länge ist der Bulbus 10,0 mm lang und 9,0 mm hoch, seine Achse ist 7,5 mm lang. Die Hornhaut ist 6,7 mm lang und 5,8 mm hoch; ihr Scheitel liegt 1 mm vor dem Cornearande, dieser 2 mm vor dem Aequator. Ein Sulcus corneae ist kaum ausgeprägt.

Das Corpus ciliare ist 1 mm breit. An ihm ist (Taf. XXIX, Fig. 3) das Außenblatt (*a.b*) der Retina pigmentiert, das Innenblatt (*i.b*) pigmentfrei. Die Iris ist dorsal 1,1 mm, ventral 0,7 mm, nasal und temporal 1,5 mm breit und läßt eine fast kreisrunde Pupille von 3,7 mm Länge und 4,0 mm Höhe frei.

Die Papille des retinalen Linsenmuskels (*p.l.m*) liegt ventral am Irisrande des Corpus ciliare auf der Unterseite der Iris. Die Falten des Corpus ciliare reichen bis auf die Höhe der Papille. Ueber den Verlauf der Muskelfasern, die offenbar gleich

den anderen Organen schon fertig ausgebildet sind, orientiert man sich gut durch Schnitte, die parallel zu der die Linse im Insertionspunkt des Linsenmuskels berührenden Ebene geführt sind. Man sieht sodann, daß das innere Blatt (*i.b*) der Retina am Muskel pigmentiert und epithelial ist, während das äußere einen seitlich sich an der Papille erstreckenden pigmentierten Linsenmuskel (*l.m*) bildet.

In jeder der vom Corpus ciliare zur Höhe der Papille emporstrebenden Ciliarfalten (*c.f*) verläuft ein kleines Gefäß (*g*).

Das Ligamentum suspensorium lentis entspringt 1,5 mm breit dorsal am Innenrande des Corpus ciliare.

Der Linsendurchmesser ist 4,0 mm, die Linsenachse 3,8 mm lang. Der vordere Linsenpol berührt den Hornhautscheitel.

3. *Carcharias glaucus* (L.).

Material: Kopf eines 140 cm langen Tieres aus Triest, ohne Konservierung, ca. 8 Tage p. m.

Das Auge ist dem der folgenden Art sehr ähnlich.

Der Bulbus hat, dem minder gut erhaltenen Material nach zu urteilen, etwa halbkugelige Gestalt. Er ist 35 mm lang, ebenso hoch und ohne die gänzlich eingefallene Cornea 25 mm tief. Der Abstand zwischen Cornealrand und Aequator beträgt 7 mm. Die Cornea ist ziemlich flach und kreisrund und hat 17 mm Durchmesser.

Die Cornea ist am Scheitel äußerst dünn, am Rande dorsal 1 mm, ventral 0,5 mm, nasal 0,7 mm, temporal 0,8 mm dick.

Der Scleraknorpel ist unmittelbar vor dem Aequator, wo er am dünnsten ist, überall nur 1 mm dick oder noch dünner. Am Cornealrande ist er ventral auf 0,4 mm, sonst auf 1 mm verdickt. Zwischen Aequator und Augengrund verdickt er sich im dorsalen, nasalen und temporalen Viertel auf 1,2—1,3 mm, reduziert sich im Augengrunde auf 1,0 mm und tritt von oben 0,6 mm dick an den fast zentral, nur wenig ventral eintretenden Sehnerven heran. Ventral verdickt er sich ständig, bis er den Sehnerven 1,6 mm dick erreicht. Von vorn tritt der Scleraknorpel an den Sehnerven 0,9 mm dick, von hinten mit 1,2 mm dicker Anschwellung heran. Das Loch im Scleraknorpel für den Sehnerven ist etwa kreisrund mit 2,5 mm Durchmesser.

Eine drehrunde, 20 mm lange und 2 mm dicke Knorpelstange ist zwar vorhanden, sie ist aber nicht direkt mit dem

Knorpel des Craniums verbunden, sondern diese Verbindung wird durch eine 6 mm lange Bandmasse hergestellt. Am Bulbus endet die Knorpelstange in einen 3 mm dicken Knopf, der jedoch, soweit das Material erkennen läßt, nicht mit dem Bulbus gelenkig verbunden ist, sondern in der TENONschen Kapsel liegt.

Die Chorioidea ist so dünn, daß die Gefäßstämme auf der Sclera verlaufen, Sulci in ihr aussparend. Das Tapetum glänzt bläulich-silbern. Eine Suprachorioidea fehlt offenbar. Vom Corpus ciliare scheint Ähnliches zu gelten wie bei *Carcharias carcharias*.

Die Iris ist vorn schwarz mit silbernen Flecken. Sie ist dorsal 6 mm, ventral 5 mm, nasal und temporal 6 mm breit und läßt eine 5 mm breite und 6 mm hohe Pupille frei.

Die Linse ist kugelig, ihr Durchmesser beträgt 12 mm.

Von ihrem Aequator geht ein gelatinöses Häutchen, *Zonula Zinnii*, auf den Glaskörper, der an diesem Häutchen festhängt.

Der Nervus opticus durchsetzt 20 mm lang die Orbita und ist mit Scheide 3 mm, ohne diese 2 mm dick. Die Scheide besteht aus Längsfasern, die sich mit den Fasern der TENONschen Kapsel verflechten, hauptsächlich aber auf das Perichondrium des Scleraknorpels übertreten.

Der Bulbus liegt nicht unmittelbar in dem weichen, retrobulbären Bindegewebe, sondern in einer derbhäutigen, bindegewebigen TENONschen Kapsel. Dieselbe geht nach dem Cornealrande zu in die Propria der Conjunctiva sclerae über. Hinten befestigt sie sich an der Sehnervenscheide, sowie an dem Knopfe der Knorpelstange.

Die kräftigen Bulbusmuskeln sind sämtlich etwa 30 mm lang und etwa gleich stark, nur die Obliqui wenig schwächer als die Recti. Die Recti entspringen um die Befestigungsstelle der Knorpelstange am Cranium. Sie inserieren am Aequator, nur der Rectus internus hinter demselben. Die Obliqui entspringen weiter nasal und inserieren neben den betreffenden Recti am Aequator.

Die Nickhaut ist stark entwickelt, ihre Vorderseite mit Hautzähnen bedeckt. Sie läßt sich von vorn unten her schräg über das ganze Auge ziehen. Hierzu dient ein von JOHANNES MÜLLER (72) dargestellter schlanker Muskel, der über und hinter dem Auge entspringt, am Auge ein Ringband (Retinaculum) durchzieht und seine Sehne in den hinteren Teil der Nickhaut einstrahlen läßt. Die Augenlider kann ich nicht untersuchen, da das Tier abgehäutet ist.

4. *Carcharias carcharias* (Risso).

(Carcharias lamia Risso.)

Fig. 3 und 4.

Material: Ein Kopf aus der Nordsee, ohne Konservierung ca. 8 Tage p. m.

Der Bulbus hat ohne die gänzlich eingefallene Cornea und ohne die äußere Faserschicht der Sclera annähernd die Gestalt einer

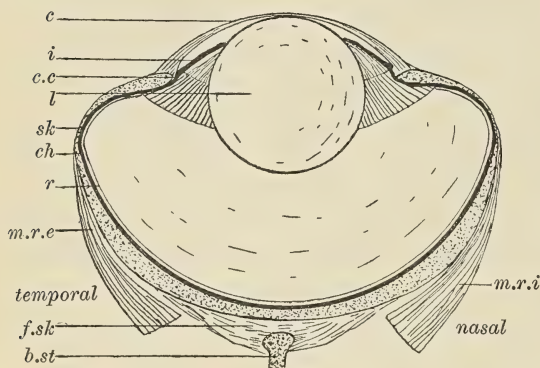


Fig. 3. *Carcharias carcharias*, Horizontal-schnitt. 2 : 1.

Halbkugel. Er ist 27 mm lang, 23 mm hoch und 15 mm tief. Der Abstand zwischen Cornearand und Aequatorebene beträgt 4,5 mm. Die Cornea ist fast kreisrund, 14 mm lang und 13 mm hoch.

Die Cornea ist am Scheitel äußerst dünn, am Rande überall etwa 0,8 mm dick.

Die Sclera ist an und dicht vor dem Aequator nur etwa 0,1 mm dick; am Cornearande ist sie dorsal auf 0,8 mm, temporal auf 1 mm und ventral nur auf 0,5 mm angeschwollen. Zwischen Aequator und Augengrund verdickt sie sich im dorsalen, nasalen und temporalen Viertel auf 1 mm, reduziert sich im Augengrunde wieder auf 0,5 mm und tritt von oben 0,7 mm stark an den fast zentral, nur wenig ventral eintretenden Sehnerven heran. Ventral verdickt sie sich vom Aequator ab ständig, bis sie den Sehnerven 2,5 mm dick erreicht. Das Loch im Scleraknorpel für den Sehnerven ist nur 1,5 mm hoch.

Ein drehrunder, 25 mm langer und etwa 1 mm dicker Knorpelstiel ist vorhanden, er erreicht aber den Scleraknorpel nicht, sondern endet in 1 mm Entfernung vom Bulbus mit 2 mm dickem Kopfe, der durch starke, aber, wie es scheint, lockere Bindegewebsfasern mit der Sclera verbunden ist. Diese nur kranial entwickelten Bindegewebsfasern können auch als eine Faserschicht der Sclera aufgefaßt werden. Am Cranium biegt der Knorpel-

stiel unter außerordentlicher Verdünnung nasalwärts um und schmiegt sich dem Cranium an, mit ihm durch wenig Bindegewebe verbunden.

Die Vasculosa der Chorioidea ist sehr dünn, die Gefäße verlaufen samt ihren Verzweigungen auf der Sclera, Sulci in ihr aussparend, so daß ihr Verlauf auch nach der Ablösung der Chorioidea von der Sclera noch außerordentlich leicht zu erkennen ist. Eine Suprachorioidea fehlt. Das Tapetum glänzt wie mattes Silber und ist ohne Abnahme des Glanzes bis an das Corpus ciliare zu verfolgen. Eine Suprachorioidea fehlt offenbar.

Das Corpus ciliare stellt eine im Bereich des Cornearandes liegende 3 mm breite Zone dar. Die Ciliarfalten treten, zu Bündeln von vieren vereinigt, auf die Unterseite der Iris.

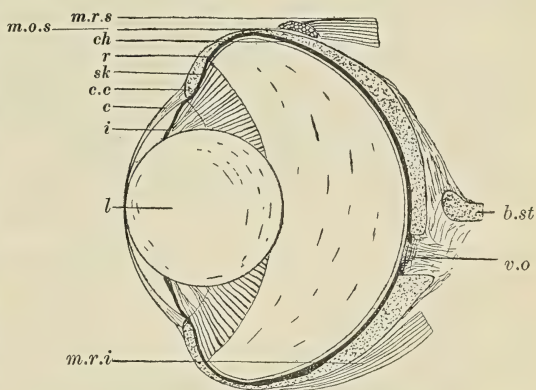


Fig. 4. *Carcharias carcharias*, Vertikalschnitt. 2 : 1.

Die Iris zeigt auf ihrer Vorderfläche silbergrauen Glanz. Sie ist im vertikalen Meridian 3 mm, im horizontalen 4 mm breit und läßt eine rundliche Pupille von 7 mm Höhe und 6 mm Breite frei. Am unteren Pupillarrande findet sich ein minimaler Einschnitt der Iris.

Die Linse wurde leider nicht rechtzeitig ausgemessen, bevor sie durch Druck arg deformiert und so gehärtet wurde. Sie dürfte 9—10 mm Durchmesser gehabt haben.

Von der Linse geht ein von ihrem Äquator abgehendes, gelatinöses Häutchen, Zonula Zinnii, auf den Glaskörper über. Der Glaskörper war geschrumpft und ließ die Zonula nicht weiter verfolgen.

Der Nervus opticus ist 1,5 mm, mit Scheide 3 mm dick und durchsetzt die Orbita geradlinig, 20 mm lang.

Der Lid-„Spalt“ ist elliptisch, 22 mm lang und 16 mm hoch. Der Nickhautapparat ist wie bei *Carcharias glaucus* beschaffen.

5. *Centrina centrina* (L.).

Material: Die Augen von 2 Tieren aus Triest, nicht gut konserviert. Nur die Augen des kleineren Tieres sind hinreichend gut erhalten, um Messungen zu ermöglichen.

Der Bulbus ist etwa von der Form eines Ellipsoids, er ist 23,5 mm lang, 22 mm hoch, seine Achse mißt 18 mm. Der Hornhautscheitel liegt 1 mm vor der Ebene des Hornhautrandes, dieser 3 mm vor der Aequatorebene. Die Hornhaut ist elliptisch, 17 mm lang und 14 mm hoch. Ein Sulcus corneae ist kaum ausgeprägt. Der Bulbus des größeren Tieres ist 27 mm lang und 26 mm hoch.

Die Cornea hängt dorsal 0,5 mm, ventral 2 mm, nasal und temporal 0,5 mm mit der Iris zusammen und ist in diesem ringförmigen Teile schwarz pigmentiert. Die Dicke der Cornea beträgt etwa am Rande dorsal 0,2 mm, ventral 0,5 mm, nasal und temporal 0,3 mm. Am Scheitel ist sie noch geringer.

Der Scleraknorpel ist fast überall so dünn, daß seine Dicke nur durch mikrometrische Messung zu ermitteln wäre. Am Cornealrande ist er dorsal ca. 0,2 mm, ventral 0,2 mm, nasal und temporal 0,5 mm dick. Der Knorpel ist außen mit einer Faserschicht überkleidet, die ihn an Dicke übertrifft.

Die Chorioidea ist bei den beiden Tieren ganz verschieden ausgebildet, so daß eine merkwürdige individuelle Variation zu konstatieren ist. In den größeren Augen ist die Chorioidea durchgehends äußerst dünn, eine Suprachorioidea fehlt, in den kleineren dagegen liegt die dunkel pigmentierte Vasculosa einer sehr stark ausgebildeten, wenig pigmentierten Suprachorioidea auf, die im Augengrunde 1,5 mm dick ist und sich nach dem Aequator hin auf Null reduziert. Ein Tapetum lucidum konnte ich nicht konstatieren, ohne sein Fehlen behaupten zu wollen.

Das Corpus ciliare ist eine im Bereich der Grenze von Sclera und Cornea liegende ca. 3 mm breite Zone von Radiärfalten. Dorsal und ventral sind die Falten nach innen verlängert, so daß sie 4 mm lang sind. Sie erreichen dadurch ventral die Höhe der fast am Pupillarrande der Iris liegenden, sehr kleinen Papille des Linsenmuskels, dorsal den entsprechend gelegenen Ursprung des 8 mm breiten Ligamentum suspensorium lentis.

Die Iris ist vorn schwarz, sie ist dorsal 2,5 mm, ventral 2 mm, nasal und temporal 3,5 mm breit und läßt eine rundliche Pupille von 10 mm Horizontal- und 10,5 mm Vertikalausdehnung offen.

Die Linse ist fast völlig kugelig, ihr Durchmesser mißt 8,5 mm, ihre Achse 8 mm. Ihr vorderer Pol berührt den Hornhautscheitel.

Die Retina ist nicht besonders gut erhalten, doch waren Zählungen der äußeren Körner und der Ganglienzellen möglich. Im Augengrunde entfallen auf 1 mm² 65 000 äußere Körner und 3600 Ganglienzellen, in der Retinaperipherie 50 000 äußere Körner und 3400 Ganglienzellen.

Die Augenmuskeln sind ziemlich schwach und voneinander in ihrer Stärke nur wenig verschieden. Am stärksten sind die Recti laterales, am schwächsten die Obliqui. Sie inserieren sämtlich etwa am Aequator, die Obliqui dicht neben den Recti.

Der Bulbus ist in eine TENONSche Kapsel eingeschlossen, die überall durch feine Fasern mit der äußeren Faserschicht der Sclera zusammenhängt und sich vorn spaltet, um ein Blatt zum Cornealrande der Sclera, eins in die Conjunctiva palpebrae zu entsenden.

Der Lidspalt ist 23 mm lang und 10 mm hoch.

6. *Mustelus laevis* RISSO.

Fig. 5 und 6.

Material: Ein Kopf in Formol von einem 37 cm langen Tiere. Augen, in verschiedener Weise gut fixiert, aus Triest. An den enukleierten Augen kann ich nicht erkennen, ob sie von dieser oder der folgenden Art stammen. Da aber wesentliche Unterschiede an den Augen beider Arten nicht zu erwarten sind, so wurden sie ohne Berücksichtigung des Artunterschiedes verwandt. Die folgende Beschreibung bezieht sich daher auf die oben genannte Art und die folgende, mit Ausnahme der Teile, die bei der folgenden eine besondere Besprechung erfahren.

Der Bulbus kommt in seiner Gestalt infolge des kaum angedeuteten, im Horizontalschnitt überhaupt nicht

erkennbaren Sulcus corneae einem Rotationsellipsoid äußerst nahe. Seine Länge beträgt 15 mm, seine Höhe 11 mm, seine Achsenlänge 10 mm. Der Corneascheitel liegt 2 mm vor dem Hornhautrande, dieser 4,5 mm vor dem Aequator. Die Länge der Cornea beträgt 13 mm, ihre Höhe 7,5 mm.

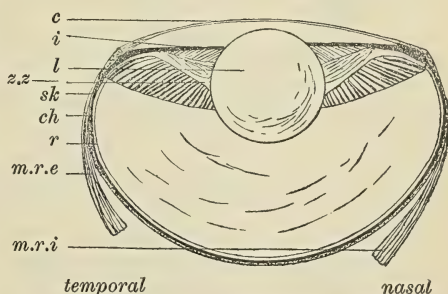


Fig. 5. *Mustelus*, Horizontalschnitt. 3:1.

Die *Conjunctiva corneae* ist 10-schichtig, die unterste Schicht besteht aus hohen Cylinderzellen, die oberste aus sehr flachen Zellen. Die *Conjunctiva sclerae* ist 4—5-schichtig; sehr wenige Zellen der letzteren sind zu Becherzellen umgewandelt.

Die *Cornea* ist am Scheitel $40\ \mu$ dick, am Rande dorsal und ventral ebenso. Am dorsalen Rande haftet sie mittelst eines ihr innen anliegenden Ringfaserbündels von $130\ \mu$ Dicke an der Iris. Am ventralen Rande haftet sie $1,5\ \text{mm}$ breit an der Iris. Im Iriswinkel liegt der *Cornea* ein $200\ \mu$ starkes Ringfaserbündel an. Nasal ist sie am Rande $500\ \mu$ dick, temporal ebenso. Sie besteht im Scheitel aus 9 Lamellen, von denen die vorderste besonders stark ist. Eine *Membrana Descemeti* fehlt. Ein Hornhautendothel konnte nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden.

Der Scleraknorpel ist vor dem Aequator dorsal $80\ \mu$, ventral $100\ \mu$, nasal $60\ \mu$, temporal $55\ \mu$ dick. Von hier verdickt er sich nach dem Cornealrande zu, den er dorsal unter keulenförmiger, $180\ \mu$ starker Anschwellung erreicht. Ventral verdickt er sich zwar auf $145\ \mu$, verdünnt sich aber vor dem Rande wieder und endet fast zugespitzt. Vom Aequator aus verdickt er sich nach dem Augengrunde zu allmählich und kranial erreicht er eine Dicke von $290\ \mu$. An das $1,5\ \text{mm}$ hohe Loch für den eintretenden Nervus opticus tritt er von oben und von unten $400\ \mu$ dick heran.

Eine knorpelige Bulbusstütze fehlt.

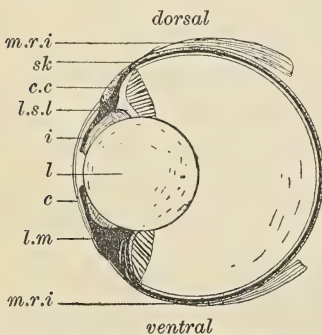


Fig. 6. *Mustelus*, Vertikal-schnitt. 3 : 1.

Die *Chorioidea* besteht aus einer $60\ \mu$ dünnen *Membrana vasculosa* und dem *Tapetum lucidum*. Die erstere ist so dünn, daß alle Gefäßstämme für sich Rinnen im Scleraknorpel beanspruchen. Am *Tapetum* fällt auf, daß die säulenförmigen Pigmentzüge außerordentlich dicht stehen. Ich finde dieselben mit SCHAPER (89) in manchen Augen überall im spitzen Winkel gegen die Retina stehend, in anderen jedoch liegen sie, vielleicht infolge postmortalen Deformation, im Augengrunde der Retina parallel.

Das *Corpus ciliare* wird durch eine im Bereiche der Grenze von Sclera und Cornea liegende, $2\ \text{mm}$ breite Zone dargestellt, die äußerst scharf radiär gefaltet ist. Eine Radiärfalte

ist in Taf. XXIX, Fig. 4 dargestellt, und zwar in einem sehr schiefen Schnitt, durch den das Bild der Falte stark verlängert und verbreitert wird. Die Radiärfalten werden wesentlich durch die Pars ciliaris retinae gebildet, deren Außenblatt (*a.b*) pigmentiert, deren Innenblatt (*i.b*) pigmentfrei ist. Zwischen den beiden Schenkeln einer jeden Falte findet sich nur sehr spärliches, Pigmentzellen enthaltendes Bindegewebe (*b.d.g*); Gefäße treten, bis auf ganz wenige Kapillaren, nicht hinein. Viele Falten setzten sich mit verringerter Höhe auf die Unterseite der Iris fort. Dorsal ist das Corpus ciliare auf eine 2 mm lange Strecke nur 1,5 mm breit, indem die Radiärfalten nicht so weit nach innen reichen und sich auch nicht auf die Iris fortsetzen. Dies ist die Stelle, von der sich das Ligamentum suspensorium lentis zum Linsenäquator erstreckt. Dasselbe stellt hier, wie überall, nur eine verstärkte Partie der Zonula Zinnii vor, die sich hier wie bei den anderen Arten verhält. Ventral findet sich mitten im Corpus ciliare eine relativ große, papillenartige, 1,5 mm hohe Erhebung desselben, die den Linsenmuskel trägt. Hier reichen wiederum die Radiärfalten von außen nur bis auf die Höhe der Papille, nicht weiter nach innen. Die Befestigung der Papille an der Linse geschieht hier nicht nur durch das gelatinöse Zonulahäutchen, sondern die Papille erreicht auch selbst die Linse und legt sich ihr breit an. Dabei fehlt an dieser Stelle das Retinaepithel, so daß der mesoblastische Teil der Papille die Linsenkapsel berührt. Rund um diese Stelle sind die Zellen des Außenblattes der Retina zu pigmentierten Muskelfasern differenziert, während die unpigmentierten Zellen des Innenblattes Epithelcharakter tragen.

Die Iris ist vorn aschgrau. Sie ist dorsal 2 mm, ventral 2,5 mm, nasal und temporal 5 mm breit und läßt eine 1,5 mm hohe und 2 mm breite, unten stumpf zugespitzte Pupille offen. Sie ist 70 μ dick. Vor ihrem pupillaren Rande verdickt sie sich (Taf. XXIX, Fig. 5), indem zwar ihr mesoblastischer Teil (*p.m.i*) auf eine äußerst dünne Schicht reduziert wird, das äußere Blatt (*a.b*) der Pars iridiaca retinae aber einen ziemlich kräftigen Muskel bildet. Dem Faserverlauf nach stellt der äußere Teil einen in mehrere Portionen gesonderten Sphincter (*sph*), der innere einen Dilator (*dil*) vor. Das Innenblatt (*i.b*) der Pars iridiaca retinae ist pigmentiert und epithelial.

Die kleine Linse ist völlig kugelig, ihr Durchmesser beträgt 5 mm. Die Linsenkapsel ist 15 mm dick. Die Linse berührt die Hornhaut nicht.

Das Außenblatt der Pars optica der Retina ist ein niedriges, einschichtiges, unpigmentiertes Epithel von $6\ \mu$ Höhe. Am Innenblatt sind die Stäbchenaußenglieder $20\ \mu$ lang, die Innenglieder sind $14,5\ \mu$ lang. Wegen der Kleinheit der Licht perzipierenden Elemente sind die Zapfen neben den Stäbchen schwer zu erkennen. Beide Arten von Elementen sind in Taf. XXIX, Fig. 7 dargestellt. Von den Stäbchen mit cylindrischen oder vitrad wenig verbreiterten Innengliedern unterscheiden sich die Zapfen durch ihr kolbenförmiges Innenglied. In den Stäbchen sowie in manchen Zapfen läßt sich nahe dem inneren Ende eine helle, ellipsoidförmige Einlagerung erkennen. Auf 40 Stäbchen finde ich nur 3 Zapfen entfallend. Die Schicht der äußeren Körner ist im Augengrunde $18\ \mu$ dick und 5-schichtig, an der Peripherie (ventral) $10\ \mu$ dick und 2—3-schichtig. Sämtliche Kerne dieser Schicht sind in radiärer Richtung gestreckt. Es folgt eine äußerst dünne, äußere plexiforme Schicht, dann die zusammen $10\ \mu$ dicken Schichten der horizontalen Fulcrumzellen, von denen die inneren dünneren sich mit ihren Fortsätzen zwischen die äußeren legen. Die Schicht der übrigen inneren Körner ist überall $470\ \mu$ dick und 12-schichtig, die innere plexiforme Schicht hat $140\ \mu$ Dicke, die Nervenfaserschicht verdünnt sich naturgemäß vom Sehnerven nach außen hin ständig. Die Zellen des Ganglion opticum liegen in den letzten beiden Schichten zerstreut, stellenweise bilden sie auch eine Lage zwischen diesen beiden Schichten.

Auf $1\ \text{mm}^2$ der Netzhaut entfallen im Augengrunde 70 000 äußere Körner und 9000 Ganglienzellen, an der Peripherie (temporal) 50 000 äußere Körner und 5000 Ganglienzellen.

Der Nervus opticus ist 1 mm dick. Seine dünne, längsfaserige Scheide ist mit der TENONschen Kapsel verbunden. Innerhalb derselben besteht die Sehnervenscheide aus vorwiegend zirkulären Fasern, die das Durchtrittsloch des Sehnerven in der Sclera ausfüllen und in das Perichondrium, sowie in die Chorioidea ausstrahlen.

Das Auge wird von einer dünnen, bindegewebigen TENONschen Kapsel umgeben, die die Augenmuskeln hindurchtreten läßt, mit deren Fascien verbunden ist und in die Conjunctiva sclerae hineintritt. Am Sclerarande ist sie mit dem Perichondrium fest verwachsen, im übrigen steht sie überall mit der Sclera durch zarte Bindegewebsfasern in Verbindung.

Unter den Augenmuskeln inseriert der Rectus internus etwas vor dem Aequator, der Rectus externus etwas hinter dem-

selben, Rectus superior und inferior am Aequator. Alle 4 Recti entspringen an fast gleicher Stelle, temporal in der Orbita. Die Obliqui entspringen nasal, beide an einer Stelle und inserieren neben den entsprechenden Recti. Die Obliqui und der Rectus superior und inferior sind wesentlich schwächer als die Recti laterales.

Der Lidspalt ist 13 mm lang und 7 mm hoch, vorn gerundet und hinten zugespitzt. Eine Duplikatur des unteren Lides, die Nickhaut, tritt mit 1 mm breitem Streifen zu Tage. Der Lidapparat bedeckt im geöffneten Zustande den Cornearand dorsal und ventral, nicht an den Seiten. Die Muskulatur besteht aus Levator palpebrae nictitantis und Retractor palpebrae superioris, die von TIESING (97) treffend dargestellt sind. Hinzuzufügen ist nur, daß beide Muskeln an der hinteren Seite des Lides bezw. der Nickhaut, also an dem inneren Blatte der betreffenden Integumentfalten inserieren.

Das Auge liegt, von der TENONschen Kapsel umschlossen, an der Seite des Kopfes, die Augenachse ist nur sehr wenig nach oben und vorwärts gerichtet.

7. *Mustelus mustelus* (O. F. MÜLLER).

(*Mustelus vulgaris* MÜLLER u. HENLE.)

Material: Ein Kopf eines 41,5 cm langen Tieres in Formol, aus Triest. Im übrigen cf. *Mustelus laevis*.

Der Bulbus hat die Form eines Rotationsellipsoids, Länge und Höhe betragen 15 mm, die Bulbusachse mißt 11 mm. Der Corneascheitel liegt 3 mm von dem Cornearande, dieser 4,5 mm vor dem Aequator. Die Durchmesser der Cornea betragen 13 mm und 8 mm. Ein Sulcus corneae ist nur sehr schwach ausgeprägt.

Die Iris ist vorn aschgrau, nasal und temporal 5,5 mm, dorsal und ventral 3 mm breit und läßt eine 2 mm breite und ebenso hohe Pupille, die ventral in eine stumpfe Spitze ausgezogen ist, frei.

Die Linse ist fast kugelig, ihre Durchmesser betragen 6,2 mm. Sie berührt die Hornhaut nicht.

Der Lidspalt ist 16 mm lang und 6,5 mm breit. Im übrigen verhält sich der Lidapparat wie bei der vorigen Art.

8. *Galeus galeus* (L.).

Material: Tiere aus Triest, in Formol konserviert.

Das Auge ähnelt sehr dem von *Mustelus*.

Der Bulbus hat Ellipsoidform, er ist beim 38 cm langen Tiere 17,5 mm lang, 15,0 mm hoch und von 11,0 mm Achsen-

länge. Die Cornea stellt, von vorn gesehen, eine Ellipse von 15 mm Länge und 9 mm Höhe dar. Der Corneascheitel liegt 1 mm vor dem Cornearande, dieser 4 mm vor der Aequatorebene. Ein Sulcus corneae ist nicht vorhanden.

Die Cornea ist am Scheitel äußerst dünn, am Rande ist sie dorsal etwa auf 0,3 mm, ventral auf 0,2 mm, nasal auf 0,6 mm, temporal auf 0,8 mm verdickt.

Die Sclera ist am Aequator äußerst dünn. Am Cornealrande ist sie dorsal auf etwa 0,3 mm, ventral auf 0,2 mm, nasal auf 0,1 mm, temporal auf 0,2 mm verdickt. Im Centrum des Augengrundes ist sie etwa 0,2 mm dick. An die etwa 3 mm unter dem Centrum gelegene Eintrittsstelle des Sehnerven, ein kreisrundes Loch im Knorpel von 2 mm Durchmesser, tritt sie von oben 0,3 mm, von unten 0,1 mm, von vorn und hinten 0,2 mm dick heran.

Ein Bulbusstiel fehlt.

Die Chorioidea ist äußerst dünn. Eine Suprachorioidea fehlt.

Das Corpus ciliare ist eine wesentlich im Bereiche der Scleraverdickung am Cornealrande liegende, 2 mm breite Zone von Radiärfalten, die sich mit verringerter Höhe auf die Unterseite der Iris fortsetzen. Ventral sitzt der Grenze von Corpus ciliare und Iris die Papille des Linsenmuskels auf, ein kleines Knötchen, das in meridionaler Richtung 1,2 mm, in horizontaler 0,7 mm ausgedehnt und nur 0,3 mm hoch ist.

Die Iris ist dorsal und ventral 3,5 mm, nasal und temporal 6,5 mm breit und läßt eine Pupille frei, die oben ziemlich gerundet, an den Seiten sowie unten jedoch zugespitzt ist und daher etwa ein auf einer Spitze stehendes Quadrat von 2 mm Diagonallänge darstellt. Die Pupillenweite ändert sich jedoch beträchtlich je nach dem Kontraktionszustande der Iris und kann im rechten Auge eine ganz andere sein als im linken. Bei 5 verschiedenen Individuen von 33—38 cm Länge wechselt die Breite der Pupille von 0,8—2,8 mm.

Die Zonula Zinnii ist ein gelatinöses Häutchen, das das Corpus ciliare bedeckt und vom inneren Rande desselben zur Linse zieht und sich an dieser ein wenig vor ihrem Aequator befestigt. In ihr finden sich viele Eindrücke von Ciliarfalten, besonders dorsal und ventral.

Die Linse ist fast kugelig. Ihr Durchmesser beträgt 6,5 mm, ihre Achse 5,8 mm. Sie berührt den Hornhautscheitel in den meisten Augen nicht, wohl aber bei maximaler Pupillenerweiterung,

wobei allerdings die Hornhaut etwas deformiert und das natürliche Verhalten nicht mit Sicherheit festzustellen ist.

Von der Retina erhielt ich leider keine besonders guten Präparate. Die daher nicht sehr zuverlässigen Zählungen ergaben folgende Resultate: Im Augengrunde enthält 1 mm² 75 000 äußere Körner und 1500 Ganglienzellen, in der Netzhautperipherie 25 000 äußere Körner und wiederum 1500 Ganglienzellen.

Der Nervus opticus ist mit Scheide 1,5 mm, ohne dieselbe 0,8 mm dick und durchsetzt in 4 mm Länge die Orbita, und zwar geradlinig, nur an der Sclera biegt er aufwärts um, so daß er die Sclera schief durchbohrt.

Die Augenmuskeln sind im Verhältnis zu der minimalen Dicke der Sclera ziemlich beträchtlich. Am stärksten sind die Recti laterales, besonders der Rectus internus. Die Obliqui sind etwa ebenso stark wie der Rectus superior und inferior. Dorsal inseriert der Obliquus neben dem Rectus, ventral überdeckt er die Rectusinsertion. Sie inserieren sämtlich etwa am Aequator, nur der Rectus internus etwas hinter demselben.

Die TENONsche Kapsel ist zarthäutig, sie setzt sich hinten am Sehnerven fest.

Der Lidspalt ist 14 mm lang und 9 mm hoch, vorn gerundet und hinten zugespitzt. Eine Duplikatur des unteren Lides, die Nickhaut, tritt mit 1 mm breitem Streifen zu Tage. Sie ist an ihrer Vorderseite mit Hautzähnnchen bekleidet. Der Lidspalt läßt vorn und hinten noch ein wenig von der Sclera sehen. Ein schlanker Musculus retractor nictitantis kommt vor dem Spritzloch schräg von oben und inseriert im inneren Blatte der Nickhaut. Er überkreuzt rechtwinklig einen Retractor palpebrae superioris. Der Lidapparat erinnert damit sehr an den von Mustelus.

Die Lage des Auges im Kopfe ist derartig, daß seine Achse kaum nach oben und vorwärts gerichtet ist.

B. Nachtselachier.

In die Gruppe der Nachtselachier rechne ich die Arten von Scyllium, Squatina, Torpedo, Raja, die sich durch ihr Verhalten in Aquarien als Nachttiere erweisen, sowie die nach dem Baue des Auges zu jenen gehörenden Haie Lamna und Selache.

9. *Scyllium canicula* (L.).

Fig. 7 und 8.

Material: Tiere aus Rovigno, in PERÉNYISCHER Flüssigkeit konserviert; Tiere aus Triest, in Formol konserviert.

Der Bulbus hat beim 45 cm langen Tier etwa die Gestalt eines dreiachsigen Ellipsoids, er ist 16 mm lang, 12,5 mm hoch und hat 10 mm Achsenlänge. Der Hornhautscheitel liegt 1,5 mm vor dem Hornhautrand, dieser 1,5 mm vor dem Aequator. Die Cornea ist, von vorn gesehen, elliptisch, 12 mm lang und 8 mm hoch. Ein Sulcus corneae ist kaum ausgeprägt.

Die Conjunctiva corneae ist 8-schichtig, die hinterste Schicht besteht aus kubischen Zellen, die vorderste aus sehr flachen Zellen. Die Conjunctiva bulbi ist 4-schichtig.

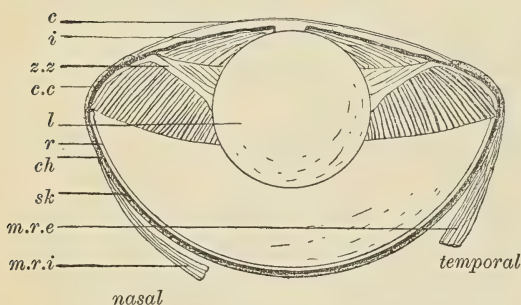


Fig. 7.

Fig. 7. *Scyllium canicula*, Horizontalschnitt. 3,3 : 1.

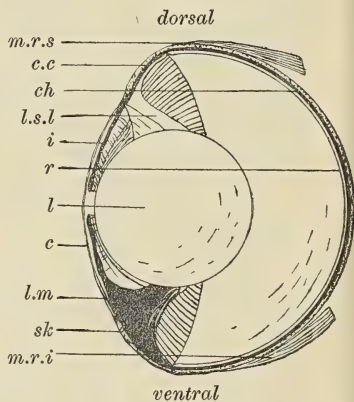


Fig. 8.

Fig. 8. *Scyllium canicula*, Vertikalschnitt. 3,3 : 1.

Die Cornea hängt dorsal 700 μ , ventral 1500 μ , nasal 500 μ , temporal 400 μ breit mit der Iris zusammen und besteht in dieser Zone aus wellenförmig verlaufenden Bindegewebsfasern und enthält Pigment. Nach innen davon liegt der lamellöse Teil. Die Dicke der Cornea beträgt im Scheitel 35 μ , am Rande dorsal 300 μ , ventral 120 μ . Sie besteht im Scheitel aus 15 Lamellen, deren vorderste so dick ist, wie 6 andere zusammen (vordere Basalmembran). Ihre Innenfläche wird von einem Häutchen bedeckt, dessen zellige Beschaffenheit ich jedoch nicht nachweisen kann.

Die Sclera ist sehr dünn. Ihre Dicke beträgt am Aequator 40 μ , ventral 500 μ . Am Cornealrande endigt sie dorsal 90 μ , ventral 70 μ dick, ohne plötzliche Anschwellungen. Im Augen-

grunde ist sie $50\ \mu$ dick, also nicht wesentlich dicker als am Aequator. An das zentral gelegene, 2,5 mm hohe Loch für den Nervus opticus tritt sie auch ohne Aenderung der Dicke heran.

Die Chorioidea ist ziemlich dünn, ihre Dicke beträgt bis etwa $400\ \mu$. Eine strenge Scheidung zwischen Suprachorioidea und Vasculosa besteht nicht, wenngleich nach innen zu kleinere Gefäße und Pigmentreichtum, nach außen größere Gefäße überwiegen. Die Gefäßstämme der Chorioidea liegen halb in Sulci, die sie in der Sclera für sich beanspruchen. Die Venen, die oft sehr weitlumig sind und dabei immer nur endotheliale Wandung besitzen, überwiegen bei weitem die Arterien. Unter letzteren findet man solche mit nur $30\text{--}40\ \mu$ Durchmesser, während venöse Lumina von $200\ \mu$ Weite gefunden werden. Das Pigment umgibt namentlich die Gefäße.

Das Tapetum lucidum zeigt bei Formolkonservierung sehr schwachen, bei Fixierung in PERÉNYIScher Flüssigkeit sehr starken Silberglanz, der sich über die ganze Netzhautfläche verfolgen läßt, aber nicht überall gleich stark ist. Am stärksten ist er vielmehr auf einem breiten, durch den horizontalen Meridian gehenden Streifen, der, soweit seine unscharfe Begrenzung überhaupt eine Abmessung zuläßt, nasal etwa $\frac{1}{2}$ cm, temporal 1 cm breit ist. Im mikroskopischen Präparat zeigt es bei Fixierung mit PERÉNYIScher Flüssigkeit dicht nebeneinander liegende, nadelförmige Kristalle, die an der Retinaperipherie ziemlich steil gegen die Retina stehen, im Augengrunde jedoch der Retina parallel liegen. An der Retinaperipherie finden sich zwischen den Kristallen, ihnen vollkommen parallel laufend, die Pigmentzüge.

Das Corpus ciliare ist eine 1,3 mm breite, fein radiär gefaltete Zone, die im Bereich der Grenze von Sclera und Cornea liegt. Die Radiärfalten setzen sich mit geringerer Höhe auf die Unterseite der Iris fort. Das Corpus ciliare wird von einem feinen Häutchen überzogen, das vom inneren Rande des Corpus ciliare als Zonula Zinnii zum Linsenäquator zieht. Das Ligamentum suspensorium lentis entspringt in gleicher Höhe wie die übrige Zonula Zinnii. Der Linsenmuskel wird von einer Papille getragen, die der inneren Grenze des Corpus ciliare aufsitzt, in radiärer Richtung 1 mm, in horizontaler $\frac{1}{2}$ mm, in vertikaler 1 mm ausgedehnt. Die Falten des Corpus ciliare reichen bis auf die Höhe der Papille hinauf. Die Papille legt sich zum Teil der Linsenkapsel selbst an, zum größten Teil aber wird seine Verbindung mit der Linse durch das der Zonula Zinnii zugehörige

Häutchen vermittelt. Dasselbe enthält hier, allerdings in einem Auge, das einem nur in Formol konservierten Tiere entnommen ist, feinste Fasern, die ein feines Netzwerk bilden und in ihrem Verlauf keine Beziehungen zur Richtung des Muskelzuges erkennen lassen. Die Muskelfasern erstrecken sich namentlich von der nasalen und temporalen Seite der Papille.

Die Iris ist auf ihrer Vorderseite schwarz. Sie läßt nur eine spaltförmige, von dorsal-temporal nach ventral-nasal ziehende Papille von 4 mm Länge frei. Sie ist $120\ \mu$ dick, gefäßreich und stark pigmentiert. Das Endothel der Vorderfläche ist hier besonders deutlich zu erkennen. Eine Argentea fehlt, auch in PERÉNYI-Präparaten, in denen sonst die Kristallkörper nirgends zerstört sind. Beide Blätter der Pars iridica retinae sind stark pigmentiert. Das äußere Blatt besteht wahrscheinlich an der ganzen Unterseite der Iris aus radiären Fasern, die erst auf Flächenschnitten deutlich erkennbar sind und in ihrer Gesamtheit einen Dilatator bilden, nur am Irisrande bilden die Zellen dieses Blattes einen auf Querschnitten leicht in die Augen fallenden, wulstigen Sphincter.

Die Linse ist ziemlich kugelig, doch deutlich abgeplattet. Ihr Durchmesser mißt 6,5 mm, ihre Achse 5,8 mm. Die Linsenkapsel ist ziemlich dünn, ihre Dicke beträgt $19\ \mu$. Infolge der spaltförmigen Pupille berührt die Linse die Hornhaut natürlich nicht.

Das Außenblatt der Retina ist ein sehr flaches, unpigmentiertes Epithel. Das Innenblatt ist in seiner Gesamtheit ohne die Nervenfaserschicht, deren Dicke natürlich variiert, etwa $170\ \mu$ dick. Der Bau der Retina ist infolge mangelhafter Konservierung in keinem Präparat gut zu erkennen. Die äußeren Körner bilden eine im Augengrunde $40\ \mu$, in der Retinaperipherie $35\ \mu$ dicke Schicht und liegen im Grunde 7-schichtig, in der Peripherie 6-schichtig. Die inneren Körner liegen überall 7-schichtig und bilden zusammen eine $40\ \mu$ dicke Schicht.

Zählungen der äußeren Körner ergeben, daß deren im Augengrunde 59 400 auf $1\ \text{mm}^2$ entfallen, in der Retinaperipherie 39 600. Von Zellen des Ganglion opticum entfallen im Augengrunde 1500, in der Netzhautperipherie 1000 auf $1\ \text{mm}^2$.

Die Augenmuskeln sind sämtlich von etwa gleicher Stärke und ziemlich schwach. Die Recti entspringen fast von einer und derselben Stelle temporal in der Orbita. Der Rectus externus und superior inserieren am Aequator, der Rectus internus und

inferior hinter demselben. Die Obliqui entspringen nahe beieinander und inserieren neben den betreffenden Recti.

Der Bulbus ist in eine zarthäutige TENONsche Kapsel eingehüllt, die mit der Sclera überall durch feine Fasern zusammenhängt.

Der Lidspalt ist bei einem toten Tier zu einem 13 mm langen und nur $2\frac{1}{2}$ mm hohen Schlitz verengt, beim lebenden ist er jedenfalls höher und wohl auch etwas länger, da sich die Nickhaut beim Schließen des Lidspaltes unter dem oberen Augenlid erhebt. Die Nickhaut ist dabei fast völlig unter dem unteren Lide hervorgetreten, wo sie dann 2 mm weit hervorragt und zwischen ihr und dem Unterlid nur eine seichte, faltenartige Einsenkung bleibt. Die Lidmuskulatur besteht aus einem horizontal über dem Spritzloch verlaufenden Retractor palpebrae superioris und einem unter ihm von dorsal-temporal nach ventral-nasal verlaufenden breiten R. palpebrae nictitantis, beide strahlen in das innere Blatt des Lides ein, so daß man das äußere abpräparieren kann, ohne die Sehnen zu durchschneiden.

Die Lage des Auges im Kopfe ist derartig, daß die Augenachse nicht nach oben, sondern vollkommen horizontal und kaum nach vorn gerichtet ist.

10. *Lamna cornubica* Gm.

Fig. 9 und 10.

Material: Ein Auge mit der Angabe „Mittelmeer Formol“. Die Konservierung ist ziemlich schlecht, sie ist offenbar erst lange nach dem Tode vorgenommen worden.

Der Bulbus hat, indem die Cornea sehr flach und wahrscheinlich eingefallen ist, etwa halbkugelige Form. Er ist ohne die Faserschicht der Sclera 56 mm lang, 50 mm hoch, seine Achse mißt 34 mm. Die Cornea ist elliptisch, doch ist entgegen dem gewöhnlichen Verhalten hier die längere Achse der Ellipse die senkrecht stehende. Diese ist 37 mm lang, die horizontale nur 29 mm. Der Hornhautscheitel liegt am konservierten Auge nur 5 mm vor dem Hornhautrande, dieser dorsal, ventral und nasal 7 mm, temporal 10 mm vor dem Hornhautrande.

Die Cornea ist am Scheitel äußerst dünn, am oberen Rande 0,5 mm, am unteren 1,8 mm, am vorderen 0,5 mm, am hinteren 1,5 mm dick.

Der Scleraknorpel ist dicht vor dem Aequator am dünnsten, nämlich dorsal 0,5 mm, ventral 0,2 mm, nasal 0,7 mm und temporal 3,6 mm dick. Zwischen Aequator und Augen-

grund erreicht er dorsal 1,6 mm, temporal 1,0 mm und nasal die ganz erhebliche Stärke von 6 mm. Nach dem Augengrunde zu verdünnt sie sich bis auf 0,9 mm, zeigt aber im Zentrum eine Verdickung auf 2,1 mm. Ventral nimmt die Sclera vom Aequator zum Augengrunde ständig an Dicke zu, bis sie, etwas übergreifend, an den Sehnerven herantritt, wobei sie bis auf 1,8 mm angeschwollen ist und in einen 0,2 mm starken Rand ausläuft. Von oben tritt die Sclera mit 1,4 mm Dicke an den Sehnerven heran. Das Loch im Scleraknorpel für den Sehnerven ist dabei nur 2,5 mm hoch

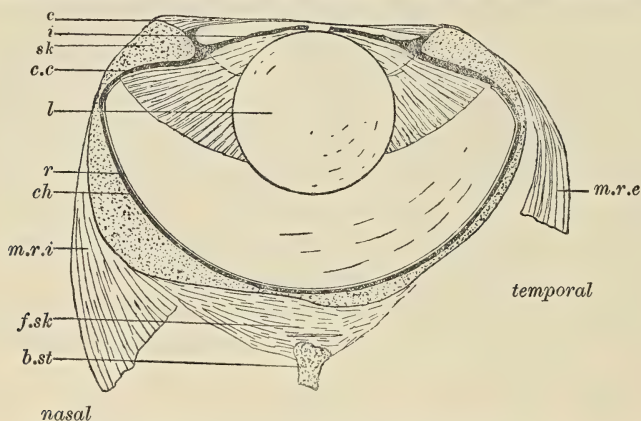


Fig. 9. *Lamna cornubica*, Horizontalschnitt. 1:1.

und wird größtenteils vom Nerven selbst ausgefüllt. Der Scleraknorpel ist mit einer am Grunde 7 mm dicken, besonders aus Tangentialfasern bestehenden äußeren Faserschicht umgeben, die sich nach dem Aequator zu bis zum Schwinden verdünnt und auch dort, wo die Augenmuskeln anliegen, fehlt.

Der knorpelige Bulbusstiel ist drehrund, von 2,8 mm Durchmesser. Er endet in eine etwa kreisrunde Platte von 6 mm Durchmesser und 2 mm Dicke mit einer 1 mm tiefen, dem Bulbus zugekehrten Einsenkung. Die Platte ist 5 mm vom Scleraknorpel entfernt und in die Faserschicht der Sclera eingebettet, die sich an der Gelenkplatte befestigt. In ihr findet sich zwischen Sclera und Stielplatte nahe der letzteren ein der Sclera parallel liegender Spaltraum. Ein kurzes Band geht von der Mitte der Platte zu der gegenüberliegenden Stelle der Spaltraumswandung. Dieses Band ist viel straffer als das den Spaltraum peripher abschließende Bindegewebe, denn es gestattet kein Gleiten des Bulbus, wie in einem gewöhnlichen Gelenk, sondern nur eine Drehung, deren Drehungsachse in den Bulbusstiel fällt.

Die Chorioidea ist sehr dünn.

Das Corpus ciliare wird durch eine 11—12 mm breite, im Bereich der Grenze von Sclera und Cornea liegende Zone von kräftigen Radiärfalten dargestellt. Dorsal findet sich eine $3\frac{1}{2}$ mm hohe wallartige, tangential liegende Erhebung der Chorioidea, die wahrscheinlich als Befestigungspunkt für das Ligamentum suspensorium lentis diene.

Die Iris ist vorn und hinten schwarz. Sie läßt nur eine spaltförmige, von temporal-ventral nach nasal-dorsal ziehende, 13 mm lange Pupille offen. Ihre Unterseite ist äußerst fein radiär gefältelt.

Die Linse ist fast vollkommen kugelig, ihre Achse beträgt 21,5 mm, die auf jener senkrecht stehenden Durchmesser 22,5 mm.

Der Glaskörper zeigt im Präparat einen aus einzelnen bis 2 mm dicken Schalen konstruierten Bau, ähnlich einer Zwiebel, zweifellos ein eigentümliches Produkt mangelhafter Konservierung. Freilich, auf welche Weise sich der in vivo nicht geschichtete Glaskörper in ein derartiges geschichtetes Gebilde umwandeln kann, ist mir unklar. Das entstandene Produkt erinnert übrigens auffallend an den von HANNOVER (35) dem Glaskörper zugeschriebenen Bau, vielleicht auch an die Schichtung, die nach VIRCHOW (100) dem Glaskörper des Fischeauges eigen sein soll.

Der Sehnerv ist ohne Scheide 2,6 mm dick, er durchbohrt die Sclera 10 mm ventral vom Zentrum mit ausgesprochen schiefer temporalwärts gerichteter Durchbohrung.

Die Muskulatur ist sehr stark. Der Rectus externus inseriert noch vor dem Äquator an der Randverdickung der Sclera, der Rectus internus zwischen Äquator und Augengrund. Er scheint, dem Querschnitte nach zu urteilen, der stärkste Muskel zu sein. Die anderen beiden Recti inserieren am Äquator, ebenso die unter den betreffenden Recti stark nasalwärts ziehenden Obliqui.

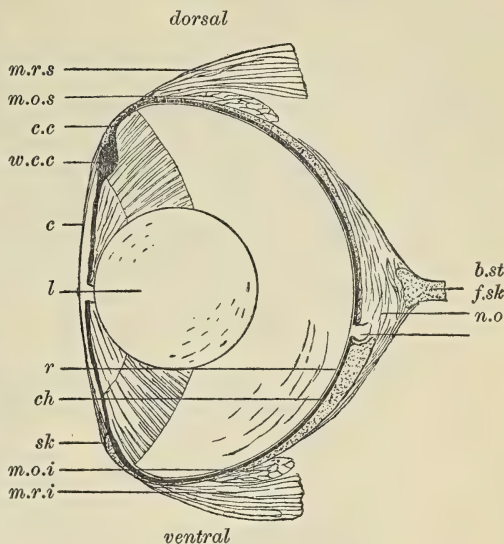


Fig. 10. *Lamna cornubica*, Vertikalschnitt. 1:1.

11. *Selache maxima* (L.).

Fig. 11 und 12.

Material: Ein Auge, in Formol konserviert, aus Bergen (Norwegen).

Der Bulbus ist 63 mm lang, 59 mm hoch und ohne die eingefallene Cornea von 37 mm Achsenlänge. Die Form des Bulbus wird durch buckelförmige Verdickungen des Scleraknorpels wesentlich kompliziert. Die Cornea ist elliptisch, 29 mm lang und 26 mm hoch. Der Abstand ihres Scheitels von der Ebene des Hornhautrandes ist nicht sicher zu ermitteln. Letztere Ebene ist von der Ebene des Aequators 13 mm entfernt.

Die Cornea ist am Scheitel unmeßbar dünn, am Rande ventral 1,5 mm, sonst 0,5 mm dick.

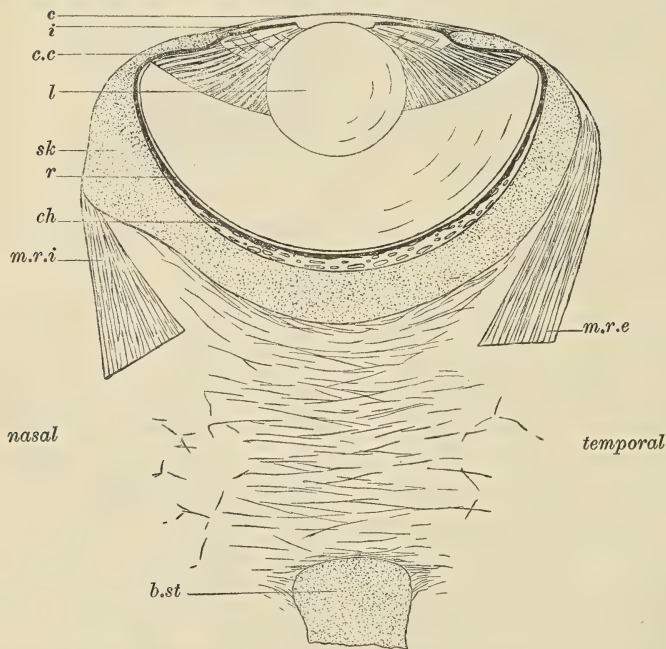


Fig. 11. *Selache maxima*, Horizontalschnitt. 1 : 1.

Der Scleraknorpel ist vor dem Aequator am dünnsten, nämlich dorsal 1,5 mm, ventral 1 mm, nasal und temporal 1 mm dick. Am Cornealrande ist er dorsal 2,5 mm, ventral 1,5 mm, nasal und temporal 1,75 mm dick. An der Muskelinsertion ist er dorsal 11 mm, ventral 8,5 mm, nasal 10 mm dick, wobei der Knorpel nach außen buckelig verdickt ist. Temporal fehlt diese Verdickung, die Sclera ist hier 5 mm dick. Zwischen Aequator und Augengrund beträgt die Dicke dorsal und ventral 4,5 mm,

nasal und temporal 5 mm. Im Augengrunde selbst beträgt sie 7 mm. Das Loch für den Sehnerven ist nur so groß, daß gerade der Nerv hindurch kann. Der Sehnerveneintritt bedingt keine Dickenänderung der Sclera. Durch die erhebliche Dicke des Scleraknorpels erhält das Auge eine gewisse Aehnlichkeit mit Walaugen.

Eine Bulbusstütze ist nur in rudimentärer Ausbildung vorhanden, es besteht nämlich eine dorsiventral abgeplattete, 15 mm breite und 6 mm dicke Knorpelstange, die in 3 cm Entfernung vom Scleraknorpel ohne Anschwellung endet. Zwischen ihr und dem Scleraknorpel ist das Bindegewebe derbfaserig, die Fasern liegen tangential zur Sclera. Sie stehen mit dem Knorpel der Bulbusstütze sowie mit dem der Sclera in Verbindung, verbreiten sich über die ganze hintere Sclerapartie und gehen in das gewöhnliche retrobulbäre Gewebe über. In der Nähe des Sehnerven sind die Fasern viel feiner und verlaufen diesem parallel.

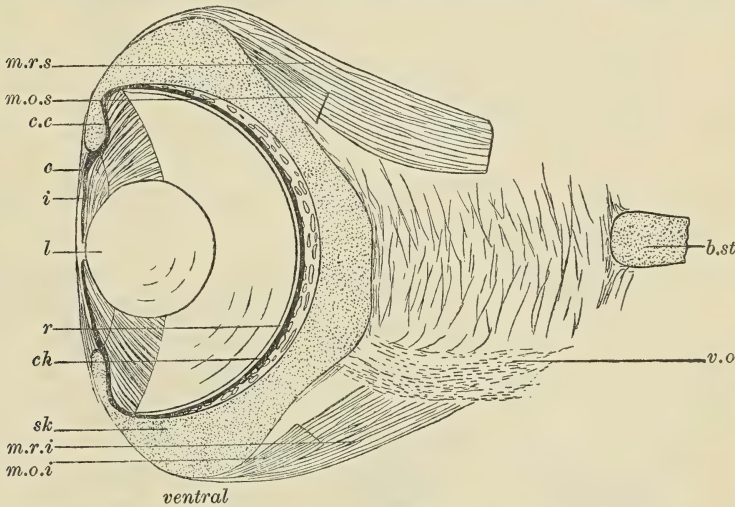


Fig. 12. *Selache maxima*, Vertikalschnitt. 1 : 1.

Die Chorioidea ist im Verhältnis zur Größe des Auges von mittelmäßiger Dicke, sie ist nämlich im Augengrunde 2 mm, am Aequator 1 mm dick. Eine stärker pigmentierte innere Vasculosa läßt sich von einer äußeren Suprachorioidea nicht scharf abgrenzen. Doch überwiegen außen größere, innen kleinere Gefäßquerschnitte, und auch die Pigmentierung ist innen stärker als außen.

Das Corpus ciliare ist eine dem verdickten Cornealrande der Sclera anliegende 9 mm breite Zone von kräftigen Radiärfalten, die pupillarwärts zu Bündeln von dreien oder vierten zusammen treten und äußerst schwach auf die Unterseite der Iris übertreten.

Die Iris ist gleich dem Corpus ciliare äußerst dünn. Die Pupille ist spaltförmig, horizontal liegend und 10 mm lang.

Die Linse ist fast kugelig, nur wenig abgeplattet, ihre Achse mißt 18,5 mm, ihr Durchmesser 17,0 mm. An ihrem Aequator inseriert das Zonulahäutchen.

Der Nervus opticus ist 3 mm dick, mit Scheide ist er 5,5 mm dick. Er durchbohrt die Sclera nur wenig schief von vorne nach hinten.

Von den äußerst kräftigen Augenmuskeln ist der Rectus internus der stärkste, ihm stehen die übrigen Recti nur wenig nach. Wesentlich schwächer sind die Obliqui. Alle Muskeln inserieren noch etwas vor dem Aequator, nur der Rectus internus hinter demselben.

Eine TENONsche Kapsel ist nicht ausgebildet, das aus Tangentialfasern bestehende Bindegewebe scheint dieselbe zu ersetzen.

12. *Squatina squatina* (L.).

(*Squatina vulgaris* Risso.)

Fig. 13 und 14.

Material: Augen und Tiere aus Triest, in verschiedener Weise gut fixiert.

Der Bulbus ist beim 30,5 cm langen Tier 7,5 mm lang, 7,0 mm hoch und von 6,1 mm Achsenlänge. Die Cornea ist 4,5 mm lang und 4,0 mm hoch. Der Corneascheitel liegt 1,2 mm vor der Ebene des Cornearandes, diese 1,8 mm vor der Aequatorebene. Der Sulcus

corneae ist ziemlich tief und verleiht dadurch dem Auge ein charakteristisches Aussehen.

Die Conjunctiva corneae ist ein 9-schichtiges Epithel, das sich in das Epithel der 4-schichtigen Conjunctiva sclerae fortsetzt. Letztere enthält viele zu Becherzellen umgewandelte Zellen.

Die Cornea hängt dorsal 1200 μ breit, ven-

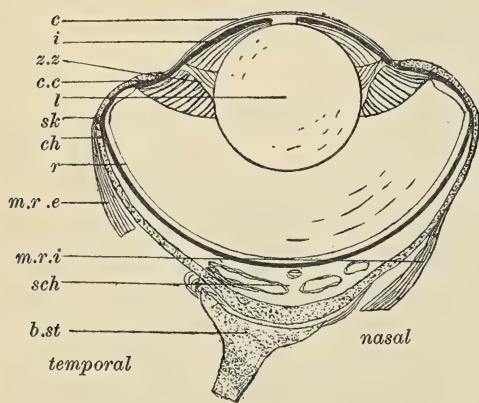


Fig. 13. *Squatina squatina*, Horizontalschnitt. 6,7 : 1.

tral 700 μ breit, nasal 350 μ , temporal 200 μ breit mit der Iris zusammen. Sie besteht in diesem Teile aus welligen Bindegewebsfasern und enthält Pigment. Diese histologische Beschaffenheit kommt ihr ventral sogar auf 1400 mm Breite zu. Dazwischen liegt der lamellöse Teil der Cornea. Ihre Dicke ist fast überall die gleiche, nämlich 35 μ . Sie setzt sich aus Lamellen zusammen, deren Zahl im Corneascheitel 9 beträgt. Zwischen diesen Lamellen liegen zerstreut Zellen. Eine besonders verdickte vordere Lamelle wurde nicht gefunden. Auch konnte keine Membrana Descemeti und kein Hornhautendothel gefunden werden.

Der Knorpel der Sclera ist am Äquator 100—120 μ dick, temporal jedoch wurde er nur 35 μ dick gefunden. Am Cornealrande ist er dorsal 110 μ , ventral 200 μ , nasal 100 μ , temporal 70 μ dick. Nach hinten zu nimmt er von der äquatorialen Verdünnung ab allmählich zu und ist um die fast zentral, nur wenig temporal gelegene Bulbusgelenkfläche 140 μ dick. An dieser Stelle selber ist der Knorpel im Horizontabschnitt ein wenig herausgewölbt und 300 μ dick. Der fast zentral, nur wenig nasal eintretende Nervus opticus bedingt im Skleraknorpel ein 800 μ hohes Loch, an das die Sclera von oben ohne Verdickung 80 μ dick, von unten 450 μ dick herantritt.

Eine am Cranium befestigte Bulbusstütze tritt schräg von hinten an den Bulbus, eine 8 mm lange und 1 mm dicke Knorpelstange, die in eine kreisrunde Platte von 2 mm Durchmesser und 300 μ Dicke mit dem Bulbus zugewandter flacher Gelenkpfanne endigt. Ihr Knorpel geht allmählich in ein zellenreiches, faseriges Bindegewebe über. Dieses überzieht auch die Gelenkflächen in dünner Schicht und schließt den Spaltraum zwischen Sclera und Platte des Knorpelstiels ab, indem es zu der Sclera in dieselbe Beziehung tritt, wie zur Gelenkplatte, und verbindet sich auch mit der TENONschen Kapsel.

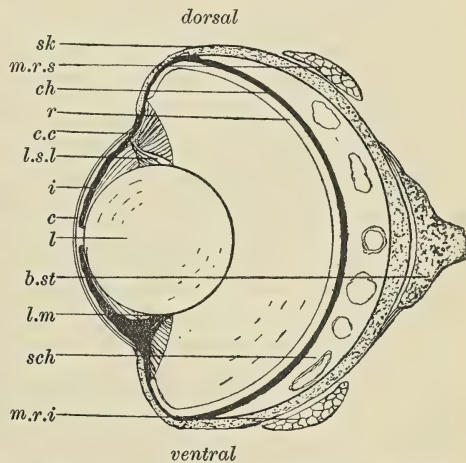


Fig. 14. *Squatina squatina*, Vertikalschnitt. 6,7 : 1.

Die Arteria chorioideae durchtritt mit ausgesprochen schiefer Durchbohrung die Sclera.

An der Chorioidea ist die Suprachorioidea stark entwickelt, sie ist im Augengrunde 0,5 mm dick, nach dem Aequator zu reduziert sie sich bis auf Null. Sie enthält Gefäßstämme und außerdem viele sehr große Bluträume, die nur mit Endothelwandung versehen sind. Dieselben enthalten wenige Lymphkörperchen und zahllose Blutzellen und können daher nur als Blutgefäße angesehen werden. Alle Bluträume sind von sparsamen Pigmentzellen umgeben. Viel reicher an Pigment ist die etwa 100 μ dünne Vasculosa. Sie enthält kleinere und kleinste Gefäße, die vorwiegend in meridionaler Richtung verlaufen und gleichfalls nur Endothelwandungen besitzen. Das Tapetum lucidum (Taf. XXIX, Fig. 6) zeigt sehr dicht stehende säulenförmige Pigmentzüge (*p.z.*), welche nichts anderes sind als dicht mit körnigem schwarzen Pigment erfüllte Fortsätze einer außerhalb von ihnen liegenden Schicht tangential liegender Pigmentzellen (*p.z.z.*). Innen liegt dem Tapetum ein einschichtiges Endothel (*e*) aus Becherzellen auf. Häufig treten Gefäße (*g*) durch das Tapetum hindurch bis an dieses Endothel, welches dann in die Gefäßwandung übergeht (*a.b* = Außenblatt der Retina).

Das Corpus ciliare wird durch eine unter dem Sclerarande liegende 1 mm breite, äußerst fein radiär gefaltete Zone dargestellt, von einer homogenen, vom pupillaren Rande aus als Zonula Zinnii zur Linse ziehenden, etwa 200 μ dicken Schicht gedeckt. Dieselbe färbt sich bei VAN GIESON-Färbung rot und geht, wie man mit Hilfe dieser Färbung erkennen kann, in ein äußerst feines, die Pars optica retinae innen bedeckendes Häutchen über, welches wahrscheinlich die Limitans interna ist.

Der Linsenmuskel wird von einer Papille getragen, die sich ventral am inneren Rande des Corpus ciliare erhebt. Zu Muskelfasern sind die stark pigmentierten Zellen des äußeren Retinablattes, zum kleineren Teile auch die wenig pigmentierten des inneren Blattes umgewandelt. Der Faserverlauf derselben ist fast ausschließlich parallel zum Cornealrande. Das Ligamentum suspensorium lentis bedingt keine Verbreiterung oder Verschmälerung des Corpus ciliare.

Die Iris ist auf der Vorderseite gelbgrau und fein braun gefleckt. Sie läßt nur eine spaltförmige, von temporal-dorsal nach nasal-ventral verlaufende, 2 mm lange Pupille frei. Sie ist etwa 40 μ dick. In ihrer obersten Schicht enthält sie goldbraune

ziemlich große Pigmentkörner, auch in ihrem Stroma enthält sie Pigment, besonders in der Umgebung der Gefäße. Von der Pars iridiaca retinae ist am ciliaren Rande der Iris noch das äußere Blatt pigmentiert, das innere pigmentfrei. Dies ändert sich an der Unterseite der Iris derartig, daß auch das innere Blatt pigmentiert wird. Die Zellen des äußeren Blattes bilden am Pupillarrande einen Komplex von Muskelfasern (der allerdings durchaus nicht auf allen Schichten erkennbar ist; die folgende Beschreibung bezieht sich auf den ventralen Irisrand). Dem Faserverlaufe nach kann man 3 Teile desselben unterscheiden: der unmittelbar am Pupillarrande gelegene fungiert als Dilator, der nach außen folgende als Sphincter, der äußerste wieder als Dilator. Der ganze Muskelkomplex ist etwa $20\ \mu$ lang und $50\ \mu$ dick, also dicker, als die Iris sonst ist. Daher nimmt er auch fast die ganze Dicke der Iris ein, vorn überzieht ihn nur noch eine äußerst dünne Schicht des mesoblastischen Irisanteils, und innen die Epithelzellen des inneren Retinablattes.

Von der Arteria chorioideae und der ventralen Vena chorioideae, welcher letzteren die Media fehlt, wurde konstatiert, daß sie mit schiefer Durchbohrung die Sclera passieren.

Die Linse ist wenig abgeplattet, ihre Achse ist 3,2 mm, ihr Durchmesser 3,8 mm lang. Die Linsenkapsel ist nur $19\ \mu$ dick. Von der Hornhaut wird sie durch die Iris getrennt.

Das Außenblatt der Retina ist ein sehr flaches einschichtiges Epithel. Die Außenglieder der Stäbchen des Sinnesblattes sind $35\ \mu$ lang, die Innenglieder $15\ \mu$, die äußeren Körner bilden eine $22\ \mu$ dicke Schicht und liegen 2—3-schichtig. Die Stäbchen (Taf. XXIX, Fig. 8) sind cylindrisch, oder ihr Außenglied ist gar chorioidealwärts verdickt. Ihre Kerne sind oblong und doppelt so dick wie die Stäbchen selbst. Stets lassen sie einen inneren kürzeren dunkleren Teil von einem äußeren längeren helleren scharf abgrenzen. Von ihnen sind sehr deutlich und leicht die Zapfen zu unterscheiden. Sie sind halb so lang wie die Stäbchen und als kegelförmig, oder zusammen mit ihren stets der Limitans externa nahe liegenden rundlichen Kernen von 3-facher Stäbchendicke am ehesten als kommaförmig zu bezeichnen. Sie durchbrechen die Limitans externa, während diese ihrerseits die Stäbchen durchsetzt. Stellenweise scheinen mir in die Stäbchenschicht hineinragende Fortsätze der LANDOLTSchen Keulen sichtbar zu sein, doch bin ich nie zur völligen Klarheit darüber gekommen, ob es sich nicht um den Rest eines durch das Mikrotommesser

getroffenen Stäbchens handelt. Die äußere plexiforme Schicht ist äußerst dünn und kaum bemerkbar. Die Horizontalzellenschicht ist $25\ \mu$ dick, die der übrigen inneren Körner $50\ \mu$. Ebenso dick ist die innere plexiforme Schicht. Die Zellen des Ganglion opticum liegen zerstreut in der letzteren, sowie in der Nervenfaserschicht.

Zählungen ergaben, daß im Augengrunde auf $1\ \text{mm}^2$ 65 000 äußere Körner und 1400 Ganglienzellen entfallen. An der Retinaperipherie ist die Zahl der lichtempfindlichen Elemente nicht viel kleiner als im Augengrunde, sie beträgt 62 600, die der Ganglienzellen ist sogar, wie an verschiedenen Stellen berechnet wurde, vergrößert, sie beträgt 1800.

Der Nervus opticus ist ohne Scheide $0,3\ \text{mm}$, mit Scheide $0,7\ \mu$ dick; er durchsetzt die Orbita in $6\ \text{mm}$ Länge und tritt mit schiefer Durchbohrung durch die Sclera. Seine Scheide besteht aus Längsfasern. Diesem gesellen sich im Durchtrittsloch in der Sclera viele zirkuläre Fasern hinzu, die sich teils in der Chorioidea, teils im Perichondrium verlieren.

Von den Augenmuskeln inserieren die Superiores am Aequator, die Laterales hinter demselben, die Inferiores fast am Augengrunde. Die Recti entspringen nicht am Cranium direkt, sondern an der knorpeligen Bulbusstütze in $6\ \text{cm}$ Entfernung am Auge.

Der Bulbus ist in eine sehr dünne TENONsche Kapsel eingehüllt, die sich an der Sehnervenscheide und an der Gelenkplatte der Bulbusstütze befestigt.

Der Lid-„Spalt“ ist eine elliptische, $7\ \text{mm}$ lange und $4,8\ \text{mm}$ hohe Oeffnung, die von der Sclera einen ziemlich großen ringförmigen Teil sehen läßt, der ebenso wie die Iris und das Integument gefärbt ist. Muskulatur fehlt dem Lidapparate.

Das Auge liegt an der Dorsalseite des abgeplatteten Körpers und ist hier so gelagert, daß seine Achse kaum nach vorn, aber in einem Winkel von 45° aufwärts gerichtet ist.

13. *Torpedo spec.*

Fig. 15 und 16.

Material: Augen aus Triest, in verschiedener Weise, jedoch nur zum Teil gut, gut fixiert. Von welcher Species sie stammen, konnte ich nicht ermitteln.

Der sehr eigentümlich gestaltete Bulbus ist, von vorn gesehen, kreisförmig, mit 6 mm Durchmesser, sein vertikaler Durchschnitt zeigt etwa die Form einer Bohne, die unten zugespitzt endet, indem die kraniale Sclerapartie am Augengrunde leicht eingezogen oder, was dasselbe sagt, dorsal und ventral leicht ausgebuchtet ist. Der kleinste Abstand zwischen Corneascheitel und Sclera im Augengrunde beträgt 4 mm. Senkrecht zu dieser Linie, die wir als Achse des Auges ansehen können, liegt die Ebene des Cornearandes. Die Cornea ist kreisförmig, hat 3 mm Durchmesser und ist 0,8 mm tief. Ihr dorsaler Rand hat 1 mm, ihr ventraler 2 mm Vertikalabstand vom Bulbusrande. Ein Aequator ist dorsal in 1,4 mm Abstand von der Ebene des Cornearandes zu erkennen, ventral zieht sich die Sclera vom Cornealrande glatt hin und biegt dann erst plötzlich um.

Die Cornea hängt dorsal und ventral etwa 0,3 mm breit, seitlich jedoch gar nicht mit der Iris zusammen und enthält in diesem nicht durchsichtigen Teile auch Ringfasern, hauptsächlich aber Längsfasern. Der lamellöse Teil ist etwa 100 μ dick, am nasalen und temporalen Rande jedoch auf 200 μ verdickt.

Die Sclera zeigt keine Anschwellungen am Cornealrande, sondern verdünnt sich allmählich und läuft ziemlich spitz aus, von dem Fasergewebe der Cornea beiderseits umgeben. Man kann daher fast sagen, die Sclera gehe durch allmähliches Abnehmen des Knorpels und Zunehmen der Bindegewebsfasern allmählich in den peripheren undurchsichtigen Teil der Cornea über, und es ist beinahe nur eine künstliche Trennung, wenn man als Ende der Sclera und Anfang der Cornea die Stelle ansieht, wo der Knorpel aufhört. Nur dorsal ist der Knorpel am Cornealrande 50 μ dick. Nach dem Augengrunde zu verdickt er sich allmählich und ist an der dorsalen schwachen

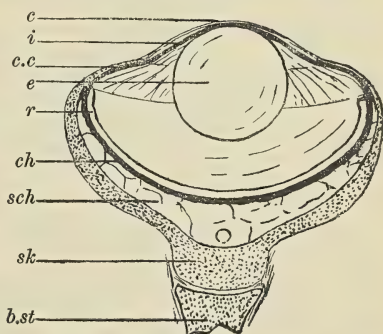


Fig. 15. Torpedo, Horizontalschnitt. 6,7 : 1.

Ausbuchtung 300 μ , an dem ventralen Winkel 700 μ dick. Etwas ventral von der Mitte bildet er einen knopfartigen Vorsprung von 1000 μ Dicke. In dessen nächsten Umgebung ist er dorsal 200 μ , ventral 400 μ dick. An dem nasal-ventral vom Gelenkknopf befindlichen 1 mm hohen Loch für den eintretenden Nervus opticus

ist er ohne besondere Verdickung dorsal $550\ \mu$, ventral $700\ \mu$ dick. Im horizontalen Meridian nimmt der Knorpel ebenfalls ganz allmählich vom Cornealrande nach hinten zu, ist zwischen Aequator und Augengrund $400\ \mu$ dick, um die Gelenkfläche wieder auf $300\ \mu$ verdünnt.

Das Auge sitzt einer Bulbusstütze auf, die $0,75\ \text{mm}$ dick ist, am Bulbus aber allmählich an Dicke zunimmt und $2,25\ \text{mm}$ dick mit terminaler Aushöhlung endet. Der Knorpel der Sclera und der Bulbusstütze gehen in ein beide umhüllendes Bindegewebe über. In diesem findet sich, von ihm rings umschlossen, der als Gelenkhöhle fungierende Spaltraum. Das Bindegewebe überzieht auch die Gelenkflächen, und zwar mitunter in recht dicker Schicht. In einem Auge finde ich den Knorpel der Sclera, namentlich an der Gelenkfläche, ganz besonders aber den der Bulbusstütze dicht mit Bindegewebssepten durchsetzt.

Die Chorioidea ist sehr dick, da sie einer sehr mächtigen, unten am Sclerawinkel $2\ \text{mm}$ dicken, am Retinarande dorsal und

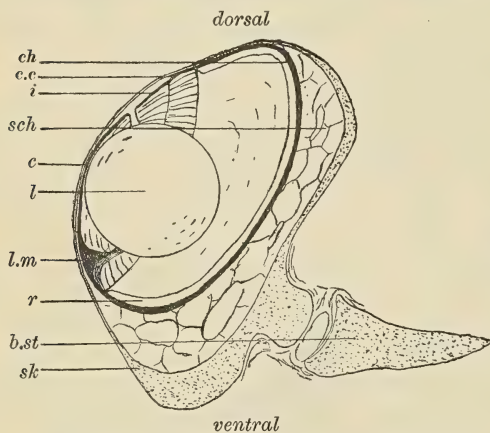


Fig. 16. Torpedo, Vertikalschnitt. 8:1.

ventral nur etwa $0,2\ \text{mm}$ dicken Suprachorioidea aufsitzt. Dieselbe besteht aus sehr lockerem Bindegewebe, in welchem Gefäße liegen, darunter auch sehr viele solche, die bei erheblicher Größe doch nur Endothelwandung besitzen. Pigment enthält sie nur in der Umgebung der Blutbahnen. Sie geht nach innen zu in die stark pigmentierte Vasculosa über, in welcher die Ge-

fäße kleiner sind und dichter liegen als in der Suprachorioidea, aber denselben Bau besitzen. Das Tapetum wird dadurch gebildet, daß Pigmentzellen sich in einer Schicht sammeln und flächenartige Fortsätze im Winkel von 45° gegen die Retina in einer nach innen liegenden Schicht entsenden. Die Pigmentfortsätze stehen nicht sehr dicht, sie stellen, querschnittsen, die bekannten säulenförmigen Pigmentzüge dar, von der Fläche gesehen erscheinen sie als breite Pigmentklexe. Die nach innen liegende Schicht enthält sehr dicht nadelförmige, gelbgraue, nicht färbbare Kristalle, die an der

Retinaperipherie den Pigmentfortsätzen parallel liegen, im Augen Grunde jedoch der Retina parallel, vielleicht nur infolge postmortalen Veränderungen. Nach innen vom Tapetum liegt eine *Choriocapillaris*, bestehend aus kleinen plattgedrückten Kapillaren, die an einzelnen Stellen durch das Tapetum hindurch mit der *Vasculosa* kommunizieren.

Das *Corpus ciliare* ist eine 0,5 mm breite, äußerst fein radiär gefältete Zone, die im Bereich der Grenze des Scleraknorpels liegt.

Die Iris läßt nur eine spaltförmige, horizontal liegende Pupille von 1,5 mm Länge frei. Sie ist 30 μ dick.

Die Linse ist annähernd kugelig, doch deutlich abgeplattet, ihr Durchmesser ist 2,5 mm lang, ihre Achse 2,2 mm. Von der Hornhaut wird sie durch die Iris getrennt. Die Papille des Linsenmuskels liegt ventral am inneren Rande des *Corpus ciliare*.

Das Außenblatt der Retina ist ein flaches, unpigmentiertes, einschichtiges Epithel. Am Sinnesblatt sind die Stäbchenaußenglieder 20 μ , die Innenglieder 14 μ lang. Sie enthält nur Stäbchen, an deren Innenglied sich eine dünnere innere Hälfte von einer dickeren äußeren unterscheiden läßt. Letztere enthält stets eine dunklere Einlagerung von der Form eines in der Längsrichtung des Stäbchens gestreckten Ellipsoids. Die Schicht der äußeren Körner ist überall 2-schichtig und 15 μ dick. Eine äußere retikuläre Schicht konnte ich nicht konstatieren, obwohl sie sicher nicht fehlen wird. 2 Schichten horizontaler Fulcrumzellen sind zu erkennen, von denen die Zellen der äußeren Schicht nur hier und da erkennbar und dann stets halb oder ganz in die äußere Körnerschicht hineingerückt sind. Die Zellen der inneren Schicht sind durch sehr lange Fortsätze ausgezeichnet. Die durchschnittliche Dicke dieser Zellen beträgt 70 μ . Nach innen folgt die 20 μ dicke Schicht der inneren Körner, hierauf die 20 μ dicke, innere, retikuläre Schicht und die Nervenfaserschicht. Die Zellen des Ganglion opticum liegen zerstreut in den letzten beiden Schichten.

Die Zahl der auf 1 mm² entfallenden Stäbchen oder äußeren Körner — beide sind an Zahl gleich — beträgt im Augengrunde nur 21600, die der Ganglienzellen 5000. In der Retinaperipherie (dorsal) sind die Zahlen 15500 und 2500.

Der Nervus opticus ist 200 μ dick. Auch er ist innerhalb der Suprachorioidea von Pigment umgeben.

Die 6 Augenmuskeln sind sehr ungleich stark. Am schwächsten sind Rectus inferior, superior, internus und Obliquus

inferior, viel stärker die beiden übrig bleibenden. Die Obliqui sind im Verhältnis zu anderen Selachiern weit nach hinten gerutscht, sie inserieren am Rande; desgleichen am Rande inserieren Rectus inferior und superior. Die beiden lateralen Recti inserieren am Augengrunde.

Das Auge ist von einer zarthäutigen TENONschen Kapsel umschlossen, die sich an die Gelenkplatte der Knorpelstütze ansetzt.

Der Lidspalt ist 5,5 mm lang und 4 mm hoch, die Lider sind am inneren Rande des undurchsichtigen Corneateiles festgewachsen.

14. *Raja asterias* DE LA ROCHE.

Material: Kopf eines 125 cm langen Tieres aus der Nordsee, ohne Konservierung, ca. 8—14 Tage p. m.

Das Auge ähnelt sehr dem von *Raja batis*.

Der Bulbus hat nicht die Form eines Ellipsoids, sondern er ist vorn oben und unten schräg abgestutzt; er ist 24,5 cm lang, 16 mm hoch. Die Länge der Bulbusachse beträgt am lebenden Tiere mehr als 13 mm; genauere Feststellung erlaubt das Material nicht. Die Cornea ist 20 mm lang und mindestens 6 mm hoch.

Die Sclera hört am Cornealrande temporal und nasal ohne merkliche Randverdickung auf. Hier ist sie etwa 0,2 mm dick. Von dort nimmt sie im horizontalen Meridian nach hinten zu, erreicht nasal zwischen Aequator und Augengrund 0,8 mm Dicke, ist am Augengrunde selbst 0,6 mm dick und temporal durchgehends 0,5 mm dick. Im vertikalen Meridian läuft der Scleraknorpel wie bei *Raja batis* ganz dünn aus, verdickt sich bis auf 0,6 mm, ist an der Umbiegungsstelle wieder auf 0,4 mm verdünnt, im Augengrunde wie im Horizontalschnitt 0,6 mm dick. Von hier verdünnt er sich ständig bis zum ventralen Cornealrande, wo er 0,4 mm dick ist. Zentral befindet sich im hinteren Teil der Sclera ein 3,6 mm dicker knopfartiger Höcker des Scleraknorpels mit Gelenkfläche. Nasal in ihr ist ein Einschnitt, bedingt durch den eintretenden Sehnerven. Die von BERGER (10) beobachteten Knorpelhöhlen in der Sclera von *Raja asterias* finde ich nicht, wohl aber die von ihm beschriebenen Vorstadien zu ihrer Bildung, nämlich Partien im Knorpel, in denen der ursprünglich hyaline Knorpel in faserige Substanz umgewandelt erscheint. Sie liegen in dem Teile der Sclera, dem auch der Gelenkknopf angehört,

jedoch nicht der Gelenkfläche genähert, sondern der inneren Sclerafläche.

Die Cornea ist überall äußerst dünn und ohne merkliche Randverdickung. Die dünne Gefäßschicht der Chorioidea liegt einer am Augengrunde 0,5 mm, über der Gelenkplatte 1,5 mm dicken Suprachorioidea auf. Das Tapetum lucidum ist silberglänzend; seine Ausdehnung ist nicht sicher festzustellen.

Das Corpus ciliare ist nicht deutlich zu erkennen.

Die Iris ist vorn weiß pigmentiert, nasal und temporal 6 mm breit, ventral 2 mm breit, dorsal, wo sich das Operculum pupillare befinden muß, nicht erhalten.

Die Linse ist kugelig, ihr Durchmesser beträgt 8,8 mm.

Die knorpelige Bulbusstütze ist temporal vom Bulbus in der Orbita befestigt und tritt daher schief an die Sclera heran. Sie ist 20 mm lang, 7 mm breit und 1 mm dünn und endigt in eine 4 mm dicke elliptische Gelenkplatte, deren Achsen 10 mm und 5 mm lang sind, ohne Vertiefung. Makroskopisch abpräparierbares, faseriges Bindegewebe überzieht beide Gelenkflächen. Der dazwischen befindliche Spaltraum wird peripher durch schlaffes Bindegewebe, das vom Rande der Stielplatte zum Bulbus zieht und eine Art schlaffer Gelenkkapsel bildet, abgeschlossen.

Der Nervus opticus durchläuft die Orbita geradlinig 15 mm lang und ist mit Scheide 2 mm dick, ohne dieselbe 1 mm. Am Bulbus biegt er temporalwärts um, so daß er die Sclera schief durchbohrt.

Die Muskulatur ist sehr kräftig. Die Recti entspringen, einen Kegel bildend, zugespitzt, noch etwas temporal vom Ursprung der Bulbusstütze. Unter ihnen liegt nur der Rectus superior samt seinem Ursprung dorsal von der Bulbusstütze, die übrigen ventral. Der starke Rectus superior inseriert etwa mitten zwischen Cornealrand und Augengrund noch unter dem festgewachsenen oberen Augenlid, dicht hinter der Umbiegungsstelle der Sclera. Der viel schwächere Rectus inferior inseriert an der entsprechenden Stelle ventral. Der gleichfalls schwache Rectus externus inseriert etwa in gleicher Entfernung vom Cornealrande, der schwächste Rectus internus noch etwas mehr dem Augengrunde genähert. Der Obliquus superior, der zweitstärkste Muskel, entspringt zugespitzt nasal vom Bulbus aus am Cranium, in gleicher Höhe wie die Recti. Er inseriert neben dem Rectus superior. Der Obliquus inferior entspringt viel weiter ventral am Cranium, dort, wo die Seitenwand des Craniums in das Mundhöhlendach übergeht. Er ist der

stärkste Muskel und inseriert ventral am Bulbus, der Gelenkplatte genähert.

Beide Augenlider sind am peripheren undurchsichtigen Corneateile angewachsen, das obere wie der Körper graugelb gefärbt, das untere weißlich, beide ohne makroskopisch erkennbare Hautzähnen.

Das Auge befindet sich in einer derbhäutigen TENON'schen Kapsel.

Die Lage des Auges im Kopfe ist ähnlich wie bei den Fröschen, d. h. das auf der Dorsalseite des Tieres gelegene Auge ragt mit seiner oberen Hälfte so weit aus der Körperoberfläche heraus, daß die Augenachse nicht nach oben, sondern horizontal gerichtet sein kann. Sie ist außerdem rein lateral, nicht nach vorn gerichtet.

15. *Raja batis* L.

Fig. 17 und 18.

Material: 2 Augen eines in Formol konservierten Tieres von 51 cm Länge aus Bergen, beide etwas deformiert, wahrscheinlich durch mechanischen Druck von außen her.

Der Bulbus hat etwa die Gestalt eines Rotationsellipsoids, dem von vorn-oben her ein größeres, von vorn-unten her ein kleineres Segment weggestutzt worden ist. Er ist 13,5 mm lang, 10 mm hoch und von 9 mm, mit Gelenkknopf 10 mm Achsenlänge. Der Hornhautrand liegt schief zum Äquator. Sein Abstand von ihm, senkrecht zur Äquatorebene gemessen, beträgt nämlich dorsal 4,5 mm, ventral aber nur 2,5 mm. Parallel zur Äquatorebene gemessen, ist der dorsale Cornearand 5,5 mm von der Höhe des dorsalen Äquatorteiles, der ventrale 0,5 mm vom ventralen Äquatorteile entfernt. Die kleine Cornea, soweit sie nicht vom festgewachsenen Lidrande bedeckt ist, ist elliptisch, 7 mm lang und 3,5 mm hoch. Der Corneascheitel ist 8 mm vom dorsalen Äquatorteil und 6 mm von der Äquatorebene entfernt.

Die *Conjunctiva corneae* ist 20-schichtig, die unterste Schicht besteht aus polygonalen Zellen, die folgenden aus flacheren, die vorderste aus äußerst flachen Pflasterzellen.

Die Cornea hängt mit der Iris dorsal durch ein Ringfaserbündel von 120 μ Durchmesser zusammen, ventral haftet sie 1500 μ , nasal und temporal 60–65 μ breit an der Iris, nasal und temporal 720 μ breit. Sie besteht in dieser der Iris anliegenden Zone aus wellenförmig verlaufenden Bindegewebsfasern,

enthält auch einige Pigmentzellen und ist vom festgewachsenen Lidrande bedeckt. Nach innen davon liegt der lamellöse Teil. Die Dicke der Cornea beträgt im Scheitel $65\ \mu$, am Rande dorsal und ventral $180\ \mu$, nasal und temporal $200\ \mu$. Die Zahl der Lamellen beträgt im Scheitel der Cornea 12, die vorderste ist von besonderer Dicke.

Eine Membrana Descemeti fehlt, dagegen scheint der Cornea immer ein sehr feines Häutchen anzuliegen, dessen zellige Natur nicht nachgewiesen werden konnte.

Der Scleraknorpel ist am Cornealrande dorsal $30\ \mu$, nasal $20\ \mu$, temporal $30\ \mu$, ventral $100\ \mu$ dick. Vom Cornealrande aus verdickt er sich kranialwärts ständig und ist im Augengrunde $200\text{--}230\ \mu$ dick. Nur dorsal findet sich eine äquatoriale Verdünnung, der Scleraknorpel ist hier $85\ \mu$ dick. Etwas ventral vom Zentrum liegt eine etwas herausgewölbte, auf $1000\ \mu$ verdickte Region des Knorpels mit elliptischer Gelenkfläche an der kranialen Seite,

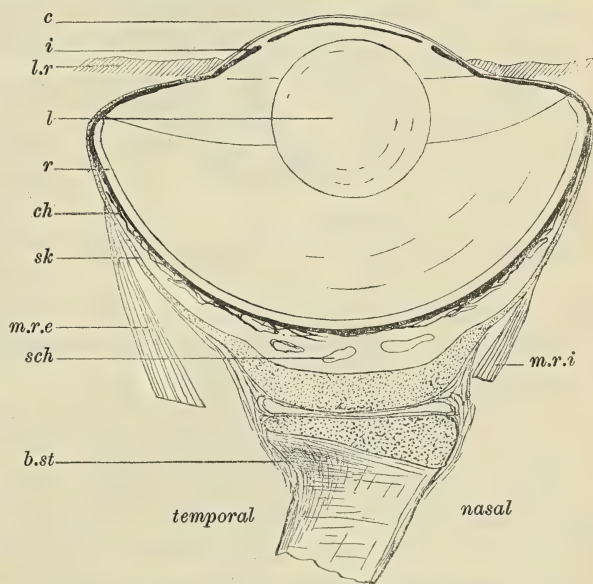


Fig. 17. *Raja batis*, Horizontalschnitt. 5 : 1.

3 mm hoch und 5 mm breit. In ihr ist nasal ein Einschnitt, bedingt durch das $1\frac{1}{2}$ mm hohe Loch für den eintretenden Sehnerven.

Die knorpelige Bulbusstütze ist 1 mm dick und tritt schräg von hinten an den Bulbus mit einer elliptischen Gelenkplatte, die $2\frac{1}{2}$ mm hoch, 5 mm lang und durchschnittlich 1 mm dick ist und nicht mit ihrem Zentrum, sondern mit ihrem dorsalen Rand am Knorpelstiel sitzt. Wie in der Gelenkfläche des Bulbus, so findet sich auch in der Gelenkplatte ein Einschnitt für den Sehnerven. Zwischen ihr und der Sclera ist ein vollkommen durch lockeres Bindegewebe begrenzter Spaltraum.

Die Chorioida besteht aus einer am Augengrunde 0,5 mm dicken, nach vorn zu bis zum Schwinden verdünnten, fast pigmentfreien Suprachorioida, die Gefäßstämme, einige Kapillaren und viele sehr große Bluträume mit bloßer Endothelauskleidung

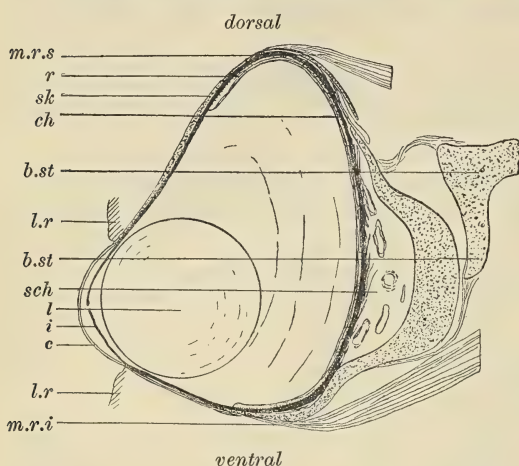


Fig. 18. *Raja batis*, Vertikalschnitt. 5 : 1.

aber konstatierte ich Falten, und zwar dorsal vor der Mitte und dem Ende der Knorpelanschwellung zwischen Aequator und Cornealrand, ventral vor letzterem.

Eine Papille, die zweifellos den Linsenmuskel trägt, finde ich ventral im Bereiche des fibrösen Teiles der Cornea.

Die Iris ist vorn schwarz. Sie läßt eine ventral halbkreisförmig begrenzte Pupille von 4 mm Breite und 2,5 mm Höhe offen, die von oben her durch das bekannte Operculum pupillare der Rochen geschlossen wird. In ihrer äußersten Schicht liegen ventral flach liegende bräunliche Pigmentzellen, dazwischen klumpenartige schwarze Pigmentanhäufungen, die dorsal überwiegen. Von der Pars iridiaca retinae hat das innere Blatt stets den Charakter eines stark pigmentierten Epithels. Das äußere Blatt verdickt sich an der Unterseite der Iris sehr stark. Am Pupillarrande bildet es einen kleinen Sphincter. Was seine Beschaffenheit unter dem Operculum betrifft, so bin ich darüber nicht völlig ins klare gekommen, da die Konservierung nicht ausreichend ist. Größtenteils scheint es trotz seiner Höhe Epithelcharakter zu behalten. Wo aber am Rande Muskelfasern vorhanden scheinen, da scheinen sie das Operculum verkürzen zu können. Viele kleine Blutgefäße verlaufen im Operculum, namentlich an seiner unteren Seite.

enthält, aus einer stark pigmentierten, dünnen Vasculosa und aus dem Tapetum, dessen charakteristischer Bau allerdings infolge des mangelhaften Erhaltungszustandes nicht erkannt werden konnte.

Ein Corpus ciliare sah ich bei makroskopischer Betrachtung infolge mangelhafter Erhaltung nicht, an Schnitten

Die Linse ist kugelig, ihr Durchmesser beträgt 3,8 mm.

Das Epithel der Retina ist sehr flach, einschichtig und unpigmentiert. Das Sinnesblatt läßt die gewohnten Schichten erkennen. Die Außenglieder der Stäbchenschicht sind $30\ \mu$ lang, die Innenglieder $15\ \mu$ lang. Die lichtperzipierenden Elemente stehen nicht sehr dicht, so daß ihre gestreckten Kerne, die äußeren Körner, nur in einer einzigen Schicht von $15\ \mu$ Dicke liegen. Nur $5\ \mu$ dick ist die äußere plexiforme Schicht, dann folgen die horizontalen Fulcrumzellen in $15\ \mu$ Dicke, die inneren Körner in $18\ \mu$ dicker Schicht und die $45\ \mu$ dicke innere plexiforme Schicht. Die Nervenfaserschicht variiert in ihrer Dicke je nach der Entfernung vom Nervus opticus. Die Zellen des Ganglion opticum liegen zerstreut in den letzten beiden Schichten.

Auf 1 mm^2 Netzhaut entfallen im Augengrunde nur 10 800 äußere Körner und 1500 Ganglienzellen, in der Peripherie (ventral) sogar nur 7600 äußere Körner, dafür aber 2000 Ganglienzellen, also mehr als im Augengrunde.

Der Nervus opticus ist 0,4 mm dick, die Längsfasern seiner Scheide gehen in das Perichondrium des Scleraknorpels über.

Die Insertionen der Bulbusmuskeln, die TENONsche Kapsel, der Lidapparat des Auges von Raja batis verhalten sich genau wie bei Raja asterias, so daß sich eine eingehende Beschreibung erübrigt.

Die Richtung der Augenachse ist fast völlig lateral und rein horizontal, indem die Dorsalfläche der Mitte des Kopfes zwischen beiden Augen mit dem oberen Augenrande, die Seiten des Kopfes mit dem unteren Augenrande in gleicher Höhe liegen.

Beide Augenlider sind am undurchsichtigen, peripheren Teile der Cornea angewachsen. Sie sind gleich dem Körper graugelb gefärbt und nicht mit makroskopisch erkennbaren Hautzähnen bedeckt.

C. Tiefenselachier.

Zu den Tiefenselachiern rechne ich Laemargus, Chimaera und Spinax, da diese sich sämtlich in großen Meerestiefen aufhalten. Zwischen den Augen von Chimaera und Spinax besteht sehr große Ähnlichkeit. Das Auge von Laemargus weicht jedoch in seinem Baue wesentlich von jenen ab.

16. *Laemargus carcharias* (O. F. MÜLLER).

(Laemargus borealis FLEMMING.)

Fig. 19 und 20.

Material: Ein Auge (nur Sclera, Suprachorioidea, Sehnerv, Muskeln, Bulbusstütze).

Der Bulbus ist etwa kugelig, in horizontaler Richtung 40 mm, in vertikaler 44, in der Richtung der Achse 33 mm lang, natürlich ohne die Cornea, die an dem mir zur Verfügung stehenden Bulbus fehlt. Die Form des Bulbus wird wesentlich dadurch kompliziert, daß die Augenmuskeln an buckelartigen Vorwölbungen des Scleraknorpels inserieren; denn der Scleraknorpel ist für die Form des Bulbus maßgebend, da er hier wie immer außen nur

von einem sehr dünnen Perichondrium überzogen wird. Die Cornea scheint höher als breit gewesen zu sein, nämlich 23 mm hoch und nur 16 mm breit.

Die Dicke des Scleraknorpels ist vor dem Aequator am geringsten, sie beträgt hier dorsal, nasal und temporal 0,2—0,3 mm, ventral ist sie noch geringer. Am Cornealrande ist der Scleraknorpel dorsal 0,6, ventral und nasal 0,3, temporal 0,5 mm dick.

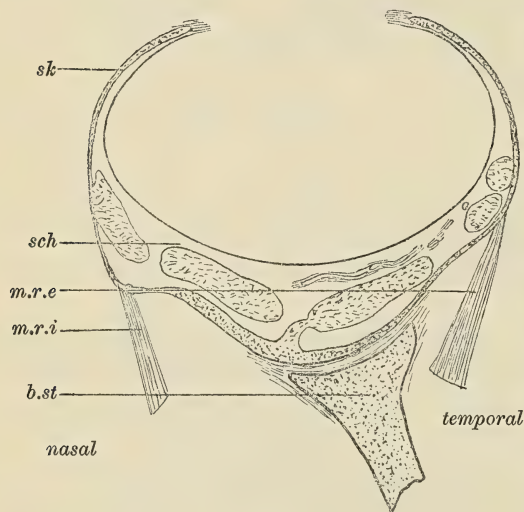


Fig. 19. *Laemargus carcharias*, Horizontalschnitt. 1,3 : 1.

Zwischen Aequator und Augengrund beträgt die Knorpeldicke dorsal trotz aller Krümmungen konstant 0,6 mm, ventral ist sie äußerst gering, nasal und temporal wieder 0,6 mm. Zentral befindet sich eine gelenkige, wenngleich mit Bindegewebe überzogene Fläche von Ellipsenform, deren Durchmesser 20 und 16 mm betragen, so zwar, daß die größere Achse fast senkrecht, ein wenig von vorn-oben nach hinten-unten geneigt ist. Die Dicke der Sclera an dieser Gelenkplatte beträgt 2,0 mm.

Die Bulbusstütze ist über 5,7 mm lang und endet am Bulbus in eine ausgehöhlte Platte, die nicht in voller Größe erhalten ist. Ihre größten Ausdehnungen betragen mindestens 15 und 8 mm. Der Knorpelstiel ist kranial drehrund mit 3 mm Durchmesser, an der Gelenkplatte aber dorsiventral abgeplattet.

Die Gefäßschicht der Chorioidea und das Tapetum sind nicht erhalten. Als Suprachorioidea haben wir das mächtig entwickelte, nach innen vom Scleraknorpel gelegene Gewebe aufzufassen. Das-

selbe besteht zum Teil aus Bindegewebe, das die

Gefäßstämme enthält, zum größeren Teil aber aus dicken, platten Knorpelstücken, deren Knorpel mit dem

Knorpel der Sclera stellenweise in Verbindung steht. Histologisch unterscheidet sich dieser Knorpel von dem der Sclera durch das Auf-

treten vieler Kanälchen in ihm und in den äquatorialen Partien des Auges durch radiäre Faserung. Jene Kanälchen bilden kleine, untereinander nicht kommunizierende, stern- oder spinnenförmige Systeme, deren wahrscheinlich jedes eine Zelle mit ihren Fortsätzen enthält. Das Auftreten von Knorpel in dieser Schicht bei *Laemargus* und die Festigkeit, mit der sie wie bei allen Arten, denen sie zukommt, am Scleraknorpel haftet, während die Gefäßschicht leicht abtrennbar ist, würde ihre Hinzurechnung zur Sclera mindestens ebenso gut gerechtfertigt erscheinen lassen wie ihre Hinzurechnung zur Chorioidea, wenn sie nicht Gefäße enthielte. Das Auge erhält dadurch eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Walauge.

Der Sehnerv ist mit seiner längsfaserigen Scheide 4 mm dick, ohne dieselbe 2 mm.

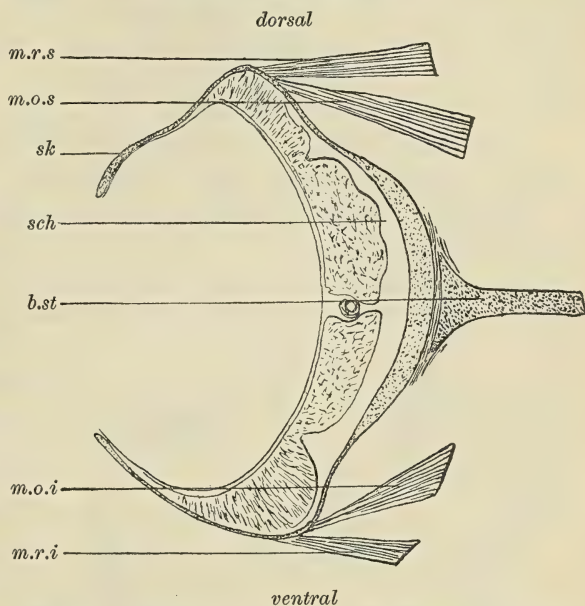


Fig. 20. *Laemargus carcharias*, Vertikalschnitt. 1,3 : 1.

Die Musculi recti entspringen am Knorpelstiel in 40 mm Entfernung vom Bulbus, nur vom Rectus inferior kann dies nicht mit Bestimmtheit angegeben werden, da sein Ursprung nicht erhalten ist. Sie sind 80 mm lang und inserieren hinter dem Aequator, nur der Rectus superior am Aequator. Die Obliqui, von denen nur die Insertionen erhalten sind, überdecken die Insertionen der Recti. Alle Muskeln sind gleich stark.

17. *Spinax spinax* L.

(*Spinax niger* BONAP.)

Fig. 19 und 20.

Material: Augen aus Bergen, gut fixiert in Alkohol-Formol-Eisessig. Das Tier, dessen Bulbus den Messungen zu Grunde lag, ist, nach einem Vergleichsexemplar aus dem Museum zu urteilen, 39 cm lang gewesen.

Der Bulbus hat fast genau die Gestalt eines vollkommenen 3-achsigen Ellipsoids, indem ein Sulcus corneae kaum ausgeprägt ist.

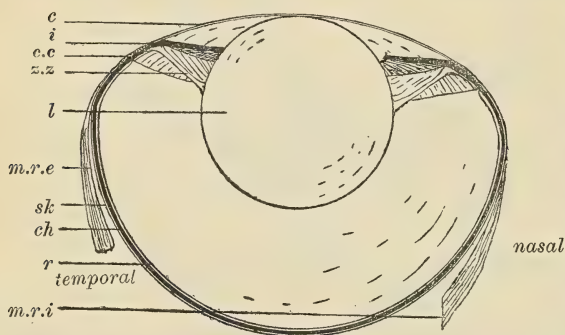


Fig. 21. *Spinax spinax*, Horizontalschnitt. 3:1.

Die Länge des Bulbus beträgt 17,5 mm, seine Höhe 16,5 mm, die Achse mißt 13,3 mm. Die Cornea ist 13,5 mm lang, 11,0 mm hoch und 2,0 mm tief. Der Aequator liegt 3 mm hinter dem Cornealrande.

Die Conjunctiva ist vor der Cornea 6-schichtig, die vorderste Schicht aus äußerst flachen Zellen, die hinterste aus polygonalen Zellen. Die Conjunctiva sclerae ist 4-schichtig. Die Cornea bildet dorsal vor dem Sclerarande ein ihr innen anliegendes Ringfaserbündel von 140 μ Dicke, welches mit der Iris zusammenhängt. Ventral liegt sie der Iris etwa 200 μ breit an, sie besteht in diesem Teile aus fast ganz lamellenartigem, kaum noch gewelltem Bindegewebe. Nasal und temporal hängt sie mit der Iris 700 μ breit zusammen und ist hier ebenso wie ventral gebaut. Die ganze Cornea ist sehr dünn. Am Rande ist sie, abgesehen von dem Ringfaserbündel, dorsal 50 μ , ventral

70 μ , nasal und temporal etwa 160 μ dick, am Scheitel beträgt ihre Dicke 45 μ . Sie besteht hier aus 8—9 Lamellen, die häufig miteinander in Faseraustausch treten. Die vorderste Lamelle ist von besonderer Dicke. Eine Membrana Descemeti und ein Cornealendothel scheinen zu fehlen.

Der Scleraknorpel ist gleich der Cornea sehr dünn, er ist jedoch außen von einer verhältnismäßig dicken Bindegewebsschicht überzogen. Im Aequator ist er dorsal 45 μ , ventral 35 μ , nasal 25 μ , temporal 30 μ stark. Am Cornealrande ist er dorsal 130 μ , ventral 70 μ , nasal 60 μ , temporal 50 μ dick. Im horizontalen Meridian nimmt er dorsal nach hinten allmählich an Dicke zu und hat im Augengrunde 80 μ erreicht. Ähnlich ventral, sowie im horizontalen Meridian. An die 2 mm unter dem Zentrum gelegene Eintrittsstelle des Nervus opticus, ein 2 mm hohes Loch im Scleraknorpel, tritt dieser von oben 160 μ , von unten 100 μ stark heran.

Daß eine Bulbusstütze vorhanden wäre, wird durch nichts wahrscheinlich gemacht.

Eine Suprachorioidea fehlt. Die Vasculosa der Chorioidea ist äußerst dünn, sie ist nämlich durchschnittlich 10—30 μ dick, so daß sie meist nur sehr wenigen, ganz flach gedrückten Gefäßen Platz läßt und stellenweise sogar auf eine einzige dünne, pigmenthaltige Schicht reduziert ist. Nur um den eintretenden Sehnerven finde ich etwas größere Gefäße, ebenso ventral zwischen Aequator und Iris. Vom Tapetum lucidum, welches dorsal bis auf 1,5 mm, seitlich auf 1 mm, ventral nur auf 5 mm an das Corpus ciliare heranreicht, sieht man an der Retinaperipherie die bekannten säulenförmig angeordneten Pigmentzüge, richtiger flächenartige Pigmentfortsätze, die bei dieser Art sehr dünn sind, aber sehr dicht stehen. Im Netzhautzentrum fehlen diese Pigmentfortsätze gänzlich, und hier finde ich im mikroskopischen Präparat tangential liegende Blättchen, ähnlich denen bei Chimaera.

Das Corpus ciliare ist eine 1—1½ mm breite, der Grenze

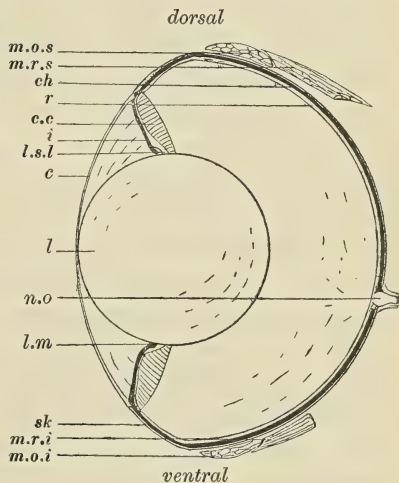


Fig. 22. *Spinax spinax*, Vertikalschnitt. 3:1.

von Sclera und Cornea anliegende Zone, von äußerst feinen, schwer erkennbaren Radiärfalten, bedeckt von einem feinen, gelatinösen Häutchen, das vom pupillaren Rande des Corpus ciliare aus sich auf den Glaskörper fortsetzt, an diesem befestigt ist und sich zum Linsenäquator begibt.

Die Iris ist, von vorn gesehen, schwarz, dorsal und ventral 1,5 mm, seitlich 3 mm breit und durchschnittlich 210 μ dick. Die Vorderfläche wird von einem Plattenepithel bedeckt. Auf dieses folgt eine Schicht mit klumpenförmigen Pigmentzellen, darauf eine mit flächenartigen, mit Fortsätzen versehenen Pigmentzellen, deren Pigment körnig ist. Das Retinaepithel überragt die Iris dorsal ein wenig und bildet einen kleinen Sphincter. Das Corpus ciliare ist dorsal eine etwa 3 mm lange Strecke nach innen um das Doppelte verbreitert, so daß es fast den Pupillarrand erreicht. Von hier zieht das besprochene gelatinöse Häutchen, verstärkt und fester an den Pigmentzellen haftend, zur Linse als *Ligamentum suspensorium lentis*. Ventral findet sich eine ganz entsprechende Verbreiterung des Corpus cililare, es erreicht hier, samt dem ihm aufliegenden Häutchen, den am Pupillarrande liegenden Linsenmuskel. Die Iris biegt hier um etwa $\frac{1}{2}$ mm gegen den Glaskörperraum um. Hier ragt auch, wie an den übrigen Stellen der Iris, das Pigmentepithel nach der Pupille zu, über den mesoblastischen Teil der Iris hinaus und bildet einen Muskel, der sich jedoch an der Linse, etwa vor ihrem Äquator festsetzt und daher hier nicht als Sphincter oder Dilator, sondern als Linsenmuskel aufgefaßt werden muß. Er ist stärker als die übrige Irismuskulatur entwickelt, als Linsenmuskel aber ist er verhältnismäßig schwach. Er wird nur von den Zellen des Außenblattes der Pars iridiaca retinae gebildet, während die Zellen des Innenblattes epithelartigen Charakter tragen. Die Muskelfasern sind, wie es nach Meridionalschnitten scheint, in 2 Portionen einteilbar, von denen die der Linse zunächst liegende aus Radiärfasern, die entferntere aus zirkulären Fasern besteht. Die Befestigung der Fasern an der Linse, dicht vor ihrem Äquator, geschieht vermittelt des hier sehr verkürzten gelatinösen Häutchens.

An der Grenze dieses Häutchens gegen den Glaskörper wurde eine aus Zellen bestehende Masse, ähnlich einem mit Endothelwandung versehenen Blutgefäße, gefunden, nur daß die den Blutkörperchen entsprechenden Zellen sich von den echten Blutkörperchen des Tieres wesentlich unterscheiden.

Die Linse ist fast vollkommen kugelig, Durchmesser und

Achse betragen 8,0 bzw. 7,2 mm. Die Linsenkapsel ist 27 μ dick. Der vordere Linsenpol berührt den Hornhautscheitel.

Das Außenblatt der Retina ist ein sehr flaches, völlig unpigmentiertes Epithel. Am Innenblatt fällt besonders die ungewöhnliche Größe aller Zellkerne auf, der äußeren Körner, mehr noch der inneren und besonders der Ganglienzellenkerne. Die Außenglieder der Stäbchen sind 16 μ lang, ebenso die Innenglieder. Zapfen konnten neben den Stäbchen nicht unterschieden werden. Die äußeren Körner liegen an der Peripherie dorsal und ventral 2—3-schichtig, im Augengrunde 6—8-schichtig; unter ihnen lassen sich Kerne von zweierlei verschiedener Art unterscheiden, nämlich kleinere, die sich mit Eisenhämatoxylin gleichmäßig dunkel färben, und größere, hellere. Letztere treten in der Peripherie ausschließlich auf, im Augengrunde ist die Zahl beider gleich. Vielleicht dürfen wir daher die dunkleren als Zapfenkerne, die helleren als Stäbchenkerne ansehen. Die Dicke der äußeren Körnerschicht beträgt im Augengrunde 60 μ . Außerordentlich dünn ist die äußere, plexiforme Schicht. Eine gesonderte Schicht horizontaler Fulcrumzellen fehlt. Die inneren Körner liegen im Augengrunde 3-schichtig, peripher 2-schichtig; sie nehmen eine im Augengrunde 30 μ dicke Schicht ein. Die innere plexiforme Schicht ist 30 μ dick. Fast alle Zellen des Ganglion opticum liegen in der inneren plexiformen und in der Nervenfaserschicht.

Auf 1 mm² entfallen im Augengrunde 132 000 lichtempfindliche Elemente und 900 Ganglienzellen, in der Peripherie 36 000 lichtempfindliche Elemente und 200 Ganglienzellen.

Der Nervus opticus ist 0,75 mm dick. Seine dünne Scheide besteht vorwiegend aus Längsfasern, die in die TENONSche Kapsel, sowie in das Perichondrium der Sclera übergehen.

Die TENONSche Kapsel ist überall mit der Sclera durch feine Fasern verbunden. Vorn geht sie in die Propria der Conjunctiva sclerae über.

Die Augenmuskeln sind ebenso wie der Linsenmuskel schwach entwickelt. Der Rectus internus inseriert hinter, der Rectus externus vor dem Aequator, die Superiores und Inferiores am Aequator, die Insertionen der Obliqui sind von den betreffenden Recti teilweise überdeckt.

Der Lidspalt mißt, nach dem im Museum befindlichen Tiere berechnet, 21 mm Länge und 10 mm Höhe.

Die Lage des Auges ist derartig, daß seine Achse vollkommen lateral und horizontal gerichtet ist.

18. *Chimaera monstrosa* L.

Fig. 23 und 24.

Material: 2 Augen aus Bergen, fixiert in Formol-Alkohol-Eisessig. Das Tier war, nach einem Vergleichsexemplar aus dem Museum zu urteilen, etwa 70 cm lang.

Der Bulbus hat fast völlig die Gestalt eines 3-achsigen Ellipsoids. Er ist 35 mm lang, 31 mm hoch, die Bulbusachse 24 mm lang. Die Cornea stellt eine 27,5 mm lange und 21,6 mm hohe Ellipse dar. Ihr Scheitel liegt 2 mm vor dem Hornhautrande im horizontalen, 1,5 mm vor dem Hornhautrande im vertikalen Meridian. Der Aequator liegt 6 mm hinter dem seitlichen, 9 mm hinter dem oberen und unteren Cornealrande. Von einer Aequator-„Ebene“ kann man also hier nicht sprechen. Die Cornea hängt

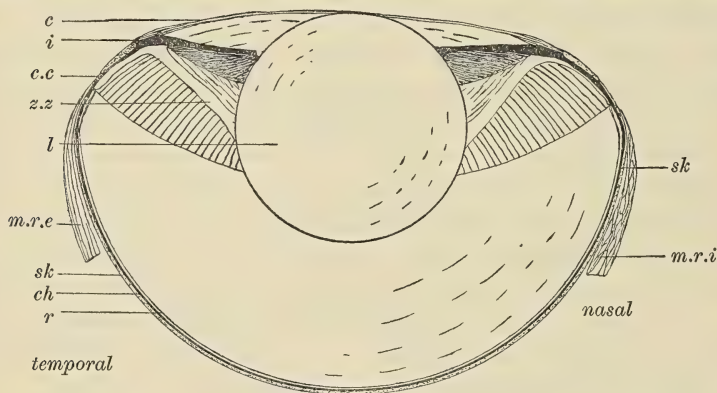


Fig. 23. *Chimaera monstrosa*, Horizontalschnitt. 2 : 1.

peripher mit der Iris zusammen und bildet dadurch mit ihr ein dorsal 1 mm, ventral 2,5 mm, nasal 0,5 mm, temporal noch weniger breites Ligamentum annulare. Sie enthält in diesen Teilen, namentlich ventral und nasal, auch zirkuläre Fasern. Im übrigen besteht dieser Teil dorsal und ventral aus feinen, welligen Radiärfasern. Dazwischen befindet sich der lamellöse Teil der Cornea, der nasal und temporal bis an den Rand der Sclera heranreicht. Er besteht aus etwa 40 Lamellen, unter denen stets dünnere mit dickeren regelmäßig abwechseln. Die Dicke der Cornea beträgt im Scheitel 150 μ , am Rande dorsal und ventral dürfte sie ebenso dick sein, was ich infolge ihrer starken lamellösen Zerklüftung in den Präparaten nicht sicher entscheiden kann. Nasal ist sie auf 600 μ , temporal auf 300 μ verdickt.

Der Skleraknorpel ist äußerst dünn und außen von einer, ihm an Dicke etwa gleichkommenden Faserschicht überzogen. Die Dicke des Scleraknorpels beträgt im Aequator dorsal $200\ \mu$, sonst $100\ \mu$, am Cornealrande ist er dorsal auf $350\ \mu$, ventral auf $210\ \mu$, nasal auf $200\ \mu$, temporal auf $260\ \mu$ verdickt. Vom Aequator bis zum Augengrunde ist sie im einen Auge im Horizontalschnitt durchgehends $50\text{--}70\ \mu$ dick, im anderen im Vertikalschnitt 90 bis $100\ \mu$. Es kommen also individuelle Variationen vor, denn sonst müßten die für die Dicke im Zentrum des Augengrundes von 2 verschiedenen Augen erhaltenen Zahlen übereinstimmen. An das nur sehr wenig nasal vom Zentrum gelegene Loch von $5\ \text{mm}$ Höhe für den durch den Knorpel hindurchtretenden Nervus opticus tritt die Sclera von oben $200\ \mu$ dick, von unten ohne Verdickung $70\ \mu$ dick heran. Der ganze Scleraknorpel ist außen von einer äußeren Faserschicht bedeckt, die dem Knorpel an Dicke etwa gleichkommt.

Daß eine Bulbusstütze vorhanden wäre, wird durch nichts wahrscheinlich gemacht. LEYDIG (56) erwähnt davon auch nichts.

Die Chorioidea weicht in ihrem Bau insofern von den übrigen Selachiern ab und ähnelt der von LEYDIG (58) beschriebenen Chorioidea des Störes, als sich nach innen vom Tapetum eine Choriocapillaris befindet, eine etwa nur $6\ \mu$ dicke Schicht, in der sich, durch Zwischenräume voneinander getrennt, kapillare Gefäße befinden, die plattgedrückt sind und mit ihrer Dicke die ganze Schichtdicke einnehmen.

Auf diese Choriocapillaris folgt das Tapetum lucidum. Es hört dorsal in $1\ \text{mm}$, nasal und temporal in $1,5\ \text{mm}$, ventral in $5\ \text{mm}$ Entfernung vom Corpus ciliare auf. Von LEYDIG (56) wird es als schön-glänzend beschrieben. Es scheint bei makroskopischer Betrachtung am fixierten Auge aus kleinen, sehr stark

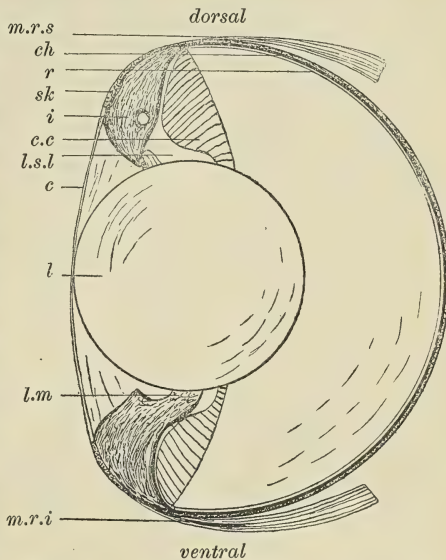


Fig. 24. *Chimaera monstrosa*, Vertikalschnitt. 2 : 1.

silberglänzenden Blättchen zu bestehen, die an der Innenseite der Chorioidea, zum Teil auch der Außenseite der Retina anhaften. Hierbei ist zu bemerken, daß bei der Lostrennung der Retina nicht, wie bei anderen Arten, das Retinaepithel an der Chorioidea haften bleibt, sondern daß vielmehr mit der Retina auch das Retinaepithel, die Choriocapillaris und zum Teil das Tapetum mitabreißen. Am dichtesten liegen die Silberplättchen auf einem breiten, die Mitte des Auges einnehmenden horizontalen Streifen, der vom oberen und unteren Retinarande 10 mm, vom vorderen und hinteren 2 mm entfernt ist. Hier liegen sie so dick, daß sie nach Lostrennung der Retina plus Choriocapillaris sowohl diese als auch die Chorioidea in ununterbrochener Lage decken können, während sie weiter peripher entweder nur der Retina oder nur der Chorioidea anhaften. Was den mikroskopischen Bau des Tapetums betrifft, so besteht die den Silberglanz abgebende Lage aus tangential liegenden, feinen, nicht färbbaren Blättchen, die in einer Schicht großer, rektangulärer Zellen enthalten sind und im Schnitt als Striche erscheinen. Dahinter befinden sich die von anderen Augen her bekannten, im Durchschnitt rechteckigen Zellen, deren Protoplasma nicht färbbar ist und deren zellige Natur bei dieser Art durch zuweilen in ihnen liegende Zellkerne nachweisbar ist. Zwischen diese Zellen schieben sich pigmentierte Fortsätze der dahinter liegenden schwarz pigmentierten Schicht, der Gefäßschicht. Die Fortsätze sind ziemlich schmal und stehen nicht sehr dicht. Im Augengrunde fehlen sie gänzlich, nach der Peripherie zu nehmen sie an Dichte zu.

Die Gefäßschicht enthält wenige größere, mit Blutkörperchen erfüllte Gefäße, zum Teil nur mit Endothelwandung, im übrigen ist sie auf eine schwarze Pigmentlage von gleicher Dicke reduziert. Eine Suprachorioidea fehlt. Die ganze Chorioidea ist mithin äußerst dünn.

Das Corpus ciliare wird durch eine 3—4 mm breite Zone radiärer Falten dargestellt, die sich größtenteils auf dem äußeren Teil der hinteren Irisfläche befinden und ungeteilt verlaufen. Sie gehören demnach eigentlich schon der Iris an, oder noch richtiger: Corpus ciliare und Iris bilden zusammen ein Ganzes. Die Radiärfaltenzone ist von einem gelatinösen Häutchen bedeckt. Dieses begibt sich dort, wo pupillarwärts die Falten aufhören, zum Linsenäquator, indem es den Glaskörper nach vorne abschließt. Dorsal ist es besonders stark.

Die Iris ist auf ihrer Vorderseite fleckig, schwarz und silberfarbig, die Silberfarbe ist am nasalen und temporalen Rande die herrschende, während der Pupille genähert das Schwarz vorherrscht. Sie ist dorsal 2,0 mm, ventral 3,6 mm, nasal 6,5 mm und temporal 7,0 mm breit und läßt eine ovale Pupille von 16 mm Höhe und 14 mm Breite offen. Dorsal und ventral berührt sie die Linse, während an den Seiten zwischen Linse und Iris ein schmaler Spaltraum bleibt. Auf Radiärschnitten zeigt die Iris plus Ciliarkörper im vertikalen Meridian einen dreieckigen Querschnitt infolge massiger Entwicklung, die Dicke der Iris beträgt hier am Cornealrande 2 mm, viel dünner ist sie im horizontalen Meridian: 0,5 mm. Eine in den der Cornea zugewandten Schichten befindliche Pigmentanhäufung, die wohl zu der nicht erhaltenen Argentea gehört, ist die wesentlichste histologische Differenzierung in der Iris. In der übrigen Iris befinden sich Pigment und Gefäße ziemlich verteilt. Das Pigmentepithel überragt den mesoblastischen Teil innen ein wenig und bildet dabei einen kleinen Sphincter.

Genau ventral ist diese Muskulatur verstärkt und dient als Linsenmuskel. Die Zone der Ciliarfalten ist hier nicht, wie sonst, nur 3,5 mm breit, sondern auf eine 7 mm lange Strecke 5 mm breit, wodurch erreicht wird, daß die mittelsten 3 Falten den am Irisrande sitzenden Linsenmuskel erreichen. Das Pigmentepithel ist hier etwa 1 mm weit auf die äußere Fläche der Iris umgeschlagen und gleichzeitig beide Blätter in einen Komplex von pigmentierten teils radiären, teils zirkulären Muskelfasern umgewandelt. Sie berühren die Linse eine Idee hinter dem Äquator und sind mit ihr durch das auch hier vorhandene, von den Ciliarfalten ausgehende gelatinöse Häutchen verbunden. Die der Iris und dem Linsenmuskel Blut zuführende Arterie ist in der Ciliarfaltenzone leicht zu erkennen, da sie eine 3 Falten oder 1,5 mm breite radiäre Erhebung verursacht. Bei einem von 2 Augen setzt sich diese auch in der Retina in eine entsprechende, radiäre, völlig unpigmentierte und von gewöhnlicher Retina bedeckte Erhebung fort, die erst in 3 mm Entfernung vom Corpus ciliare fehlt. Natürlich ist dies nicht etwa ein Processus falciformis. In einem zweiten Auge fehlt die Bildung.

Dorsal ist die Zone der Falten auf eine 1,5 mm breite Strecke so weit gegen den Pupillarrand verbreitert, daß die Falten 5 mm lang sind und bis auf 1,5 mm an den Pupillarrand herantreten. Hier ist das gelatinöse Linsenbändchen besonders verstärkt und bildet das sogen. Ligamentum sus-

pensorium lentis. Zugleich sind auch die Falten hier sowie in der Nachbarschaft des Linsenmuskels besonders stark.

Die Linse ist wenig abgeplattet, ihre Achse beträgt 1,4 mm, ihr Durchmesser 1,6 mm. Die Linsen kapsel ist 60 μ dick. Der vordere Linsenpol berührt den Hornhautscheitel.

Das Epithel der Pars optica retinae ist ein flaches, einschichtiges, völlig unpigmentiertes Pflasterepithel. Im Sinnesblatt sind die einzigen lichtpercipierenden Elemente Stäbchen, welche hier sehr schlank und dünn sind. Ihre Außenglieder sind 35 μ lang, die Innenglieder 10 μ . Die inneren 2 Drittel jedes Stäbchens sind heller als das äußere Drittel. Die Schicht der äußeren Körner beträgt 12 μ , die Zellkerne liegen in ihr etwa 5-schichtig. Die äußere retikuläre Schicht ist etwa 6 μ dick, dann folgt die 12 μ dicke Schicht der inneren Körner, von denen sich horizontale Fulcrumzellen nicht als besondere Schicht trennen lassen. Die innere plexiforme Schicht ist 35 μ dick, die Nervenfaserschicht nimmt von innen nach außen an Dicke ab. Die Ganglienzellen liegen in den beiden letzten Schichten zerstreut. Die MÜLLERSchen Stützfasern nehmen an Zahl von innen nach außen kontinuierlich ab. Jede besteht aus einzelnen Fasern, die umeinander spiralig gedreht sind. Mit ihren inneren verbreiterten Enden berühren sie einander und bilden so eine Limitans interna. Im Augengrunde finde ich auf 1 mm² Netzhaut 100 000 äußere Körner auf 600 Ganglienzellen, nach der Peripherie hin nur 60 000 äußere Körner auf 300 Ganglienzellen.

Der Sehnerv ist 1 $\frac{3}{4}$ mm dick. Die Fasern seiner Scheide, vornehmlich längs verlaufend, gehen am Bulbus zum Teil in zirkuläre Fasern über und befestigen sich besonders am Perichondrium des Scleraknorpels, wodurch sie zugleich das große Loch im Knorpel verschließen.

Die Muskeln sind schwach, am schwächsten die Obliqui und der Rectus superior, am stärksten der Rectus internus. Letzterer inseriert noch vor dem Aequator nahe dem Cornealrande, die übrigen etwa am Aequator.

Die an der Sclera durch feine Fasern befestigte TENONsche Kapsel ist nur zum kleinsten Teil erhalten.

Der elliptische Lidspalt mißt beim 70 cm langen Tier 30 mm Länge und 22 mm Höhe.

Das Auge liegt seitlich am Kopfe, seine Achse ist fast gar nicht nach vorn und aufwärts gerichtet.

II. Allgemeiner Teil.

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| 1) Retina | 11) Der Bulbus als Ganzes |
| 2) Chorioidea | 12) Gefäße |
| 3) Corpus ciliare | 13) Sehnerv |
| 4) Iris | 14) Augenmuskeln |
| 5) Linse | 15) TENONsche Kapsel |
| 6) Glaskörper und Zonula Zinnii | 16) Conjunctiva |
| 7) Accommodationsapparat | 17) Lidapparat |
| 8) Sclera | 18) Lage des Auges im Kopfe |
| 9) Bulbusstütze | Zusammenfassung |
| 10) Cornea | |

1. Retina.

MATTHIESSEN (65) behauptet, die Retina der Fische stelle eine mit der Linse konzentrische Kugelschale dar und weist mathematisch nach, daß sie in diesem Falle bei geeignetem Abstand vom Linsenzentrum mit der „theoretischen Retina“ (MATTHIESSEN, 63), d. h. dem Orte aller Punkte, in welchen auf die Linse parallel auffallende Strahlen gesammelt werden, zusammenfällt.

Messungen, durch welche obige Behauptung bewiesen würde, teilt MATTHIESSEN nicht mit, obwohl sie an den Schnitten durch gefrorene Augen, die MATTHIESSEN herstellte, möglich gewesen wären.

Ich habe versucht, derartige Messungen anzustellen, kam aber nicht zu sicheren Ergebnissen, denn einmal hatte ich kein frisches Material, zweitens durfte ich die mir zur Verfügung stehenden Augen nicht durch Gefrierenlassen für mikroskopische Zwecke verderben. Die Messungen, die ich an den bestkonservierten Augen anstellte, waren infolge häufiger Deformationen zu unsicher, um mitgeteilt zu werden. Selbst ein und dasselbe Auge ergab heute die, morgen jene Zahlen.

Aber auf andere Weise kann man sich leicht überzeugen, daß MATTHIESSENS Angabe bezüglich der Selachier nicht in vollem Umfange zutreffen kann. Denn da die Augen außer bei *Carcharias glaucus*, *Torpedo* und *Mustelus mustelus* nie die Form einer Kugel, sondern meist die eines Ellipsoids besitzen, und da die Retina in den lateralen Teilen nicht einem dickeren Chorioideapolster aufliegt, als dorsal und ventral, so muß auch die Form der Retina im allgemeinen nicht die einer Kugelfläche, sondern die einer Ellipsoidfläche sein.

Ferner scheint es stets, wie auch aus vielen Abbildungen hervorgeht, daß ein Horizontalschnitt durch das Auge die Retina in einem mit der Linse konzentrischen Kreise trifft, daß aber die Retinakrümmung im Vertikalschnitt stärker ist, die peripheren Netzhautpartien im vertikalen Meridian also der Linse näher liegen, als das Netzhautzentrum¹⁾). Bei Selachieraugen, deren Linse von der Hornhaut entfernt liegt, gilt dies am ehesten, wenn man sich die Linse nach Dilatation der Pupille bis zur Berührung mit der Cornea nach vorn gerückt denkt, welche Lage sie dann wahrscheinlich immer einnimmt²⁾). Da MATTHIESSEN wahrscheinlich gleich den älteren Tieraugen-Anatomen, z. B. SÖMMERING (94), das Auge wesentlich nur im Horizontalschnitt untersucht hat, so erklärt sich die Ungenauigkeit seiner Angabe.

An seinem Nachweis, daß die Entfernung der Retina von der Linse dem Abstände der theoretischen Retina entspricht, ist, soweit nur der horizontale Meridian der Retina in Betracht kommt, kein Zweifel. Die Ungenauigkeit in diesem Resultate MATTHIESSENS, die auf der falschen Annahme eines emmetropen Fisch- auges beruht, war zu gering, um die Evidenz des Ergebnisses zu vermindern.

Ferner stellte MATTHIESSEN (69) fest, daß infolge der bei Fischen ziemlich konstanten Form und der konstanten Brechungskoeffizienten, über welche Näheres im Kapitel „Linse“ zu ersehen ist, auch das Verhältnis des Retinakrümmungsradius zum Linsenkrümmungsradius einen ziemlich konstanten Wert haben muß, der zwischen 2,20 (Wels) und 2,82 (Hecht) schwankt und im Mittel 2,52 beträgt. Er stellte daraufhin sogar den Begriff des „schematischen Fisch- auges“ auf, das von seiner Größe unabhängig und eben durch jenes Verhältnis definiert wäre. Messungen, die ich hierzu an den am besten konservierten Augen unter der Annahme, daß die Linse stets den Hornhautscheitel berührt, anstellte, sind zwar aus den oben genannten Gründen weniger genau, sie bestätigen aber die Angabe MATTHIESSENS hinreichend bezüglich der Selachier, s. Tabelle p. 759.

1) Diese hier als Vermutung ausgesprochene Angabe wurde inzwischen in der Bergenser Biologischen Station durch metrische und ophthalmoskopische Ausmessung des Selachierauges bestätigt, worüber baldige Mitteilung erfolgen soll.

2) Die letztere Vermutung wurde gleichfalls bestätigt.

	Name	Halbe Linsen- achse in mm	Abstand des Retinazentrums vom Linsen- zentrum in mm	Verhältnis des Retinaabstandes zur halben Linsenachse
1	<i>Acanthias acanthias</i>	4,8	12,5	2,6
2	<i>Mustelus laevis</i>	2,5	7,9	3,2
3	<i>Scyllium canicula</i>	2,9	6,0	2,1
4	<i>Squatina squatina</i>	1,9	3,7	1,9
5	<i>Torpedo</i>	1,1	2,2	2,0
6	<i>Raja batis</i>	1,9	5,0	2,6
7	<i>Spinax spinax</i>	3,6	9,2	2,6
8	<i>Chimaera monstrosa</i>	7,0	16,0	2,3
	Mittel			2,4
	Mittel bei Teleostiern nach MATTHIESSEN			2,52

Um zu rekapitulieren, so gilt für das Selachierauge zweierlei:

1) Die Retina bildet im Horizontalschnitt — nicht in anderen Schnitten — einen konzentrischen Kreis um die Linse.

2) Aus dem Verhältnis vom Linsenradius zum Netzhautradius folgt, daß die Retina im Horizontalschnitt, nicht in anderen Teilen, mit der theoretischen Retina zusammenfällt, d. h. geeignet ist, scharfe Bilder zu empfangen.

Welchen Zweck haben diese Eigentümlichkeiten des Fisch-
auges?

Zur Beantwortung dieser Frage kommen wir, allerdings auf
weiten Wegen, durch einen Vergleich des Fischauges mit dem
menschlichen Auge. Wir stoßen auf folgende Vergleichspunkte:

1) In beiden gibt es eine Region des schärfsten Sehens,
im menschlichen die Macula lutea, im Fischauge den horizontalen
Meridian.

2) Im menschlichen Auge liegt ähnlich wie im Fisch-
auge die Netzhautperipherie der Linse näher als das
Netzhautzentrum, und nur das Kugelsegment von 25° Öff-
nungswinkel, dessen Radius gleich der Augenachse ist, fällt mit
der theoretischen Retina zusammen (MATTHIESSEN, 63), auf der
übrigen Retina können nur Zerstreuungskreise erzeugt werden.

3) Im menschlichen Auge ist die Größe der Netz-
haut-Innervationskreise in der Fovea geringer, die

Empfindung also viel distinkter als in der übrigen Netzhaut (GREEFF, 33), und dasselbe macht CHIEVITZ (20) für Säugetiere wahrscheinlich. Entsprechendes konnte ich für Selachier nachweisen. Die Größe der Innervationskreise ist umgekehrt proportional der Zahl der auf 1 mm² entfallenden Zellen des Ganglion opticum.

Beide Zahlen sind in der folgenden Tabelle enthalten:

	Name	Zahl der Ganglienzellen im mm ²		Größe der Innervationskreise in μ^2	
		im Augen- grunde	in der Netzhaut- peripherie	im Augen- grunde	in der Netzhaut- peripherie
1	Mustelus	9000	5000	110 μ^2	200 μ^2
2	Torpedo	5000	2500	200 μ^2	400 μ^2
3	Centrina centrina	3600	3400	280 μ^2	300 μ^2
4	Raja batis	1500	2000	670 μ^2	500 μ^2
5	Galeus galeus	1500	1500	670 μ^2	670 μ^2
6	Scyllium canicula	1500	1000	670 μ^2	1000 μ^2
7	Acanthias acanthias	1500	700	670 μ^2	1400 μ^2
8	Squatina squatina	1400	1800	710 μ^2	530 μ^2
9	Acanth. blainvilli	1200	1200	830 μ^2	836 μ^2
10	Spinax spinax	900	200	1100 μ^2	5000 μ^2
11	Chimaera monstrosa	600	300	1700 μ^2	3400 μ^2

Man sieht, daß im Durchschnitt die Zahl der auf 1 mm² entfallenden Ganglienzellen und damit die Größe des Distinktionsvermögens vom Netzhautzentrum zur Peripherie abnimmt; nur Squatina und Raja machen hierin Ausnahmen, diese aber sind möglichenfalls nur scheinbare, denn keineswegs liegt jede Ganglienzelle über den zugehörigen perzipierenden Elementen, viele Ganglienzellen vielmehr liegen im Sehnerveneintritt, und diese sind in der Berechnung gar nicht berücksichtigt. Außer dieser Ungenauigkeit liegen andere Ungenauigkeiten noch entweder in der Vollrechnung halbirter Kerne bei zu dünnen Schnitten, oder in der Nichtrechnung von Kernen, die durch andere in zu dicken Schnitten verdeckt sind, und auch in den ungenauen örtlichen Bestimmungen „im Augengrunde“ und „in der Retinaperipherie“.

Die angegebenen Werte können daher nur als ungefähr richtige gelten, sie genügen aber durchaus, um das Prinzip zu lehren und die Ausnahmen von Squatina und Raja widerlegen nicht die Regel.

Bezüglich der Physiologie des menschlichen Auges ist nun von AUBERT (3) durch genaue Messungen erwiesen worden, daß

die Bewegungsempfindung der Netzhautperipherie viel feiner ist als das Distinktionsvermögen desselben. Er sagt ferner, daß (p. 362), „wenn ein Punkt im . . . Gesichtsfelde fixiert wird und das Bild des bewegten Objektes auf eine außerhalb der Fovea centralis gelegene Netzhautstelle fällt, (ebenfalls) die Winkelgeschwindigkeit des bewegten Objektes größer sein muß, wenn eine Bewegungsempfindung eintreten soll“. (Gemeint ist größer als wenn das Bild des bewegten Objektes in die Fixierstelle fällt.) (p. 363) „Je weiter die peripherische Netzhautstelle von der Fixierstelle entfernt ist, um so größer muß die Geschwindigkeit des Objektes sein.“ Also liegt eine Netzhautstelle entfernter vom Netzhautzentrum als eine andere, so ist zwar ihre Bewegungsempfindung ebenso wie ihr Formensinn absolut schwächer, stärker ist sie nur relativ, nämlich insofern, als sie weniger stark geschwächt ist als der Formensinn oder, was dasselbe ist, das Distinktionsvermögen.

Wie kann diese Eigentümlichkeit des menschlichen Auges zustande kommen?

Erstens: Das Distinktionsvermögen, als die Fähigkeit, mehrere getrennte Punkte getrennt zu sehen, kann proportional

$\frac{1}{\varrho^2}$, die Bewegungsempfindung im Sinne AUBERTS aber proportional $\frac{1}{\varrho}$ gesetzt werden, wenn ϱ^2 ein Maß für die Fläche eines

Innervationsbezirks bezeichnet. Denn das Distinktionsvermögen wächst mit der Verkleinerung des Innervationsbezirks, die Bewegungsempfindung aber mit der Zahl der in einer Richtung nebeneinander liegenden Innervationsbezirke, die das sich in irgend einer Richtung bewegende Bild auf der Flächeneinheit überstreicht. So kann man es sich erklären, daß bei vergrößerten Innervationsbezirken das Distinktionsvermögen schneller abnimmt als der Bewegungssinn.

Zweitens: Außer der Größe der Innervationsbezirke kommt für die Netzhautperipherie die Größe der durch Verkürzung des Retinaabstandes von der Linse hervorgerufenen Zerstreuungskreise in Betracht. Was deren Wirkung betrifft, so kann ich zwar nicht EXNER (27) beistimmen, welcher meint, daß Zerstreuungskreise im Netzhautbilde das Sehen von Bewegungen deshalb begünstigen, weil, wenn sich ein Zerstreuungskreis im Netzhautbild bewegt oder verändert, von der Veränderung des Bildes mehr lichtperzipierende Elemente getroffen würden, als wenn die Veränderung nur einen Punkt beträfe. Was EXNER vergißt, ist

die Tatsache, daß durch den Zerstreuungskreis zwar mehr Elemente affiziert werden, als wenn die Strahlen in einem Punkte gesammelt würden; daß aber dafür jedes Element von einer entsprechend geringeren Lichtmenge getroffen wird. Wird ein Zerstreuungskreis vom Radius r um die Strecke l verschoben, so ist der dadurch bewirkte Reiz R proportional der Größe des Rechteckes $2rl$, und umgekehrt proportional der Lichtstärke im Zerstreuungskreise, d. h. umgekehrt proportional r^2 . Es ist also der Reiz $R = c \cdot \frac{lr}{r^2} = c \cdot l \cdot \frac{1}{r}$, wenn c den Proportionalitätsfaktor

bezeichnet. Das heißt, der durch die Veränderung im Netzhautbilde erzeugte Reiz ist um so größer, je kleiner der Radius des Zerstreuungskreises, am größten also, wenn die Strahlen keinen Zerstreuungskreis, sondern ein scharfes Bild erzeugen. Es ist also falsch, mit EXNER zu sagen, daß Zerstreuungskreise das Sehen von Bewegungen direkt begünstigen.

Folgendes aber dürfte zutreffend sein: Die Bewegungsempfindung ist, wie eben bewiesen, proportional $\frac{1}{r}$, das Distinktionsvermögen jedoch, als die Fähigkeit, mehrere Punkte getrennt zu sehen, wächst mit der Verkleinerung des Zerstreuungskreises, ist also proportional $\frac{1}{r^2}$, d. h. daß bei Vergrößerung des Zerstreuungskreises der Formensinn schneller abnimmt als der Bewegungssinn. Größere Zerstreuungskreise haben also dieselbe Wirkung wie größere Innervationsbezirke.

So sehen wir, daß in der Netzhautperipherie durch das Auftreten von Zerstreuungskreisen, sowie durch vergrößerte Innervationsbezirke zwar das gesamte Sehvermögen herabgesetzt wird, daß aber der Formensinn viel mehr zurücktritt als das Sehen von Bewegungen. (Es ist alsdann auch sehr wohl denkbar, was PÜTTER (82) annimmt, daß in den Augen der Wassersäugetiere die Fähigkeit, Bewegungen zu sehen, in den Vordergrund träte. Ich schließe dies aber aus der erheblichen Größe der Innervationskreise bei Wassersäugetieren, die nach PÜTTER 99710 μ^2 bis 76920 μ^2 beträgt, nicht, wie PÜTTER, aus der großen Zahl der auf eine Nervenfasern entfallenden lichtperzipierenden Elemente. Die Koinzidenz der letzteren mit dem Zurücktreten des Formensinnes gegenüber dem Bewegungssinn ist beim Menschen zwar augenfällig, dasselbe gilt aber auch von den vergrößerten Innervations-

kreisen, und letztere ermöglichen es, diese Koinzidenz nicht nur zu konstatieren, sondern auch zu erklären. Auf anderem Wege wie PÜTTER komme ich also zu ähnlichem Ergebnis. Nur müssen wir uns dabei gegenwärtig halten, daß dieses vorwiegend zum Sehen von Bewegungen geeignete Auge der Wassersäugetiere als Auge überhaupt viel geringer zu bewerten ist als das zum Formensehen geeignete Auge. Ich stimme also nicht PÜTTER bei, wenn er sagt, als Bewegungssinnesorgan sei (p. 355) „die Netzhaut eines Wales vollkommener gebaut als die Netzhautperipherie des Menschen“, sondern ich kann nur annehmen, daß der Bewegungssinn des Wales im Verhältnis zum Formensinn mehr in den Vordergrund tritt.)

Drittens: Bei Tieren, in deren Auge eine Stelle des schärfsten Sehens ausgebildet ist, wie sie die Macula des Menschen, sowie der horizontale Meridian im Fischauge darstellt, kommt noch ein drittes Moment rein psychischer Art hinzu, wodurch die Netzhautperipherie zum Sehen von Bewegungen geeignet wird. Wir sind nämlich gewohnt, wenn wir eine Reihe von ruhenden Gegenständen vor uns haben und uns dann über unsere Umgebung orientieren wollen, einen Punkt nach dem anderen zu fixieren und, solange wir jeden fixieren, diesem allein unsere Aufmerksamkeit zu widmen. Alles andere interessiert uns in dieser Zeit nicht, wir sind daher nicht gewohnt und haben es, wie in allen derartigen Fällen, deren die Psychologie viele lehrt, mehr und mehr verlernt, die anderen Gegenstände gleichzeitig mit der Schärfe, die physiologisch möglich wäre, zu sehen. Von den momentan nicht fixierten Gegenständen nimmt nur dann einer unser großes Interesse in Anspruch, wenn er sich plötzlich verändert oder bewegt. Daher ist auch infolge unserer Gewöhnung die Fähigkeit, mit der Netzhautperipherie Bewegungen wahrzunehmen, viel mehr geschärft als das Distinktionsvermögen der Netzhautperipherie.

Wir haben somit erklärt, durch welche Bedingungen im menschlichen Auge die Netzhautperipherie zum Sehen von Bewegungen tauglicher wird als zum Formensehen, wir finden entsprechende Bedingungen im Selachierauge wieder und können daher schließen, daß die zum Formensehen schlecht geeigneten dorsalen und ventralen Netzhautpartien vornehmlich zur Wahrnehmung von Bewegungen im augenblicklich nicht fixierten Teil des Gesichtsfeldes dienen.

Leicht läßt sich nun noch erklären, warum die Region des schärfsten Sehens bei Selachiern in der Horizontalebene liegt. In dieser Ebene liegt ja die hauptsächlichste Bewegungsrichtung und daher auch die Hauptblickrichtung des Fisches. Indem die Stelle des schärfsten Sehens gerade in die Hauptblickrichtung verlegt ist, gleicht das Selachierauge dem Auge des Menschen. Wenn wir aber im Selachierauge keine eng umschriebene Macula, sondern eine streifenförmige Region des schärfsten Sehens vorfinden, so wird diese erfordert durch die geringe Beweglichkeit des Fischkopfes, ermöglicht durch die Periskopie der Fischlinse. Die streifenförmige Region des schärfsten Sehens kann auch ungezwungen in Parallele gesetzt werden mit der streifenförmigen Area, die nach CHIEVITZ (21) manchen Tieren, z. B. dem Pferde, zukommen soll. Auch beim Menschen ist nach AUBERT und FÖRSTER (4) diejenige Netzhautstelle, mit der man Zahlen von einer gewissen Größe zu erkennen vermag, kein Kreis, sondern eine Ellipse mit horizontalem größten Durchmesser.

Die bereits weitläufig besprochene Größe der Innervationskreise ist noch in einer anderen Hinsicht interessant und wichtig, denn sie gestattet einen direkten Schluß auf die Sehschärfe des Tieres. Aus meinen Zahlen folgt, daß die Größe des Innervationskreises im Augengrunde zwischen 110 und 1700 μ^2 schwankt, in der Peripherie zwischen 200 und 3400 μ^2 . Diese Zahlen sind sehr gering und lassen vermuten, daß die Sehschärfe der Selachier derjenigen des Menschen nahekommt. Denn beim Menschen gelten folgende Zahlen:

Zahl der Ganglienzellen im mm ²		Größe der Innervationsbezirke in μ^2	
in der Area centralis	in der Netz- hautperipherie	in der Area centralis	in der Netz- hautperipherie
9000—13 000 nach GREEFF (33)	759 nach PÜTTER	110—77 zufolge GREEFF	1320 nach PÜTTER
50 000 nach PÜTTER (84)		20 nach PÜTTER	

Eine strikte Abhängigkeit der Sehschärfe von irgend welchen äußeren physikalischen Bedingungen läßt sich nun bei den Selachiern weder erwarten noch nachweisen. Die Sehschärfe variiert eben je nach der Species, und sie kann verschieden groß sein bei Arten, die

bei gleicher Helligkeit zu sehen haben. Es ist aber bemerkenswert, daß unter den tagesmunteren Arten der höchste Grad der Sehschärfe gefunden wird (*Mustelus*), daß ferner bei den in großen Tiefen lebenden Arten (*Spinax*, *Chimaera*) die Sehschärfe am schwächsten ausgebildet ist. Daraus folgt, daß die Sehschärfe wenigstens bis zu einem gewissen Grade eine Funktion der Lichtmenge, die den Fischen zur Verfügung steht, ist ¹⁾.

Auch hinsichtlich des Lichtsinnes sind die Selachieraugen interessant. Die folgende Tabelle zeigt, daß die Zahl der auf

1) Man müßte noch genauere Werte für die Sehschärfe erhalten, wenn man sich mit LEUCKART (55, p. 180) daran erinnert, daß in größeren Augen das Netzhautbild größer ist und daher auf mehr Nervenfasern entfällt als in kleineren. Das Netzhautbild ist dann offenbar proportional dem Quadrate des Retinaabstandes vom Linsenzentrum, und das Produkt dieser Zahl und der Zahl der auf 1 mm² entfallenden Ganglienzellen liefert das Maß der Sehschärfe. Was bei derartigen Berechnungen herauskommt, möge die folgende Tabelle lehren:

	Name	Quadrat des Retina- abstandes	Zahl der Gan- glienzellen im Augengrunde	Produkt beider Zahlen = Maß für die Sehschärfe
1	<i>Mustelus</i>	62	9000	550 000
2	<i>Chimaera monstrosa</i>	256	600	150 000
3	<i>Spinax spinax</i>	84,6	900	75 000
4	<i>Scyllium canicula</i>	36	1500	54 000
5	<i>Raja batis</i>	25	1500	37 000
6	<i>Acanthias acanthias</i>	165	1500	24 000
7	<i>Torpedo</i>	4,8	5000	24 000
8	<i>Squatina squatina</i>	14	1400	20 000

Die Tabelle kann nur dazu beitragen, das oben gewonnene Ergebnis, nämlich die Abhängigkeit der Sehschärfe von der Lichtmenge, die den Tieren zur Verfügung steht, zu trüben. Ihr Ausfall hängt offenbar sehr wesentlich von der Größe der Augen ab, die der Zufall dem Forscher in die Hände spielt. Denn die Retina wächst wahrscheinlich nur an ihrer Peripherie, und die Nervenzellen dürften im Augengrunde bei jüngeren Tieren kaum dichter liegen als bei älteren. Hieraus folgt allerdings, daß jüngere Tiere weniger scharf sehen als ältere. Wenn beim Menschen noch nichts derartiges bekannt geworden ist, so liegt dies wahrscheinlich daran, daß das menschliche Auge schon vom 4. Jahre ab nur noch sehr wenig (nämlich 3,8 mm) an Achsenlänge zunimmt (WEISS 107) und Messungen über die Sehschärfe (das Distinktionsvermögen ohne Rücksicht auf Emmetropie, Myopie oder Hypermetropie) nur noch sehr wenige vorliegen.

1 mm² entfallenden lichtperzipierenden Elemente bei verschiedenen Tieren eine sehr verschiedene ist.

	Name	Zahl der lichtperzipierenden Elemente	
		im Augengrunde	in der Netzhautperipherie
1	Raja batis	10 800	7 600
2	Torpedo	21 600	15 500
3	Acanthias blainvilli	24 000	24 000
4	Acanthias acanthias	30 000	12 000
5	Scyllium canicula	59 400	39 600
6	Squatina squatina	65 000	62 600
7	Centrina centrina	65 000	50 000
8	Mustelus	70 000	50 000
9	Galeus galeus	75 000	25 000
10	Spinax spinax	132 000	36 000
11	Chimaera monstrosa	100 000	60 000

Die Schwankungen nach den Species sind hier wiederum ziemlich groß, es ist aber gewiß kein Zufall, daß niedrige Zahlen von lichtperzipierenden Elementen in der Flächeneinheit sich gerade bei Raja und Torpedo, also bei den aufwärts blickenden Plattfischen, demnächst bei Acanthias, also bei Taghaien finden, während die größten Zahlen bei den in großen Tiefen lebenden Arten Spinax und Chimaera vorkommen. Da diese Tatsachen weder für die Sehschärfe noch für den Bewegungssinn von Wichtigkeit sein können, so kommt man zu dem Schlusse, daß in der größeren Zahl der Elemente ein Mittel zur Verstärkung des Lichtsinnes, also eine für das Sehen bei schwacher Beleuchtung sehr wesentliche Eigenschaft liege. Die gleiche Beobachtung und Schlußfolgerung vermeldet schon PÜTTER bezüglich der Wassersäugetiere, und er versucht auch, die so bewirkte Erhöhung der Lichtempfindlichkeit physiologisch zu erklären. Ich kann also nur das Ergebnis PÜTTERS bestätigen, und zwar gerade bei der Klasse der Fische, für die PÜTTER noch angab, daß ihnen die fragliche Eigentümlichkeit zu fehlen scheint. Was die Verteilung der Grade der Lichtempfindlichkeit auf der Netzhaut betrifft, so lehrt die Tabelle, daß die Lichtempfindlichkeit gleich dem Distinktionsvermögen vom Netzhautzentrum nach der Peripherie hin abnimmt.

Ueber den Farbensinn der Retina läßt sich nur so viel sagen, daß dieser, nach der Verteilung von Stäbchen und Zapfen zu urteilen, hinter dem Unterscheidungsvermögen für Helligkeiten bedeutend zurücksteht. Denn sicher ist stets die Zahl der Zapfen

viel geringer als die der Stäbchen. Es gelingt überhaupt nur schwer, Stäbchen neben den Zapfen zu erkennen. Sicher nachweisen konnte ich sie nur bei *Mustelus* (Taf. XXIX, Fig. 8), wo sie schon von KRAUSE (49), W. MÜLLER (74) und SCHAPER (89) gesehen wurden, und bei *Squatina* (Taf. XXIX, Fig. 7), wahrscheinlich machen für *Spinax*. Bei *Scyllium* wurden sie durch KRAUSE (49) nachgewiesen. Das Ueberwiegen der Stäbchen steht natürlich im Zusammenhang mit dem Sehen unter Wasser, d. h. bei schwächeren Beleuchtungen, bei denen das Farbenspektrum bekanntlich erheblich kürzer ist als im gewöhnlichen Tageslicht.

Ich komme hier auf die neuerdings von HESSE (41) aufgestellte Hypothese zu sprechen, nach welcher die von der YOUNG-HELMHOLTZschen Dreifarben-theorie [HELMHOLTZ, 37] geforderten drei verschiedenen Arten von farbenempfindlichen Elementen gefunden sein sollen, und zwar in gewissen Spiralfasern, die die lichtperzipierenden Elemente umspinnen, und deren Neurofibrillennatur und Dreizahl wahrscheinlich gemacht wird. So viel Bestechendes nun diese Hypothese hat, so glaube ich doch, daß gerade die Selachier nicht für dieselbe sprechen. Während nämlich bei den meisten Wirbeltieren diese Farbenperzeptoren von HESS an den Zapfen gezeigt werden, finden sie sich nach ihm bei den Selachiern und zum Teil auch bei den Telostiern an den Stäbchen, diese aber haben nach alter, wohlbegründeter, auch von HESSE angenommener Annahme mit dem Farbensinne überhaupt nichts zu tun und repräsentieren vielmehr den Helldunkelapparat. Diese letztere Annahme wird zwar neuerdings durch FRITSCH (30), der bei Vögeln farbige Fetttröpfchen auch in Stäbchen findet, in ihrer Vollgültigkeit nicht bestehen gelassen, darin aber findet die HESSESche Theorie keineswegs eine Stütze, da ja eben FRITSCH ganze Retinaelemente, nicht, wie HESSE, Teile von solchen als Farbenperzeptoren auffassen zu müssen glaubt. Unwahrscheinlich erscheint mir die Annahme, zu welcher HESSE seine Zuflucht nimmt, daß die Spiralfasern der Stäbchen ein Dreifarben-Weiß zur Perzeption brächten; denn im Gegensatz zu HESSE trage ich kein Bedenken, die Helldunkelempfindung von der Farbenempfindung für prinzipiell ebenso verschieden zu halten, wie die Schwingungszahl des Lichtes vor der Schwingungsamplitude, oder die Farbe von der Lichtstärke physikalisch verschieden ist.

Die durch NEUMAYER (76) in der Selachierretina nachgewiesenen LANDOLTSchen Keulen konnte ich zwar wahrscheinlich machen

(Squatina), aber nicht absolut sicher erkennen. Ihre Funktion ist unbekannt. Leider bleibt für mich eine Äußerung von NEUMAYER gänzlich unverständlich. Nach diesem sollen die LANDOLTSchen Keulen stets bei den Tieren auftreten, bei denen, wie z. B. bei Selachiern, das Zahlenverhältnis der Stäbchen und Zapfen zu Gunsten der einen von beiden variiert. „Sie scheinen sowohl für die Stäbchen als auch für die Zapfen als deren Ersatz im Raume aufzutreten.“

Die Verlagerung von Nervenzellen in die Nervenfasern- und innere plexiforme Schicht, die geringe Mächtigkeit der äußeren plexiformen Schicht und die Schicht der Horizontalzellen, welche zu den Haupteigentümlichkeiten der Selachierretina gehören, ermangeln noch der Erklärung hinsichtlich ihrer funktionellen Bedeutung. Ueber die Bedeutung der horizontalen Zellen sind zwar schon verschiedene Vermutungen ausgesprochen. Sie stellen nach SCHIEFERDECKER (90) und NEUMAYER (76) einen Befestigungs- oder Stützapparat dar, andere, wie DOGIEL (25) und RAMON Y CAJAL (17) erklären sie für nervöse Elemente. Worauf ihre eigentümliche Ausbildung im Selachierauge beruht, ist bislang noch nicht zu ermitteln gewesen. Bemerkenswert ist, daß sie bei den in großen Tiefen lebenden Arten *Spinax* und *Chimaera* nicht als gesonderte Schicht von den inneren Körnern zu scheiden sind.

Die radialen Stützfasern lassen bei *Chimaera*, weniger deutlich bei *Acanthias* erkennen, daß jede Stützfasern aus einer Anzahl schwach spiralig umeinander gewundener Fasern besteht. Der spiralige Bau, auf dessen Bedeutung in der Botanik häufig, in der Zoologie in einzelnen Fällen von KRUMBACH (50) hingewiesen worden ist, bezweckt die Erhöhung der Elastizität. Die spiralig gebauten Stützfasern wirken im Prinzip so wie Sprungfedern und garantieren dafür, daß die Retina nach vorübergehenden schwachen Deformationen durch Schwankungen des intraokularen Druckes ihre ursprüngliche Form und Dicke wiedererhält.

Die Zahl dieser Fasern nimmt von der Sehnerveneintrittsstelle nach außen hin kontinuierlich ab.

Ihre verbreiterten Enden vereinigen sich zu einer, allerdings keineswegs in allen Schnitten erkennbaren äußerst dünnen Membrana limitans interna. Diese ist es wahrscheinlich, in welcher das Häutchen, welches das Corpus ciliare bedeckt und die Zonula Zinnii bildet, im Zusammenhang steht. Hierüber im Kapitel „Glaskörper und Zonula“.

Das Außenblatt der Retina ist im Bereich der Pars optica retinae stets ein sehr flaches, unpigmentiertes einschichtiges Epithel. Diese Eigenschaft kommt ihm zweifellos deshalb zu, weil es das auf der Netzhaut fallende Licht hindurchlassen soll, so daß es vom Tapetum lucidum reflektiert wird und die Netzhaut zum zweiten Male trifft. Wenn NEUMAYER (76) es als pigmentiert beschreibt, so hat er offenbar Zellen aus dem Bereich der alleräußersten Netzhautperipherie vor sich gehabt, in diesen findet sich tatsächlich Pigment, welches in der Pars ciliaris im Außenblatte, in der Pars iridiaca in beiden Blättern regelmäßig auftritt.

Fortsätze der Zellen des Außenblattes konnte ich nicht sicher konstatieren, da ich sie von abgerissenen Stäbchenaußengliedern nicht sicher unterscheiden konnte. Ihr Zweck wäre mir unverständlich, da sie natürlich auch kein Pigment enthalten, wie die physiologisch wichtigen Fortsätze des Pigmentepithels vieler Tiere. Das Vorhandensein der Fortsätze kann gleichwohl nicht geleugnet werden, da sie neuerdings von RETZIUS (86) genau beschrieben sind.

RETZIUS beschreibt ferner eigentümliche Zellen mit langen Fortsätzen zwischen den polyedrischen Zellen des Retinaepithels.

2. Chorioidea.

An der Chorioidea der Selachier lassen sich von innen nach außen folgende 4 Schichten unterscheiden:

- 1) ein Endothel,
- 2) ein Tapetum lucidum,
- 3) eine Vasculosa,
- 4) eine Suprachorioidea.

Abweichungen von diesem Schema kommen nur vor, insofern vor dem Tapetum kein Endothel, sondern eine Choriocapillaris liegen kann (Chimaera und Torpedo), und insofern die Suprachorioidea häufig fehlt. Stets fehlt eine Argentea der Chorioidea, während sie in der Iris vorhanden ist.

Endothel und Tapetum (Taf. XXIX, Fig. 6).

Wo die Choriocapillaris fehlt, folgt auf die Retina außen das Tapetum lucidum, nur bedeckt von einem stets einschichtigen, aus sehr flachen Zellen bestehenden Endothelhäutchen (e), das wahrscheinlich mit der „hellen homogenen Haut“ LEYDIGS (57) und der „Glashaut“ BERGERS (10) identisch ist, in welchem ich aber stets Zellkerne nachweisen konnte. Nach innen zu scheint

dieses Endothel eine äußerst feine Cuticula abzuscheiden, die sich bei VAN GIESON-Färbung rot tingiert, im Gegensatz zu den gelb gefärbten Zellen.

Beim Studium des Tapetum fällt meist zuerst auf, was bisher nur SCHAPER (89) beschrieb, daß „das Pigment der innersten Zone in säulenartigen geraden Zügen gruppiert“ ist, die in regelmäßigen Abständen angeordnet sind und zur Oberfläche der Epithelschicht in einem spitzen Winkel verlaufen. Dieses Verhalten finde ich mit SCHAPER häufig über die ganze Retina verbreitet, häufig aber stehen in meinen Präparaten im Augen Grunde die Züge des Pigments nicht in einem spitzen Winkel gegen die Retina, sondern laufen ihr fast oder völlig parallel. Wahrscheinlich aber ist dies nur eine Folge postmortaler Veränderungen, und es ist anzunehmen, daß sie in vivo sogar senkrecht zur Retina stehen. 3 μ dünne Schnitte von *Squatina* ließen erkennen, daß diese Pigmentzüge (*p.z.*) die Fortsätze von Pigmentzellen sind, die in einer nach außen von den Pigmentzügen folgenden Schicht (*p.z.z.*), der „Pigmentlage“ LEYDIGS, tangential zusammengelagert sind. Bei sehr dünner Chorioidea ist die Pigmentlage von der stark pigmentierten Vasculosa nicht zu trennen (*Chimaera*). An Stelle der säulenförmigen Pigmentzüge erscheinen stellenweise (*Torpedo*) breite Pigmentkluxe; diese sind die Flächenbilder, die säulenförmigen Züge die Querschnittsbilder der Pigmentfortsätze, die mithin flächenartig sind. Die Räume zwischen den Pigmentfortsätzen werden durch rektanguläre Zellen erfüllt, deren zellige Natur ich durch das Auffinden von Kernen bei *Chimaera* nachweisen konnte. Sie sind meist wasserhell, selten mit nicht färbbaren, gelblichgrauen, zum Teil nadelförmigen Massen erfüllt. Diese sind zweifellos die irisierenden Kristalle (*Scyllium*) oder deren Reste (*Spinax*, *Chimaera*), ihr häufiges Fehlen dürfte auf die Einwirkung der Fixierungsflüssigkeiten zurückzuführen sein. So könnte man meine Beobachtungen mit den Mitteilungen LEYDIGS und BERGERS, daß das Tapetum aus Kristalle enthaltenden Zellen bestehe, am besten in Einklang bringen. Und wenn LEYDIG über das makroskopische Aussehen des Tapetum sagt, das Tapet bestehe aus goldgrünen, herrlich schimmernden Schüppchen von meist länglicher Gestalt, sich dachziegelförmig deckend, dazwischen stellenweise kleine, schwarze Lücken, so sind die schwarzen Lücken, die ich sehr ähnlich bei *Acanthias* beobachtete, eben die zwischen die kristallhaltigen Zellen hindurchtretenden Fortsätze der dahinter liegenden Pigmentzellenschicht.

Fehlt die Choriocapillaris, so wird sie ersetzt durch kleine, dünnwandige, im Tapetum liegende Gefäße (*g*), deren Wand nur aus einem Endothel besteht, die das Tapetum durchsetzen und bis an das Endothel der Chorioidea treten. Letzteres steht dann im Zusammenhang mit dem Gefäßendothel. Häufig verbreitet sich der Querschnitt des Lumens unter dem Endothel der Chorioidea T-förmig.

Choriocapillaris.

Die Choriocapillaris kommt zu stande, wenn diese Gefäße an der Innenseite des Tapetum sich in einer Schicht ausbreiten, nachdem sie sich bis zum Kaliber der Kapillaren verdünnt oder verästelt haben. An einigen Stellen treten natürlich Gefäße aus der Vasculosa durchs Tapetum hindurch zur Choriocapillaris, das Tapetum wird aber hier seltener von Gefäßen durchbrochen als in dem eben besprochenen Falle, wenn die Choriocapillaris fehlt. Ich kann LEYDIG darin nicht beistimmen, daß nach innen vom Tapetum die Gefäßhaut liege, noch BERGER, daß das Tapetum nach außen stets auf die Choriocapillaris folge. Ersteres trifft nie zu, letzteres finde ich nur in den wenigsten Fällen unter den Selachiern. In BERGERS Abbildungen finde ich auch nichts davon gezeichnet.

Vasculosa.

Nach außen von dem Tapetum liegt die Gefäßschicht. Dieselbe enthält viele Gefäße verschiedensten Querschnittes mit wohlausgebildeter Gefäßmuskulatur, außerdem aber viele Gefäße kleinsten und großen Kalibers, die nur endotheliale Wandung oder höchstens außerdem noch eine Adventitia besitzen, während die Media fehlt. Erstere sind zweifellos die Arterien, da sie mit den ins Auge eintretenden Arterien in Verbindung stehen und die Arterien stets eine wohlausgebildete Muskulatur besitzen, letztere stehen mit den Abflußvenen in Verbindung (*Acanthias acanthias*), stellen also die Venen der Chorioidea dar, die diese eigentümliche Beschaffenheit besitzen. Sie überwiegen die Arterien an Menge bei weitem. Das wenige zwischen den Gefäßen liegende Bindegewebe ist stets dicht mit Pigment erfüllt. Die Identifizierung dieser Schicht mit den von früheren Autoren beschriebenen ist nicht ganz klar, wahrscheinlich stellt sie zum Teil die Vasculosa BERGERS dar.

Suprachorioidea.

Die dritte Schicht, die wir als Suprachorioidea bezeichnen können, fehlt häufig. Wenn sie überhaupt vorhanden ist, ist sie im Augengrunde stark entwickelt, nach dem Aequator zu verdünnt sie sich bis zum Schwinden (cf. Textfigg. im Speziellen Teil). Sie besteht außer bei *Laemargus* aus faserigem Bindegewebe, in welchem wenige Gefäße liegen, von gleicher Beschaffenheit wie die der Vasculosa. Ihre Wandungen sind von wenig Pigment umgeben, dasselbe spielt jedoch nur eine untergeordnete Rolle, und hauptsächlich ist diese Schicht unpigmentiert und dadurch, sowie durch ihre Armut an Gefäßen sicher von der Vasculosa zu unterscheiden, obwohl sie mit der Vasculosa zusammen jedenfalls die Vasculosa BERGERS darstellt. Von ihr läßt sich die Vasculosa stets leicht abtrennen, während sie selbst an der Sclera festhaftet. Die Trennung zwischen ihr und der Vasculosa ist im mikroskopischen Präparat am deutlichsten im Augengrunde in der Nähe des Sehnerven, da hier der innerste Teil der Schicht zu einer vorwiegend aus tangentialen Fasern bestehenden Lage, vielleicht der „Bindegewebslamelle“ BERGERS, ausgebildet ist.

Bei *Acanthias acanthias* finde ich im Horizontalschnitt (Fig. 1), daß die Fasern der Suprachorioidea sich zu Strängen vereinigen, die Räume umgrenzen, welche mit sehr wenigen Fasern erfüllt sind und zwischen diesen je ein Gefäß enthalten. Ich glaube hierin die von BERGER bei *Squatina* beschriebenen und abgebildeten „Hohlräume“ wiederzuerkennen, kann aber seiner Beschreibung im einzelnen, insbesondere der Angabe, daß die Hohlräume mit Endothel ausgekleidet seien, nicht beipflichten, ebensowenig daher seiner Auffassung von denselben als einer Modifikation des suprachorioidealen Lymphraumes.

Die Bindegewebsfasern der Sehnervenscheide verlieren sich zum großen Teil in der Suprachorioidea.

Die äußerste Schicht der Suprachorioidea geht in die innere Faserschicht der Sclera über. Schon hierdurch dokumentiert sich die Grenze zwischen Sclera und Chorioidea als unscharf und willkürlich. Dies gilt in noch höherem Grade, wenn Knorpelstücke von der Sclera aus in die Suprachorioidea hineinragen. Solche finde ich bei *Acanthias acanthias*, allerdings in geringer Entwicklung. In viel größerer Mächtigkeit aber tritt Knorpel bei *Laemargus* in, oder besser wesentlich an Stelle der Suprachorioidea auf. Er bildet hier (Fig. 10 u. 20) sehr dicke

Platten von mit Kanälchen durchzogenem, am Aequator aber radiär gefasertem Knorpel, der stellenweise mit dem hyalinen Scleraknorpel in Verbindung steht.

Die Herausdifferenzierung verschiedener Schichten in der Chorioidea ist natürlich ein Ausdruck für die eingetretene Arbeitsteilung, den verschiedenen Schichten fallen also verschiedene Funktionen zu, die im folgenden besprochen werden sollen.

Tapetum.

Das Tapetum, das keinem Selachier fehlt — BRÜCKES Angabe (16), daß es bei *Laemargus* fehlt, möchte ich bezweifeln — findet sich im allgemeinen bei dunkellebigen Tieren und dürfte daher sicher von Bedeutung für das Sehen im Dunkeln sein.

Ueber seine Funktion ist eine Ansicht von BRÜCKE (16), die auch HELMHOLTZ (37) annimmt, weit verbreitet, daß nämlich das Tapetum als Spiegel wirke und die durch die Retina auf das Tapetum fallenden Strahlen reflektiere, so daß jedes Retinaelement von den auf dasselbe fallenden Lichtstrahlen zweimal erregt werde.

PÜTTER (82) verwirft diese Ansicht; das Tapetum stellt nach ihm bei Wassersäugetieren keinen Spiegel dar, sondern eine raue Fläche, so daß die Netzhaut im ganzen Bezirk des Tapetum einen diffusen Lichtreiz, nämlich den Reiz des von außen kommenden, durch das Tapetum diffus reflektierten Lichtes erfährt.

Darin kann ich PÜTTER durchaus beistimmen, nicht aber in der Erklärung der Bedeutung dieser Tatsache für das Sehen. Nach PÜTTER wirkt das vom Tapetum reflektierte Licht als sub-minimaler Unterschwellenreiz, der sich zu dem von außen kommenden Lichtreiz addiert und dadurch bewirkt, daß von außen kommende, ebenfalls unter der Empfindungsschwelle liegende Lichtreize über die Empfindungsschwelle gebracht werden und dadurch zur Wahrnehmung gelangen können.

Dies würde ich für denkbar halten, wenn sich jener diffuse Lichtreiz nicht über einen großen Teil oder gar über die ganze Retina erstreckte, sondern nur diejenigen lichtperzipierenden Elemente trafe, die gerade ein Bild zu empfangen haben, und außerdem höchstens noch die diesen nahe benachbarten. Die Voraussetzung hierfür wäre am besten ein sehr unvollkommener Spiegel, und diese Voraussetzung ist bei Wassersäugetieren vielleicht noch am ehesten erfüllt.

Bei Selachiern aber finde ich häufig (*Scyllium*, *Chimaera*) ein sehr stark glänzendes Tapetum, und ich glaube daher,

daß, wenn es weniger stark glänzend ist, dies nur an der Fixierung liegt. Bei Scyllium z. B. finde ich bei Fixation mit PERÉNY'scher Flüssigkeit ein stark glänzendes Tapetum, bei Formolfixierung dagegen keine oder nur sehr geringe Spuren von Glanz. Daß namentlich die in großen Tiefen lebenden Selachier ein sehr stark glänzendes Tapetum haben, wird sehr wahrscheinlich, da dasselbe bei Teleostiern, die in großen Tiefen leben, beobachtet ist (BERGER, 11).

Je vollkommener nun die spiegelnde Hohlkugelfläche ist, um so stärker und zugleich um so diffuser ist die ganze Retina beleuchtet, sobald ein Lichtreiz auf einen beliebigen Punkt der Retina trifft. Denn es läßt sich mathematisch erweisen, daß eine spiegelnde Hohlkugelfläche infolge allseitiger Reflexion gleichmäßig beleuchtet ist, sobald nur ein Punkt derselben leuchtet. Dies trifft nun auch annähernd für das mit Tapetum versehene Auge zu, in welchem natürlich als leuchtende Punkte diejenigen Punkte der Retina aufzufassen sind, in denen von außen kommende Lichtstrahlen sich sammeln. Daß dasselbe in gewissem Grade sogar für das menschliche Auge gilt, dem doch ein Tapetum fehlt, läßt sich schon aus der Möglichkeit des Augenspiegels folgern.

Ist nun also die Retina nicht nur an einer eng umschriebenen Stelle gereizt, sondern kommt ein diffuser Lichtreiz auf der ganzen Retina hinzu, so tritt das WEBER'sche Gesetz in Kraft, nach welchem die Empfindungsunterschiede nicht den Reizunterschieden proportional sind, sondern dem jedesmaligen Verhältnis von Reizunterschied zum schon vorhandenen Reiz:

$$\Delta E = c \cdot \frac{\Delta R}{R}.$$

Der schon vorhandene Reiz wird durch die diffuse Grundbelichtung dargestellt und durch ein glänzendes Tapetum vergrößert, die Empfindungsunterschiede werden mithin verringert, und die Reizschwelle wird erhöht, kurz gesagt: durch das Tapetum wird das Auge teilweise geblendet. Es werden also für das mit Tapetum versehene Auge manche Lichtreize unter der Empfindungsschwelle liegen, die von dem Auge ohne Tapetum empfunden werden könnten.

Hierin muß also die Bedeutung des Tapetum liegen. Wir müssen nach Lichtreizen suchen, die das im Dunkeln sehende menschliche Auge empfindet, die aber störend sind und deren Ausschaltung aus der Empfindungssphäre daher von Nutzen ist.

Solche Lichtreize sind die entoptischen Erscheinungen, die wir empfinden, sobald wir dafür sorgen, daß nur eine einzige eng umschriebene Stelle der Retina vom Licht getroffen wird und nicht, wie bei gewöhnlicher Tagesbeleuchtung, alle Netzhautteile außerdem diffus beleuchtet werden. Die entoptische Erscheinung, welche das Haupthindernis für das Sehen im Dunkeln beim Menschen bedeutet, ist das Eigenlicht der Netzhaut. Dieses Eigenlicht und die Gesichtstäuschungen, die es veranlassen kann, sind namentlich von AUBERT (2) und HELMHOLTZ (36) beschrieben worden. HELMHOLTZ sagt (S. 6), „daß die Fleckigkeit des Eigenlichts wirklich das Haupthindernis für die Wahrnehmung sehr schwach beleuchteter, namentlich kleinerer Objekte bildet, indem dieselben zwischen den Flecken des Eigenlichts verschwinden und mit solchen verwechselt werden“.

HELMHOLTZ entwickelt dann eine auf das FECHNERsche Gesetz gegründete mathematische Theorie des Einflusses der fleckigen Verteilung des Eigenlichts der Netzhaut auf die Größe der Unterschiedsschwellen, auf die hier natürlich eingegangen werden muß. Er kommt zu dem Schlusse (S. 11): Infolge der Fleckigkeit des Eigenlichts wird für kleine objektive Lichtstärken „die Wahrnehmung des Unterschieds Δr deutlicher, als sie nach dem FECHNERschen Gesetz für die (scil. überall gleichmäßige) Intensität des Eigenlichts sein sollte, und der Schwellenwert Δr kann also kleiner gemacht werden, ohne ununterscheidbar zu sein“. Hier liegt ein Gegensatz zwischen HELMHOLTZ' vorher mitgeteiltem Schlusse aus den Beobachtungen einerseits und seiner Theorie andererseits, ein Gegensatz, auf den übrigens HELMHOLTZ nicht eingeht. Zur Lösung des Rätsels kann wohl der Umstand beitragen, daß HELMHOLTZ's Theorie nicht den ständigen Wechsel des Eigenlichts berücksichtigt, und dieser gerade ist es, der den Wert des Auges für das Sehen im Dunklen vornehmlich herabsetzt. Die von HELMHOLTZ erwähnte Uebereinstimmung seiner Theorie mit den Messungsergebnissen von KÖNIG und BRODHUN (48) ist vielleicht nur eine scheinbare, denn niemand vermag die Helligkeit des Eigenlichts objektiv zu messen. Durch ungefähre Schätzung derselben kommt jedoch HELMHOLTZ selbst zu dem Ergebnis: „Daß die Strecke, welche sie (KÖNIG und BRODHUN) als Stärke des Eigenlichts deuten, verhältnismäßig viel zu klein ist, selbst im Vergleich zu den Flecken des Eigenlichts, ist für meine Augen unzweifelhaft.“

Jedenfalls steht es fest, daß bei schwachen Beleuchtungen das Eigenlicht der Netzhaut die Sehfunktion stört. Es liegt nun sehr

nahe, diese Verhältnisse des menschlichen Auges auf das tierische zu übertragen. Ist nun bei im Dunkeln sehenden Tieren ein Tapetum vorhanden, das für eine diffuse Gesamtbelichtung der Netzhaut sorgt, so ist es sehr wohl denkbar, daß dadurch zwar die Empfindlichkeit für Lichtunterschiede herabgesetzt wird, daß dafür aber die störenden Lichtreize des Eigenlichts unter die Empfindungsschwellen gebracht werden und so das Tier vor den Täuschungen bewahrt wird, denen wir Menschen ausgesetzt sind.

Was die Ausdehnung des Tapetum betrifft, so ist diese stets ziemlich bedeutend; doch zeigt sich mitunter (*Scyllium*, *Chimaera*) deutlich eine Bevorzugung des horizontalen Meridians durch stärkere Entwicklung des Tapetum, wodurch die entsprechende Region der Netzhaut als die Region des schärfsten Sehens charakterisiert wird, in Uebereinstimmung mit dem im Kapitel „Retina“ gezogenen Schlusse.

Das schwarze Pigment, welches dem Tapetum der Selachier eigentümlich ist, dient zweifellos zur Abschwächung des durch die irisierenden Kristalle hervorgerufenen Glanzes. Es findet sich demgemäß am stärksten bei den tagesmunteren Arten (*Acanthias*, *Mustelus*), am schwächsten bei den in großen Tiefen lebenden (*Spinax*, *Chimaera*). Da die Pigmentzellen der Chorioidea der Wirbeltiere kontraktile sind (MÜNCH, 75), so ist es wahrscheinlich, daß die Fortsätze der Pigmentzellen im Selachierauge auch eingezogen und ausgestreckt werden können, so daß das Tier im stande ist, den Glanz des Tapetum nach Bedürfnis zu verstärken und abzuschwächen¹⁾.

Choriocapillaris.

Die das Tapetum durchsetzenden und bis an das Chorioideaendothel tretenden Gefäße vikariieren mit der Choriocapillaris, und beide dienen offenbar wesentlich zur Ernährung der Netzhaut, vielleicht auch des Tapetum. Was im einen Falle diese, im anderen jene Ausbildung dieses Ernährungsapparates bedingte, weiß ich nicht zu sagen, es ist nur festzustellen, daß die Choriocapillaris

1) Anmerkung bei der Korrektur: Dies scheint mir sicher mit der Tatsache übereinzustimmen, die ich inzwischen in der biologischen Station zu Bergen konstatierte, daß bei starker Belichtung des Auges von *Acanthias* der Glanz des Tapetum einem gleichmäßigen, glanzlosen Schwarz weicht.

bei sehr verschiedenen und ganz verschieden lebenden Selachiern gefunden wurde.

Vasculosa.

Die Haupteigentümlichkeit der Vasculosa, das Fehlen der Media in den sehr zahlreichen venösen Blutbahnen, deutet auf eine große Passivität des Venenapparates hin. Der Abfluß des Venenblutes wird offenbar nur durch den arteriellen Blutdruck bewirkt. Durch die große Menge der venösen Blutbahnen wird wahrscheinlich eine gute sogenannte „Windkesselwirkung“ erzielt und ein konstanter Druck im Auge bis zu gewissem Grade garantiert. Dies ist sehr wesentlich für Fische, deren Auge in verschiedenen Meerestiefen verschiedenen äußeren Druckhöhen ausgesetzt ist.

Wird jedoch der Außendruck so stark und dauernd erhöht, daß die kompensierende Wirkung der Windkesselinrichtung damit nicht Schritt halten kann, so wird wahrscheinlich durch die schiefen Durchbohrungen, mit denen alle Gefäße die Sclera durchbohren, der Blutabfluß nach dem bekannten Prinzip der schiefen Durchbohrung vermindert oder verhindert, und es wird, allerdings unter Erhöhung des Druckes, wenigstens eine konstante Flüssigkeitsmenge im Bulbus erhalten und dieser dadurch vor Deformationen seiner Gestalt bewahrt.

Suprachorioidea.

Wir kommen endlich zur Suprachorioidea. Sie fehlt bei allen den Selachiern, bei welchen zwischen Bulbus und Cranium nur sehr wenig retrobulbäres Gewebe liegt, wie bei den Fischen mit relativ sehr großen Augen, Chimaera und Spinax, ferner bei Galeus, Mustelus, Carcharias, Scyllium, Lamna, Selache, sie ist dagegen vorhanden bei Laemargus, Acanthias und bei denen, deren relativ kleineres Auge vom Cranium infolge dorsiventraler Abplattung weiter entfernt ist, d. h. bei allen Plattfischen: Squatina, Raja, Torpedo. Bei diesen ist sie, wie schon gesagt, stets am stärksten am Augengrunde entwickelt, am Äquator ist sie stets auf Null reduziert. Sie stellt offenbar nur ein Füllgewebe dar, welches, im Augengrunde zwischen Sclera und Gefäßschicht der Chorioidea eingeschoben, eine Verlängerung des Bulbus kranialwärts ermöglicht und so das Auge gleich anderen Teilen in der Querrichtung zur Körperachse verlängert. In dieser Schicht liegt

natürlich zum Teil der Sehnerv, dessen Bindegewebsscheide in die Suprachorioidea ausstrahlt, ferner liegen in ihr die Gefäße, die bei Arten mit dünner Chorioidea und ohne Lamina fusca ausgesparte Rinnen in der Sclera für sich beanspruchen. Die bei *Acanthias* (Fig. 1) konstatierte Anordnung der Bindegewebsfasern zu radiären Faserzügen und die Verminderung der Fasersubstanz zwischen diesen Faserzügen dient jedenfalls der möglichst großen Ausnutzung von möglichst wenigem Material. Die Lagerung der Gefäße zwischen den Faserzügen, nicht innerhalb derselben, bedeutet weiter nichts, als daß jene Faserzüge zweckmäßig so verlaufen, daß sie niemals auf die Gefäßstämme treffen, sondern zwischen sie hindurch verlaufen. Durch Aufnahme von Knorpel übernimmt bei *Laemargus* die Suprachorioidea zum Teil die Aufgabe der Sclera.

Er soll schon hier auf die im Kapitel „Bulbusstütze“ näher zu besprechende Tatsache hingewiesen werden, daß die Suprachorioidea stets in den Augen auftritt, die einer Bulbusstütze aufsitzen. Sie fehlt stets, wenn die Bulbusstütze gleichfalls fehlt oder (bei *Lamna*, *Selache* und *Carcharias*) rudimentär ist. Bei *Centrina* fehlt die Bulbusstütze, die Suprachorioidea ist bei einem Individuum vorhanden, beim zweiten fehlt sie, diese individuelle Variation läßt sie hier als rudimentär erscheinen.

3. Corpus ciliare.

Für das Selachierauge ist die Ausbildung eines mit dem Corpus ciliare der höheren Wirbeltiere verglichenen Organs charakteristisch. Dasselbe folgt als Fortsetzung der Chorioidea unmittelbar nach vorn auf den der Pars optica retinae anliegenden Teil der Chorioidea und stellt eine im Bereich der Grenze von Sclera und Cornea liegende Zone von Radiärfalten dar. Die durchschnittliche Dicke ist gleich der der benachbarten Chorioidea und Iris. Meist reicht es bis auf die Unterseite der Iris, die es also zum Teil noch bedeckt. Gewöhnlich setzen sich die Radiärfalten stark geschwächt auf die Unterseite der Iris fort. Der Verlauf der Falten ist im allgemeinen ein ziemlich regelmäßiger und streng radiärer, nicht selten aber verschmelzen 2 Falten nach innen zu einer, oder eine einzelne verstreicht völlig nach innen. Die Verschiedenheiten der Form der Ciliarfalten sind nicht im entferntesten mit den von VIRCHOW (101) beschriebenen mannigfaltigen Formen bei Säugetieren zu vergleichen. Wichtiger

als die geringen Formbesonderheiten sind die Größenverhältnisse der Falten. Stets sind die Falten ganz erheblich viel schwächer als im Säugetierauge, da sie höchstens nach Zehnteln von Millimetern zu messen sind. Ziemlich scharf gefältelt finde ich diese Zone bei *Mustelus*, erheblich schwächer bei *Acanthias*, *Chimaera* und vielen anderen, sehr schwach aber, so daß die Falten kaum sichtbar sind, bei *Spinax*. Natürlich ist die Größe der Falten auch abhängig von der Größe des Auges, und so finde ich sehr kräftige Faltungen in dem großen Auge von *Lamna cornubica*, sehr schwache bei *Squatina* und *Torpedo*. Stets liegt über der Faltenzone das gelatinöse Häutchen, das als eine Art Zonula Zinnii vom pupillaren Rande des Corpus ciliare zur Linse zieht.

Was die Histologie dieses Teiles betrifft, so verlaufen in demselben viele Gefäße mit nur endothelialer Wandung, sehr viel weniger Arterien. Die Falten aber sind, wovon ich mich bei *Acanthias* und *Mustelus* überzeugte, fast ausschließlich Bildungen der Retina, zwischen die beiden Blätter einer Falte ragt stets nur sehr wenig Pigmentzellen enthaltendes Bindegewebe (*bdg*) hinein (Taf. XXIX, Fig. 4. Der Schnitt ist schief durch den Ciliarfortsatz geführt, so daß dieser stark verlängert und verbreitert erscheint). Stellenweise findet sich darin auch wohl eine Kapillare, die aber offenbar nur zur Ernährung der Falten dient und nicht mit den großen Gefäßansammlungen im Säugetierauge vergleichbar ist. Das Außenblatt der Retina ist stets stark pigmentiert, das Innenblatt pigmentfrei.

Dorsal und ventral im Auge sind die mittelsten Falten häufig pupillarwärts verlängert, häufig auch verkürzt, wodurch jedesmal hervorgerufen wird, daß sie gerade dorsal bis zum Ligamentum suspensorium lentis, ventral bis zum Linsenmuskel reichen, und nicht weiter nach innen.

Die Uebereinstimmungen der Faltenzone mit dem Corpus ciliare der höheren Wirbeltiere sind in der Lage zur Chorioidea und Iris, zur Sclera-Corneagrenze und zur Zonula Zinnii, sowie in der Radiärfältelung zu suchen. In diesen Beziehungen gleicht das Gebilde dem echten Corpus ciliare, und ich stehe daher nicht an, es auch hier als Corpus ciliare zu bezeichnen, trotz der wichtigen Unterschiede, unter denen vielleicht weniger das Fehlen besonderer Processus ciliares, bei weitem mehr aber das Fehlen der Ciliarmuskeln bei Selachiern in Betracht kommt. Hat man doch auch nie Bedenken getragen, eine Fischiris, die in der Muskulatur nicht nachgewiesen werden konnte, als Iris

zu bezeichnen. Das Fehlen besonderer Processus ciliares aber ist wohl nur der Ausdruck der überhaupt schwächeren Entwicklung des Organs bei Selachiern.

Ueber die Funktion des Corpus ciliare ist man nicht einmal bei Säugetieren ganz im Klaren. Feststehend ist nur auf Grund von Experimenten, daß es der Absonderung — um einen möglichst indifferenten Ausdruck zu gebrauchen — von Kammerwasser dient. Außerdem wird namentlich von RABL (84) vermutet, daß es der Regulierung des intraokularen Druckes bei Accommodationsbewegungen diene. Wenn HESS und HEINE (40) bei den Accommodationsbewegungen keine Druckschwankungen konstatierten, so soll deren Fehlen eben, nach RABL, der Regulation des Druckes durch das Corpus ciliare zuzuschreiben sein.

Kehren wir nun zu den Selachiern zurück, so hält man die Absonderung von Kammerwasser durch das Corpus ciliare bei ihnen deshalb für wahrscheinlich, weil unter den Fischen im allgemeinen das Corpus ciliare mit Netzhautgefäßen zu vikariieren scheint. Fehlt das Corpus ciliare, wie bei den Knochenfischen, so dürfte der Flüssigkeitswechsel des Glaskörpers vom Kammerwasser aus erfolgen (LEUCKART, 55). Schwierigkeiten scheint mir dabei allerdings das dem Corpus ciliare aufliegende gelatinöse Häutchen zu bereiten, dessen Durchlässigkeit für die Serumflüssigkeit dabei angenommen werden muß.

Die zweite Funktion, die Regulierung des intraokularen Druckes bei Accommodationsbewegungen, kommt dem Corpus ciliare in dem Selachierauge offenbar nicht zu, denn die Hauptbedingung hierfür, nämlich das Vorkommen von Gefäßen in den Fortsätzen, fehlt hier. Erhebliche plötzliche Schwankungen des intraokularen Druckes durch Accommodationsbewegungen kommen im Selachierauge aber sicher überhaupt nicht vor, da die Accommodation der Selachier im Gegensatz zu der der Teleostier gar nicht nachweisbar ist (BEER, 6) und höchstens sehr rudimentär ausgebildet sein kann.

Nun ist aber noch nicht alles am Corpus ciliare der Selachier erklärt, und zwar besonders nicht das Auftreten der Radiärfalten in ihrer verschiedenen Stärke. Sicher wird durch diese eine Vergrößerung der Oberfläche bewirkt. Was den Zweck dieser Oberflächenvergrößerung betrifft, so ist vielleicht die Vermutung gerechtfertigt, daß sie einfach nur eine stärkere Befestigung der Zonula Zinnii ermöglichen sollen.

Durch diese Vermutung wird manches erklärt. Am stärksten sind ja die Radiärfalten bei *Mustelus* ausgebildet, wo auch der

Linsenmuskel verhältnismäßig kräftig ist und das das Corpus ciliare deckende Häutchen auch besonders stark sein soll (VIRCHOW, 100). Bei Selachiern mit kleinem Linsenmuskel, deren Linse also am allerwenigsten bewegt wird, wie *Acanthias vulgaris* und ganz besonders *Spinax*, ist die Ausbildung der Falten auch sehr schwach. Ferner wissen wir jetzt, warum die Falten häufig dorsal und ventral verkürzt oder verlängert sind, so daß sie gerade die für die Accommodation bedeutsamsten Teile der Zonula, nämlich das Ligamentum suspensorium und die „Sehne“ des Muskels, erreichen. Kommt eine ähnliche Funktion auch den Falten im Corpus ciliare der Säugetiere zu, so erklärt es sich auch ohne die Hypothese von der Regulation des intraokularen Druckes, warum die Processus ciliares unter den Säugetieren stets bei denen die stärkste Ausbildung zeigen, bei welchen der Accommodationsmuskel am kräftigsten wirken muß, eine Tatsache, auf die RABL (84) hinweist. Unerklärt aber bleibt das Fehlen des Corpus ciliare bei Teleostiern und die Tatsache, daß sich die Ciliarfalten meist auf die Unterseite verschwächt fortsetzen. Letzteres wurde auch von VIRCHOW (101) in Säugetieraugen beobachtet.

4. Iris.

Die Iris tritt bei Selachiern in zwei bzw. drei verschiedenen Typen auf, die scharf gegeneinander abgegrenzt sind und sehr leicht die Selachier in die drei biologischen Gruppen einteilen lassen, die schon im Kapitel „Retina“ beiläufig wiederholt genannt wurden.

Will man zwei Typen aufstellen, so muß man scharf unterscheiden zwischen den Nachtselachiern, deren Iris bei der Tagesmiosis nur eine äußerst schmale spaltförmige Pupille offen läßt, und den Tag- und Tiefenselachiern, die beide einer so stark schließbaren Pupille nicht bedürfen und daher eine Iris mit weiter geöffneter, runder Pupille besitzen. Da es aber wahrscheinlich ist, daß die im Dunkeln lebenden Tiefenselachier von Nachttieren abstammen und ihre Iris jedenfalls in Bezug auf Ausdehnung und Kontraktionsfähigkeit wesentlich hinter der Iris der Tagselachier zurücksteht, so ist es biologisch richtiger, folgendermaßen zu klassifizieren:

1) Nachtselachier: Pupille bei Tage spaltförmig, sehr eng: *Scyllium*, *Torpedo*, *Squatina*, *Lamna*, *Selache* (cf. Fig. 25).

2) Tagselachier: Pupille rundlich und weiter: *Galeus*, *Mustelus*, *Acanthias*, *Centrina*, *Carcharias* (cf. Fig. 26).

3) Tiefenselachier: Pupille gleichfalls rundlich, noch viel weiter: Spinax, Chimaera (cf. Fig. 27).

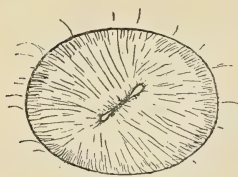


Fig. 25.

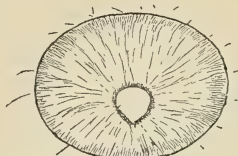


Fig. 26.

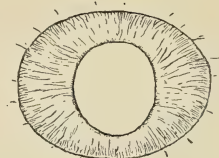


Fig. 27.

Fig. 25. Schema der Iris der Nachtselachier.

Fig. 26. Schema der Iris der Tagselachier.

Fig. 27. Schema der Iris der Tiefenselachier.

Als Unterabteilung würden zu 1) die mit Operculum pupillare versehenen Rochen gehören, die auch Nachttiere sind.

Damit ist das Wesentliche über die makroskopische Anatomie der Iris erschöpft, hinzuzufügen ist nur noch, daß erklärlicherweise die Iris dorsal und ventral stark verdickt ist, wenn nahe ihrem Rande Linsenmuskel und Ligamentum suspensorium lentis an ihr befestigt sind.

Dem mikroskopischen Bau nach läßt die Pars mesoblastica iridis keine große Regelmäßigkeit in der Anordnung von Schichten erkennen; wo im speziellen Teile Schichten beschrieben wurden, ist dies wenig wesentlich. Pigment findet sich meist in der Umgebung der Gefäße, sowie in der Argentea, deren Hauptbestandteil kristallartige Elemente sind. Solche finde ich nur bei Acanthias, bei den übrigen dürften sie jedoch in vivo nicht oder nicht immer fehlen und nur durch die Fixierungsmittel zerstört sein. Wesentlich ist das gänzliche Fehlen von mesodermalen Muskelfasern, die ich in der Iris ebenso wenig wie im Corpus ciliare oder in der Chorioidea fand. Insbesondere kann ich die von HALLER (34) in seinem neuen Lehrbuch gezeichneten und beschriebenen Muskelfasern, die sich von der Iris gegen die Sclera und Chorioidea hin erstrecken sollen, nicht bestätigen.

Nach BEER (6) sind jedoch den Selachiern sehr lebhaft Irisbewegungen eigen, und dem entspricht es, daß sie sehr deutlich erkennbar epitheliale Muskulatur in der Iris besitzen.

KOGANĖI (46) fand schon den Sphincter bei Carcharias und Scyllium, während er sein Fehlen bei Heptanchus und bei Galeus canis vermeldete. — Ueber die histologische Beschaffenheit und die morphologische Bedeutung der Irismuskulatur bei Selachiern erfahren wir jedoch noch nichts. Meine Untersuchungen führten zu Ergebnissen, die mit den bei höheren Wirbeltieren neuerdings

gewonnenen Ergebnissen in so überraschender Weise im Einklang stehen, daß man sagen kann, die bekannte „Dilatatorfrage“ und überhaupt die Frage nach dem Ursprunge der gesamten Iris-muskulatur wäre nicht so leicht zum Gegenstande so lebhafter Kontroverse geworden, hätte man die so einleuchtenden Bilder gekannt, die man durch Querschnitte durch die Selachieriris erhält.

Durch die neueren Forschungen von GRYNFELT (33a), HEERFORDT (35), NUSSBAUM (78, 79), SZILI (95), HERZOG (39) und anderen ist unzweifelhaft nachgewiesen worden, daß der Dilator und Sphincter der höheren Wirbeltiere aus dem Außenblatte der Pars iridiaca retinae entstehen. Auf einem gewissen Stadium besteht die Sphincteranlage des Hühnchens nach SZILI aus verdickten Zellen des Außenblattes, die dicht an der Umschlagstelle der beiden Blätter liegen. Vergleichen wir mit diesem Befunde die ausgebildete Irismuskulatur der Selachier (Taf. XXIX, Fig. 1—3), so zeigt sich, daß beide im Prinzip völlig miteinander übereinstimmen: während das pigmentierte Innenblatt (*i.b*) der Pars iridiaca retinae stets einschichtig bleibt, steht das Außenblatt (*a.b*), im allgemeinen gleichfalls einschichtig, mit der am Irisrande befindlichen, namentlich bei *Acanthias*, *Scyllium*, *Squatina* deutlich erkennbaren, aber auch bei anderen Haien nachweisbaren, aus pigmentierten glatten Muskelzellen bestehenden, vielschichtigen Irismuskulatur in so innigem Zusammenhange, daß an ihrer Zusammengehörigkeit nicht der mindeste Zweifel auftauchen kann, sondern man sagen muß, die Epithelzellen gehen am Irisrande in Muskelzellen über. Da selbstverständlich der epitheliale Charakter des Retinaepithels der ursprünglichere ist, so sind mit der größten Sicherheit und in bester Harmonie mit den Befunden bei höheren Wirbeltieren die Muskelzellen der hier vorliegenden Irismuskulatur als Derivate des Retinaepithels, also als Epithelmuskelzellen zu betrachten. Diese Tatsache lehrt also hier das erwachsene Tier mit derselben Beweiskraft, die beim Säugetier und Vogel nur vom Embryo zu erreichen war. Im Vergleich zu diesen höheren Wirbeltieren stellen also die Selachier hierin einen auf früherer Entwicklungsstufe zur Differenzierung des Gewebes geschrittenen Typus dar.

Im einzelnen bietet die Irismuskulatur mancherlei Besonderheiten, die jedoch weniger wesentlich sind als die angeführte allgemeine Tatsache. Bei *Spinax* und *Chimaera*, deren Pupille sehr weit ist, ist die Irismuskulatur äußerst schwach entwickelt. Fast überall ließen sich Sphincter- (*sph*) und Dilatorfasern (*dil*) nachweisen. Ihr Verlauf zeigt sich übrigens, da die Pigmentierung

nicht sehr stark ist, in hinreichend dünnen, auf gewöhnliche Weise behandelten Schnitten mindestens ebenso deutlich als nach Entpigmentierung nach der bekannten GRIFFITHSchen Methode.

Eine besondere Art der Ausbildung, die mir ihrer Bedeutung nach nicht völlig klar geworden ist, zeigt sich im Operculum pupillare der Rochen. Dasselbe ist bekanntlich ein von oben her die Pupille bedeckender Irisfortsatz, der einem vielfach zerteilten Pflanzenblatte gleicht. Hier scheint mir das äußere Blatt an der Unterseite des Operculum hohe stark pigmentierte Cylinderzellen zu bilden, am Rande aber Muskelzellen, die senkrecht zum Rande, d. h. radiär verlaufen. Ueber die Bewegungen des Operculum sagt MILNE-EDWARDS (70): „Dans l'état ordinaire elles (lanières) sont relevées derrière la portion supérieure de l'iris, mais sous l'influence d'une pression exercée sur le dessus de l'œil, elles se développent et ferment la pupille.“

Der Grund für das Auftreten des Operculum pupillare dürfte im Fehlen beweglicher Augenlider bei Rochen zu suchen sein. Bei Torpedo fehlt jedoch das Operculum gleich der Beweglichkeit der Augenlider, und die Iris hat trotzdem eine spaltförmige Pupille wie bei Nachthaien.

Bei Galeus konnte festgestellt werden, daß die Pupillenweite selbst am toten Tier beträchtlichen Schwankungen unterliegt, ebenso bei Acanthias acanthias. Die Grenze der Pupillendilatation ist aber damit sicher noch nicht erreicht, obwohl die weiteste von mir gefundene Pupille schon mehr als den dreifachen Durchmesser der engsten hat.

Bei maximal erweiterter Pupille läßt nach BEER (6) die Iris der Selachier stets den Linsenrand sehen, es entsteht also ein aphakischer Raum, dessen Wirkung, wie wir mit PÜTTER (82) annehmen, gleich der Wirkung des Tapetum lucidum in einer diffusen Nebenbelichtung der Netzhaut besteht. Ueber den Zweck dieser Einrichtung ist also dasselbe zu sagen wie beim Tapetum lucidum.

5. Linse.

Das im folgenden über die Linse Mitgeteilte bezieht sich zum größten Teile nicht nur auf die Linse der Selachier, sondern auf die Linse der Fische überhaupt und ist das Resultat nicht sowohl eigener Beobachtungen, als vielmehr von Literaturstudien.

Die Unterschiede der Fischlinse gegen die Linse der Landtiere erklären sich bekanntlich aus einem doppelten Erfordernis:

die Fischlinse muß erstens, da das Wasser, in dem die Fische leben, stets gewisse Mengen Licht absorbiert, eine größere Menge Licht einfallen lassen, sie muß also größer sein; und zweitens muß sie, da das Wasser einen höheren Brechungskoeffizienten hat als die Luft, ihrerseits das Licht stärker brechen als die Landtierlinse.

Zu einer vollständigeren biologischen Würdigung der Fischlinse werden wir durch Schlußfolgerungen aus den Ermittlungen MATTHIESSENS geführt.

MATTHIESSEN (64) wies bekanntlich nach, daß die kugelige Fischlinse dadurch, daß der Brechungsindex der Linsensubstanz von den äußeren Linsenschichten nach dem „Kernzentrum“ zu nach einem bestimmten mathematisch formulierten Gesetze¹⁾ zunimmt, zu einer aplanatischen und periskopischen wird, d. h. nicht nur die „Zentralstrahlen“, sondern auch die „Randstrahlen“, die den Linsenrand treffen, werden in einem Punkte der Netzhaut vereinigt und rufen, natürlich bei richtiger Einstellung, keinen Zerstreuungskreis hervor.

Dies ist in zweifacher Hinsicht wesentlich. Da die Randstrahlen nicht abgeblendet zu werden brauchen, so kann die Fischlinse im Verhältnis zur Landtierlinse bei gleichem Durchmesser mehr Lichtstrahlen sammeln, eine Eigenschaft, die, wie wir mit PÜTTER (82) erkennen, für die unter Wasser im Halbdunkel lebenden Tiere nur vorteilhaft ist. Ferner kann das Fischauge die für die Fische sehr günstige extrem seitliche Lage am Kopfe einnehmen, in der es beim Vorwärtsschwimmen des Fisches vor dem Druck der zu durchdringenden Wasser möglichst gut geschützt ist, ohne die Fähigkeit zu verlieren, Lichtstrahlen, die von einem vorwärts in der Richtung der Körperachse liegenden Punkte kommen, auf der Netzhaut zu sammeln. Diese Lichtstrahlen treffen dabei die nasale Fläche der Linse und geben trotzdem deutliche Bilder.

Zu weiteren Schlüssen kommen wir auf Grund folgender Tatsachen:

1) Dies Gesetz lautet: $n = N_1 \cdot \left(1 + \zeta \frac{b^2 - y^2}{b_2}\right)$, worin n den auf Luft bezogenen Index einer jeden Schicht, N_1 den auf Luft bezogenen Index der äußersten Linsenschicht, der Linsenkapsel (Corticalis), b den Linsenradius, y den Abstand einer jeden Schicht vom Zentrum und ζ eine bei Fischen sehr große Constante, das „Inkrement des Brechungsindex“ bezeichnet, die aus der Formel $N_m = N_1 (1 + \zeta)$, in welcher N_m den Index des Kernzentrums bedeutet, gewonnen wird.

1) Die Fischlinse ist, wie schon erwähnt, nahezu oder vollkommen kugelig, während die Linsen der Landtiere stets mehr oder weniger flach sind.

2) Der Brechungsindex der gesamten Linse, der sogenannte „Totalindex“, ist bei Fischen höher als bei Säugetieren (MATTHIESSEN, 65).

3) Die Zunahme der Brechungsindices der einzelnen Linsenschichten¹⁾ von außen nach innen, oder das „Inkrement des Brechungsindex“, ist bei Fischen im Verhältnis zur Landtierlinse sehr hoch (MATTHIESSEN, 68).

4) Der Index der äußersten Linsenschicht, das Inkrement der Indices und der Index des „Kernzentrums“ und der Totalindex der Fischlinse sind nicht nur höher als bei Landtieren, sondern sie sind ziemlich konstant, während diese Größen bei Linsen von Landtieren stärker schwanken²⁾.

1) Wenn ich den von MATTHIESSEN gebrauchten Ausdruck „Linsenschichten“ anwende, so denke ich natürlich nicht etwa an einen geschichteten Bau der Linse, die „Schichten“ bestehen vielmehr nur in der Vorstellung, in Wirklichkeit aber ist die Linse, wie wir durch RABL (83) wissen, nicht geschichtet, und wir gehen gewiß nicht fehl, wenn wir auch eine stetige Zunahme des Brechungsindex der Linsensubstanz von außen nach innen annehmen.

1) Wie weit und innerhalb welcher Grenzen dies zutrifft, läßt sich am besten aus den für den Index des Kernzentrums ermittelten Werten ersehen. Dieselben betragen bei Fischen, bezogen auf Luft

Karpfen	1,5247	(MATTHIESSEN, 65)
Brachsen	1,5059	(„ 65)
Mullus	1,5247	(„ 65)
Hecht	1,5203	(„ 65)
Dorsch	1,5247	(„ 65)
Seebarsch	1,5260	(„ 62)
Wels	1,5396	(„ 67)

während bei Säugetieren größere Schwankungen innerhalb geringerer Werte, nämlich von 1,4037 bei Simia (MATTHIESSEN, 65) bis 1,4751 bei Walen (MATTHIESSEN, 68) vorkommen. — Die hier genannten Zahlen sind unter den von MATTHIESSEN in den verschiedenen Schriften gemachten verschiedenen Angaben die das meiste Vertrauen verdienenden, denn sie beruhen auf Berechnung aus dem Index der Corticalis und dem Inkrement der Indices, und dieser Weg führt zu genaueren Resultaten als direkte Messung (MATTHIESSEN, 64), oder gar als die Berechnung der Werte aus den Dimensionen des Auges in älteren Zeichnungen (MATTHIESSEN, *ibid.*). Nur der Wert für den Seebarsch ist nach den von MATTHIESSEN selbst gemessenen Dimensionen des Auges bestimmt worden, und der für Wale durch direkte Messung.

Aus diesen Tatsachen lassen sich folgende Schlüsse ziehen.

ad 1) Die brechende Kraft der Linse kann bei konstantem Durchmesser durch verstärkte Wölbung der Linsenflächen nur so lange gesteigert werden, bis die Linse kugelig ist. Dieses Maximum der Wölbung ist bei Fischen erreicht, ein Plus wäre nicht möglich. Selbst wenn man auf Grund theoretischer Erwägungen eine Steigerung der Wölbung für möglich erklären wollte, nämlich durch Herstellung einer in der Richtung der Achse verlängerten Linse, so ergibt sich doch deren Unmöglichkeit für den Organismus der Fische daraus, daß bei ihnen, bei denen es doch auf stark gewölbte Linsen abgesehen ist, die Linsen stets entweder völlig kugelig oder nur sehr wenig abgeplattet, nie aber auch nur eine Spur verlängert sind.

ad 2, 3 und 4) Wie wir wissen, wird eine Erhöhung des Brechungsindex dadurch erreicht, daß die Linsenfasern einem der Verhornung ähnlichen Prozeß unterliegen. Daß dieser Prozeß bei einem bestimmten Grade der Verhornung seine Grenze erreichen muß, ist geradezu selbstverständlich. Da die Indices bei Fischen höher als bei Säugetieren sind und zugleich weniger variieren und die Zunahme der Indices von außen nach innen sehr rasch erfolgt, so muß angenommen werden, daß auch das Maximum der Verhornung und damit auch das Maximum der Brechkraft erreicht ist, ein Plus wäre auch in dieser Hinsicht nicht möglich.

Wir sehen also, daß die Fischlinse sowohl hinsichtlich ihrer Form als auch hinsichtlich ihres Brechungsindex eine Maximalleistung des tierischen Organismus darstellt.

Durch diese merkwürdige Eigenschaft wird zugleich das Verhalten der Linse bei den Fischen ein sehr gleichartiges, die Linse bietet nicht so viele Mannigfaltigkeiten wie die Landtierlinse.

Die hiermit und mit dem Erfordernis deutlicher Bilder zusammenhängenden Eigenschaften der Retina und deren Rückwirkungen auf die Form und Größe des gesamten Bulbus werden in den entsprechenden Kapiteln besprochen.

MATTHIESSENS Ermittlungen, mit deren Gültigkeit auch unsere Schlußfolgerungen stehen und fallen, beziehen sich zwar nur auf Teleostier, nicht auf Selachier. Daß unsere Schlußfolgerungen aber auch für Selachier gelten, können wir aus der gleichfalls kugeligen Form der Selachierlinse, aus ihrer im Kapitel „Retina“ erschlossenen Eigenschaft der Periskopie, sowie aus der Gleichheit der Lebensbedingungen aller Fische mit größter Gewißheit durch Analogieschluß erkennen.

Eine stärkere Brechkraft der Linse kann ferner *ceteris paribus* durch Verkleinerung der Linse erzielt werden, da hierdurch die Linsenflächen stärkere Krümmungen erhalten. Da nun die Selachierlinse bei maximal erweiterter Pupille stets ihre ganze Vorderfläche bis zum Aequator den Lichtstrahlen bietet (BEER, 6), so muß man annehmen, daß die Linse nicht größer ist, als es unbedingt erforderlich war, und die Verkleinerung so weit getrieben wurde, wie es die äußeren Lebensbedingungen des Tieres gestatteten.

Daß die äußeren Lebensbedingungen hierbei wesentlich mitsprechen, geht aus der folgenden Tabelle hervor, in welcher der Linsendurchmesser mit der Körperlänge verglichen wurde. Der Linsendurchmesser wurde natürlich durch direkte Messung ermittelt, ebenso die Körperlänge, wenn ganze Tiere zur Verfügung standen. Wo nur die über die Rückenflosse hinaus reichenden Vorderteile der Tiere zur Verfügung standen, wurde die Körperlänge durch proportionale Vergrößerung der Abbildungen von JOH. MÜLLER und J. HENLE (73) ermittelt (Mustelusarten). Standen bloß Augen zur Verfügung, daneben aber Museumsexemplare, so wurde die Körperlänge und die Hornhautlänge des Museumsexemplares sowie die Hornhautlänge des untersuchten Auges gemessen und daraus die Körperlänge des ehemaligen Besitzers dieses Auges ermittelt (Spinax, Chimaera). Die Ungenauigkeit, die hierin liegt, da das Verhältnis der Augengröße zur Körperlänge bei jüngeren Tieren wahrscheinlich ein anderes als bei älteren ist, kommt nicht in Betracht, da nur solche Vergleichsexemplare gewählt wurden, deren Augengröße der Größe des untersuchten Auges nahestand. Tiere, von denen nur Augen zur Verfügung standen und deren Körperlänge nicht ermittelt werden konnte, fanden in der Tabelle (p. 789) keine Aufnahme.

Aus dieser Tabelle geht mit Evidenz folgendes hervor:

1) Plattfische, die am Grunde leben und daher meist nach oben blicken müssen, in deren Auge also viel Licht fällt, haben die relativ kleinsten Linsen (Raja und Squatina, bei welchem letzteren sogar die Augenachse schräg aufwärts gerichtet und die Linse daher am allerkleinsten ist).

2) Größer sind die Linsen der Taghaie mit seitlich liegenden Augen (Carcharias, Acanthias, Mustelus, Galeus).

3) Noch größer ist die Linse des Nachthais Scyllium.

4) Die größten Linsen besitzen die in großen stets dunklen Tiefen lebenden Arten (Spinax, Chimaera).

	Name	Linsen- durchmesser in mm	Körper- länge in mm	Verhältnis des Linsendurchmessers zur Körperlänge
1	<i>Squatina squatina</i>	2,5	350	1 : 140
2	<i>Raja asterius</i>	8,8	1250	1 : 140
3	<i>Raja batis</i>	3,8	510	1 : 130
4	<i>Carcharias glaucus</i>	12,0	1400	1 : 117
5	<i>Acanthias acanthias</i>	10,5	880	1 : 84
6	<i>Mustelus laevis</i>	5,0	370	1 : 74
7	<i>Mustelus mustelus</i>	6,2	415	1 : 69
8	<i>Galeus galeus</i>	5,8	380	1 : 66
9	<i>Scyllium canicula</i>	6,5	450	1 : 62
10	<i>Acanthias blainvilli</i>	7,2	350	1 : 49
11	<i>Spinax spinax</i>	8,0	390	1 : 49
12	<i>Chimaera monstrosa</i>	16,0	700	1 : 44

Auffallend ist nur die tiefe Stellung von *Acanthias acanthias* in der Reihe, der auf gleicher Stufe mit dem Tiefenhai *Spinax spinax* steht.

In dieser Tabelle zeigt sich deutlich die Abhängigkeit der Linsengröße von dem Bedürfnis nach Licht.

Die Anordnung der Linsenfasern ist nach RABL (83) eine äußerst regelmäßige.

Die Dicke der Linsenkapsel schwankt von 12 (*Torpedo*) bis 60 μ (*Chimaera*) und ist damit im allgemeinen ziemlich groß, denn beim Kinde sowie beim Kalbe finde ich nur eine 7 μ dicke Linsenkapsel.

Die fast vollständige Kugelform der Fischlinse macht wahrscheinlich, wie wir mit PÜTTER erkennen, daß eine Accommodation durch Verstärkung der Krümmungen wie bei Säugetieren, Vögeln und Reptilien nicht möglich ist. Im übrigen sehen wir in der Dicke der Linsenkapsel, in der von MATTHIESSEN bei Teleostiern und Ganoiden gelehrtten Härte der Linsensubstanz, die wir nach oben Gesagtem auch bei den Selachiern annehmen müssen, und mit RABL (83, 84) in der regelmäßigen Anordnung der Linsenfasern den Ausdruck fehlender Plastizität und großer Starrheit der Linse und können schon hieraus schließen, daß eine Accommodation durch Veränderung der Linsenkrümmung unmöglich ist.

6. Glaskörper und Zonula Zinnii.

Glaskörper und Zonula Zinnii sind zwar funktionell verschiedenartige, morphologisch aber gleichwertige Organe und werden daher gemeinsam behandelt.

Beide Gebilde bleiben im Selachierauge stets in inniger Beziehung zueinander. Die beobachteten Tatsachen stehen im besten Einklang mit der neuen Lehre vom hauptsächlich oder wenigstens teilweise retinalen Ursprunge der bleibenden Glaskörper, die trotz einiger Gegner (CARINI, 18, DE WAELE, 105, 106, BERTACCHINI, 12, LENHOSSEK, 54) sich heutzutage immer mehr einzubürgern scheint, durch Arbeiten von TORNATOLA (98), CIRINCIONE (22 und 23) KÖLLIKER (47), RABL (85), VAN PEE (81) ziemlich sicher gestellt und bezüglich des Glaskörpers der Selachier durch SZILI (46), SCHOEN (91), ADDARIO (1), RABL (85) geprüft und bestätigt wurde. Das Ergebnis dieser Forschungen ist bekanntlich, daß Glaskörper und Zonula Zinnii hauptsächlich oder wenigstens teilweise Produkte der Zellen des inneren Blattes der Pars ciliaris retinae sind.

Am besten erlangt man einen Ueberblick über das Verhalten von Glaskörper und Zonula, wenn man durch das Auge einen Vertikalschnitt legt, der die Linse in zwei ungleiche Hälften teilen würde; der Schnitt muß also neben der Mitte geführt werden. Die Linse muß dabei aber unverletzt in ihrer Lage bleiben.

Man sieht dann die Linse etwa zur Hälfte im Glaskörper stecken. Von ihrem Aequator geht ein feines, gelatinöses Häutchen, sehr ähnlich der Zonula Zinnii im Säugetierauge, das nur als eine verdickte, festere Oberflächenschicht oder Hyaloidea des Glaskörpers erscheint, zum Innenrande des Corpus ciliare und bedeckt das ganze Ciliare. Indem es über den Glaskörper geht, schließt es diesen nach vorne ab. Es ist wahrscheinlich vollkommen identisch mit der an der oberen Seite des Glaskörperwalls befindlichen „zusammenhängenden Masse“, in die nach H. VIRCHOW (100) bei Fischen alle Schichten des Glaskörpers übergehen. Ebenso ist es wahrscheinlich identisch mit einem von VIRCHOW (ibid.) beobachteten Häutchen, von dem VIRCHOW sagt „Bei Haien konnte ich ein ungefärbtes Häutchen von der hinteren Fläche der Iris abziehen“ (daß das Corpus ciliare der Selachier zum Teil der Unterseite der Iris angehört, wurde ja im Kapitel „Corpus ciliare“ gezeigt). Bei *Mustelus* war es nach VIRCHOW sehr derb.

Trennt man das vordere Augensegment von dem hinteren und nimmt alsdann aus dem ersten die Linse mit einer Pinzette heraus, so haften die Glaskörperreste an dem beschriebenen, die Linse mit dem Corpus ciliare verbindenden Häutchen. Fällt, was bei Augen, in denen die Linse durch Druck von außen her aus ihrer natürlichen Lage gebracht worden ist, gewöhnlich geschieht, beim Auf-

schneiden des Auges die Linse heraus, so haftet an ihr oft der ganze Glaskörper, einschließlich des Linsenbändchens, ein Zeichen, daß diese Teile fester miteinander zusammenhängen als der Glaskörper mit der Pars optica retinae. Stets, wenn das Linsenbändchen vom Corpus ciliare abgerissen worden ist, zeigen sich Abdrücke der Falten des Corpus ciliare, und häufig haften, namentlich dorsal, auch noch Reste des Pigmentepithels daran, so daß also Linsenbändchen und Pigmentepithel des Corpus ciliare sehr fest aneinander haften.

Sofern es überhaupt gestattet ist, aus diesen Tatsachen Rückschlüsse auf die Entstehungsgeschichte zu ziehen, ergibt sich in guter Uebereinstimmung mit den Ergebnissen der embryologischen Forschungen folgendes:

1) Glaskörper und Linsenbändchen sind innig zusammengehörige Gebilde, also wahrscheinlich Gebilde gleicher Entstehung.

2) Als Ort ihrer Entstehung ist die Pars ciliaris retinae anzusehen.

Hieraus folgt, daß dieses Linsenbändchen der Fische ein der Zonula Zinnii der höheren Wirbeltiere homologes Organ ist. Es soll daher auch hier diesen Namen führen, trotz der noch zu besprechenden Unterschiede gegen die echte Zonula Zinnii.

LENHOSSÉKS Ansicht (54) vom lentikulären Ursprung des Glaskörpers findet trotz der festen Verbindung zwischen Linse und Zonula keine Stütze, denn die Zonula ist an der Linsenkapsel befestigt, nach LENHOSSÉK aber ist der Glaskörper von seinem Mutterboden, der Linse, viel früher losgelöst, als von einer Linsenkapsel die Rede sein kann. Die Befestigung der Zonula an der Linse kann also nur eine sekundäre sein. Das Vorkommen einer derartigen sicher sekundären festen Verbindung erinnert natürlich sogleich an die Unsicherheit, mit welcher man aus derartigen Verbindungen, wie z. B. zwischen Zonula und Pars ciliaris retina, und zwischen Glaskörper und Zonula, auf einen primären Zusammenhang schließen kann. Doch will ich hier nur zeigen, daß die Befunde bei der Präparation mit den Ergebnissen der Embryologie harmonieren.

Besondere Differenzierungen der Zonula ergeben sich an zwei Stellen, nämlich dorsal und ventral.

Dorsal ist der Zusammenhang der Zonula mit der Retina ein äußerst fester, wie die Tiefe der Falteneindrücke vom Corpus ciliare und die Mengen des anhaftenden Pigments bei der oben beschriebenen Präparation beweisen, auch ist hier die Zonula be-

sonders stark. Es wird dadurch das Linsenaufhängeband oder *Ligamentum suspensorium lentis* oder die „Sehne“, an der die Linse von oben herabhängt, gebildet.

Bei Selachiern konnte ich auch in mikroskopischen Schnitten nie in diesem Ligament Fasern finden, wie VIRCHOW (99) beim Thunfisch angibt, auch ist es nie pigmentiert. Nur bei Formolkonservierung des Scyllium-Auges finde ich darin Fasern. Stets stellt es eine homogene, gelatinöse Masse dar. In dieser Hinsicht scheint es wieder dem *Ligamentum suspensorium* anderer Fische zu gleichen, bei denen es nach MANZ (59, 60) auch seinem histologischen Baue nach nur eine „Verdickung der Hyaloidea“ ist. Vor allem aber ist es nie seitlich scharf abgegrenzt, sondern es erstreckt sich etwa über das obere Viertel des Auges und geht ganz allmählich in die übrigen Teile der Zonula über, wie es ja nur einen verdickten und verstärkten Teil derselben darstellt.

Häufig liegt das *Ligamentum suspensorium* jedoch nicht an dem Kegelmantel der übrigen Zonula, sondern tritt entweder nach vorn oder nach hinten etwas heraus. In solchen Fällen sind die Radiärfalten des *Corpus ciliare* dorsal etwas nach innen zu verlängert, bzw. verkürzt, so daß sie jedesmal bis zum Ursprung des Ligaments und nicht weiter nach innen reichen.

Ventral findet sich auf einer Papille des *Corpus ciliare* der Linsenmuskel. Die direkte Befestigung desselben mit der Linse ist meist sehr schwach und wird stets verstärkt dadurch, daß er durch dicke, gelatinöse, der Zonula angehörige Massen mit der Linse verklebt wird. Die Radiärfalten des *Corpus ciliare* erstrecken sich stets bis auf die Höhe der Papille und nicht weiter pupillarwärts. Sie sind daher an dieser Stelle verlängert, und der betreffende Teil der Zonula liegt nach innen von der übrigen Zonula, wenn die Papille des Linsenmuskels nach innen von der übrigen Breite des *Corpus ciliare* liegt. Dieser Teil der Zonula stellt offenbar das dar, was von früheren Untersuchern der Fischaugen als „Sehne“ der *Campanula* bezeichnet wurde. In seinem histologischen Verhalten bietet er nichts Besonderes.

Daß die Zonula Zinnii eine größere Konsistenz besitzt als der Glaskörper wird auch auf Mikrotomschnitten wahrscheinlich. Solche erhält man, wenn man vorsichtig, ohne die Zonula zu verletzen, die Linse aus ihrer Kapsel herauspräpariert und das Objekt dann schneidet. In diesem Schnitte stellt die Zonula eine stets homogene Masse dar, die sich vom Innenrand des *Corpus ciliare* zum Linsen-

äquator hinzieht. Sie erscheint gegen den Glaskörper ebenso scharf abgegrenzt wie gegen die vordere Kammer. Der Glaskörper besteht nämlich aus äußerst feinen im mikroskopischen Präparat oft schwer erkennbaren Fasern (niemals finde ich einen geschichteten Bau), von denen einige hinten am Linsenbändchen festhaften. In der Zonula konnte ich indessen im allgemeinen keine Fasern nachweisen, nur bei *Scyllium* finde ich solche. Dagegen findet HERZOG (39) bei Teleostiern Fasern zwischen Linsenmuskel und Linse sowie in der Zonula, und erklärt sie für cutikulare Bildungen.

Ueber die Funktion der Zonula ist es nicht nötig, viele Worte zu verlieren. Sie dient in ihrer Gesamtheit dazu, die Linse in ihrer Lage zu fixieren und den Glaskörper nach vorne hin abzuschließen. Wird die Linse bei Verengerung der Pupille nach hinten gedrückt, so dürfte die Zonula etwas gespannt werden und daher die Linse in ihre alte Lage zurückbringen, sobald die Pupille wieder erweitert wird.

Der dem Linsenmuskel zufallende Teil der Zonula dient natürlich zur Herstellung einer festen Verbindung zwischen Linse und Muskel, zwischen denen eine hinreichend feste, direkte Verbindung, wie wir durch Rückschluß erkennen, nicht möglich war.

Der als *Ligamentum suspensorium lentis* differenzierte Teil der Zonula hat die Aufgabe, dem Zuge des Linsenmuskels ein zweites *Punctum fixum* zu bieten und die Bewegung der Linse zu hemmen. Außerdem hat er vielleicht vermöge seiner Elastizität als Antagonist des Linsenmuskels zu wirken, d. h. die aus ihrer Ruhelage gebrachte Iris in die alte Lage zurückzubringen.

Ueber die Funktion des Glaskörpers ergibt sich nichts Neues. Gefäße besitzt er bei Selachiern bekanntlich nicht. Eine Ansammlung von Zellen, die mit einem Gefäßquerschnitt Aehnlichkeit haben, finde ich im Glaskörper von *Spinax*.

7. Accommodationsapparat.

Der Accommodationsapparat der Fische besteht nach allgemeinen Angaben aus dem *Ligamentum suspensorium lentis*, ferner aus der *Campanula Halleri* (oder dem Linsenmuskel VIRCHOWS, dem *Musculus retractor lentis* BEERS) und dem *Processus falciiformis*, einer dem Linsenmuskel Gefäße zuführenden Leiste. Selbstverständlich ist der Linsenmuskel ein wesentlicherer Teil des

Accommodationsapparates als die Gefäße führende Leiste, zumal letztere ganz fehlen kann (MANZ, 61, VIRCHOW, 100).

Was nun die Selachier betrifft, so habe ich mich über das Ligamentum suspensorium schon im vorigen Kapitel ausgelassen. Ueber die Campanula und den Processus falciformis herrscht in der Literatur die größte Unklarheit, ob sie bei Selachiern überhaupt vorhanden sind oder nicht.

Sucht man die Originalarbeiten durch, so findet man nur eine einzige Angabe, derzufolge Processus falciformis und Campanula bei Selachiern vorkommen: SOEMMERING (90) beschreibt beide Teile bei *Raja clavata*. Sonst werden fast stets Campanula und Processus falciformis den Selachiern abgesprochen. Bei *Acanthias acanthias* fehlen sie nach SOEMMERING selbst. LEYDIG (57, 59) beschreibt beide Gebilde bei Teleostiern, fügt aber (57) ausdrücklich hinzu, daß sie den Selachiern fehlen. DUMERIL (26) sagt, daß man den Processus falciformis bei Selachiern nicht findet. MANZ (61) versichert das Fehlen beider Gebilde, nur bei *Spinax* findet er eine Campanula. Für VIRCHOW (103) gilt es als feststehend, daß den Selachiern die Campanula fehlt. BEER (6) findet bei Selachiern keine Accomodation.

Im Gegensatz zu diesen vorwiegend negativen Angaben über das Vorkommen der fraglichen Teile bei Selachiern stehen die Auskünfte, die man durch die gebräuchlichsten Lehr- und Handbücher erhält: LEUCKART (55) sagt unter Bezugnahme auf SOEMMERING, daß dieser die Campanula bei Rochen beschrieben habe. WIEDERSHEIM (108) und GEGENBAUR (32) sagen übereinstimmend aus, daß bei „Fischen (Selachiern, Teleostiern)“ Campanula und Processus falciformis vorkommen. Von CLAUS (24), HERTWIG (38) und CARRIÈRE (19) werden beide Gebilde den Fischen allgemein zugeschrieben. Diese Angaben stützen sich zum Teil gewiß auf SOEMMERINGS Mitteilung, wie bei LEUCKART, der ihn zitiert, und GEGENBAUR und CARRIÈRE, die die von SOEMMERING gelieferte Abbildung wiedergeben; zum Teil beruhen sie vielleicht nur auf einem Irrtum, der darauf zurückzuführen ist, daß LEYDIG den Accommodationsapparat der Teleostier gerade in seiner Mikroskopischen Anatomie der Rochen und Haie beschreibt. Bei MANZ (60) ist dieser Irrtum nachweisbar; denn er sagt „LEYDIG, welcher die hierauf bezüglichen Untersuchungen an Individuen aus der Familie der Rochen und Haie gemacht hat“. Angeblich auf eigenen Beobachtungen dagegen beruhen die Mitteilungen und Zeichnungen eines deutlichen, langen Processus falciformis und einer kugeligen Campanula im Selachierauge in

zwei ganz neuen Lehrbüchern, nämlich in HALLERS vergleichender Anatomie (34) und in JAMMES' Zoologie pratique [45]¹⁾.

1) Die Darstellungen, die das Selachierauge in den zwei letztgenannten Büchern erfährt, zeigen deutlich, wie wenig die Eigenschaften des Selachierauges bisher bekannt sind.

In HALLERS Lehrbuch der vergleichenden Anatomie (34) wird das Auge von *Scyllium catulus* beschrieben und abgebildet. Fehlerhaft ist darin folgendes: Die Iris hat baumförmigen Querschnitt. Das Vorkommen von Muskelfasern, die in der Iris liegen und sich von der Iris zur Sklera und Chorioidea hin erstrecken sollen, wird behauptet. Von der Retina soll an der Unterseite der Iris nur das äußere Blatt vorhanden sein, das innere fehlen. Die Linse scheint im Auge zu schweben, über die Art ihrer Befestigung erfahren wir nichts. Vor allem besitzt aber das Auge einen sehr großen, wurstförmigen *Processus falciformis*, der in einen eiförmigen Knopf, die *Campanula* endigt. Das Fehlen des *Processus falciformis* steht für mich indessen vollkommen fest, obgleich ich das Auge von *Scyllium catulus* nicht methodisch untersuchen konnte, denn an einem Gehirnpräparat des hiesigen Instituts, welches zugleich einen Einblick in das Auge gestattet, konnte ich das Fehlen des *Processus falciformis* bei *Scyllium catulus* ebenso so sicher wie in den Augen von *Scyllium canicula* und anderen Haien nachweisen. Der die *Campanula* darstellende eiförmige Knopf ist natürlich auch völlig unrichtig dargestellt. Die Darstellung von *Processus falciformis* und *Campanula* entspricht etwa einer von LEYDIG (59) gegebenen Abbildung beider Teile, und Haller hat sich offenbar nicht getraut, das, was er bei der Sektion des Auges zweifellos nicht gesehen hat, in der Zeichnung auch fortzulassen. Daß jedoch im übrigen der Zeichnung eine selbstaufgeführte Sektion zu Grunde liegt, geht aus der ziemlich richtig wiedergegebenen Form der *Bulbus* sowie aus der Wiedergabe vieler Einzelheiten (Muskeln, TENONsche Kapsel u. s. w.) mit Sicherheit hervor.

Viel schlimmer steht es in dieser Hinsicht mit der von JAMMES in seiner ganz neuen Zoologie pratique (45) gelieferten, durch einige Worte erläuterten Zeichnung, die das Auge von *Scyllium catulus* darstellen soll. Die geringe, seitliche Ausdehnung des horizontal durchschnittenen *Bulbus*, die sehr dünne Knorpelplatte, die in einer sehr dicken, fibrösen Sklera liegt, die dicke Cornea, die keilförmige Exkavation der Sehnerveneintrittsstelle in der Retina, der S-förmig gewundene *Processus falciformis* mit der klumpenförmigen *Campanula*, die dem Text zufolge im Zentrum(!) der Linse enthalten sein soll, alles dies erscheint mit minimalen Veränderungen in der Abbildung des *Scyllium*-Auges von JAMMES genau so, wie in der Abbildung vom typischen Fische in WIEDERSHEIMS Lehrbuch, so daß an der Identität beider Zeichnungen kein Zweifel bleibt. Wenn es in der Vorrede des Buches heißt, allen Zeichnungen lägen vom Autor selbst aufgeführte Sektionen zu Grunde, so trifft das wenigstens

Dagegen lehrt das Lehrbuch von BOAS (13), daß diese Teile nur dem Teleostierauge eigen seien, ebenso das Buch von PARKER und HASSWELL (80) und endlich sagt FRORIEP (31), daß nach übereinstimmenden Angaben der Accommodationsapparat den Selachiern fehle.

Ziehen wir das Facit, so sind *Processus falciformis* und *Campanula* den Selachiern ebenso oft zugeschrieben wie abgesprochen worden.

Meine Untersuchungen ergeben das Folgende: Der *Processus falciformis* fehlt, die *Campanula* oder der Linsenmuskel ist stets vorhanden¹⁾.

Ich konnte den Linsenmuskel an allen Augen, die mir in hinreichend gut fixiertem Zustande zur Verfügung standen, nachweisen: Die unrichtigen Angaben Früherer beruhen, soweit sie überhaupt auf eigene Untersuchungen gegründet sind, sicher auf dem Studium ungenügend fixierten Materials. An solchem konnte ich auch stets gar nichts oder nur ganz unkenntliche Reste des Linsenmuskels erkennen. Tatsächlich sind solche Reste auch der Beobachtung älterer Forscher nicht entgangen: SOEMMERING (94) teilt mit, daß bei *Acanthias acanthias* die *Processus ciliares* die Linse am ventralen Rande zu berühren scheinen. MANZ (61) findet bei *Spinax*, wie schon gesagt, eine *Campanula*, bei anderen Selachiern findet er einen fadenförmigen Irisfortsatz. BERGER (10) beschreibt genau einen bei Selachiern beobachteten Fortsatz, der von der Iris an ihrem unteren Teile sich gegen die Linse erhebt. NUSSBAUM endlich hat, gelegentlichen Mitteilungen zufolge, die den Linsenmuskel tragende Papille bei *Mustelus* genau gesehen und beschreibt sie einmal als Sichelfortsatz (77), einmal als *Musculus retractor lentis* (78). Besseres und reichhaltigeres Material lehrten mich den Linsenmuskel genauer kennen. Die Methoden, denselben makroskopisch darzustellen, sind folgende. Steht nur ein Auge zur Verfügung, an dem der Accommodationsapparat dar-

für diese Figur sicherlich nicht zu. Die übrigens nach BEER (6) ganz unzureichende Zeichnung eines typischen Fischauges wird damit jetzt zur Abbildung des Auges von *Scyllium*!

1) Anmerkung bei der Korrektur: In letzter Stunde erhalte ich aus Triest Augen von *Raja clavata*, auf Grund deren ich die oben genannte, in vielen Lehrbüchern wiederholte Angabe SOEMMERINGS endgiltig widerlegen kann. Der *Processus falciformis* fehlt auch hier, nur ein Linsenmuskel ist vorhanden. Da SOEMMERINGS Beschreibung sehr bestimmt gehalten ist, so ist anzunehmen, daß ihm irgend eine Verwechslung vorgekommen ist.

gestellt werden soll, so ist es am besten, einen Vertikalschnitt durch dasselbe und zwar dicht neben der Augennachse, dieser parallel, zu führen, wobei die Linse vorsichtig in ihrer Lage belassen werden muß. Genügt ein Schnitt noch nicht, um mit hinreichender Deutlichkeit die wichtigen Teile zu zeigen, so führt man einen zweiten entsprechenden, der von der Medianebene nach der anderen Seite ebenso weit entfernt ist, wie der erste von der einen. Man hat sodann das Auge in 3 Teile zerlegt, in ein nasales und ein temporales Segment und eine mittlere, durch 2 Vertikalebene begrenzte Zone. Letztere enthält, wenn das Präparat gut gelungen ist, die Linse und den Accommodationsapparat. Dieser besteht aus 2 Teilen, dem dorsalen Ligamentum suspensorium und einem ventralen Linsenmuskel.

Der Linsenmuskel wird fast stets von einer Papille des Corpus ciliare getragen. Diese ist es, die bei makroskopischer Untersuchung vor allem auffällt. Sie ist der Hauptsache nach bindegewebig und enthält die Gefäße für den Linsenmuskel. Die Fasern des Linsenmuskels sind nur mikroskopisch zu erkennen. Sie liegen, wie es scheint, meist vorwiegend an den seitlichen Teilen des Fortsatzes, häufig zum Teil auch an der Spitze desselben. Sie sind gleich den Muskelzellen der Irismuskulatur, Epithelmuskelzellen und entstammen zum kleineren Teil den inneren, zum überwiegend größeren dem äußeren Blatte der Pars iridiaca retinae. Hierin liegt nichts Erstaunliches, denn für Salmoniden ist schon von NUSSBAUM (78, 79) und HERZOG (39) der retinale Ursprung des Linsenmuskels nachgewiesen worden. Die Muskelfasern inserieren stets in der Gegend des Linsenäquators. Die Art ihrer Befestigung, sowie das Verhalten des Corpus ciliare zu dem, den Linsenmuskel tragenden Fortsatz wurde schon im vorigen Kapitel besprochen. Hier sind nur noch zwei Tatsachen nachzutragen. Wenn sich der Fortsatz des Corpus ciliare der Linse breit anlegt (Mustelus), so sind an seinem Scheitel, wo er die Linse berührt, die beiden Retinablätter zurückgewichen, so daß der bindegewebige Teil des Fortsatzes mit der Linse in direkte Berührung gelangt. Der Fortsatz wechselt ferner in seiner Lage etwas. Er kann wesentlich innerhalb des Corpus ciliare liegen, er kann aber auch auf der Unterseite der Iris pupillwärts rücken. Bei Acanthias und Chimära liegt er fast am Pupillarrande; bei Spinax ist er bis an denselben gerutscht. Hier fehlt nun eigentlich ein Fortsatz der Iris, die Iris biegt vielmehr am Rande selbst nach dem Glaskörper zu um, und der Linsen-

muskel, hier in sehr schwacher Ausbildung, steht seitlich in Verbindung mit der noch viel schwächeren Irismuskulatur, stellt also nur noch einen Teil der letzteren vor.

Der Linsenmuskel ist verschieden stark, am schwächsten finde ich ihn bei *Spinax*, stets aber ist er viel schwächer als der Linsenmuskel der Teleostier, den ich beim Hecht untersuchte. Der ganze Apparat, Linsenmuskel und Fortsatz des Corpus ciliare gleicht vielleicht dem Linsenmuskel derjenigen Teleostier, denen der *Processus falciformis* (die „Leiste“) fehlt. Der letztere fehlt auch den Selachiern. Die Gefäße des Linsenmuskels liegen in der Chorioidea und im Corpus ciliare und natürlich auch in der Papille. Diese deshalb als *Processus falciformis* zu bezeichnen, halte ich nicht für berechtigt; denn sie dient wesentlich zum Stützen des Linsenmuskels, während der echte *Processus falciformis*, ein großes von der Eintrittsstelle des Nervus opticus bis zu dem Linsenmuskel sich erstreckendes Gebilde, der ausschließlichen Bergung der Gefäße und Nerven für den Linsenmuskel dient, und unter Umständen Träger eines eigenen Gefäßsystems sein kann (VIRCHOW, 100). Auch möchte ich nicht mit VIRCHOW (103) von einem „Stiel“ des Linsenmuskels sprechen, da letzterer bei Selachiern hauptsächlich nicht an der Spitze der Papille sitzt, sondern ihr zu beiden Seiten anliegt.

Den Verlauf der Gefäße des Linsenmuskels habe ich geglaubt, nicht weiter verfolgen zu müssen, da VIRCHOW (100) gezeigt hat, wie wenig wesentlich der Gefäßverlauf im Auge für die Morphologie ist, wie häufig hier cänogenetische Vorgänge Platz greifen. Letzterer Umstand läßt es etwas gewagt erscheinen, mit FRORIEP (31) in dem Vorhandensein einer primären Augenarterie im embryonalen Selachierauge den Rest eines *Processus falciformis* zu erkennen, und sehr wohl denkbar scheint es mir, daß auch die Vorfahren der Selachier nie einen *Processus falciformis* besessen haben.

Ueber die Funktion des Linsenmuskels bei Selachiern ist zunächst zu sagen, daß sich experimentell darüber nichts hat feststellen lassen. BEER (6) teilt die negativen Erfolge seiner Versuche, eine Accommodation bei Selachiern nachzuweisen, mit, während er bei Teleostiern sehr deutliche Accommodationsbewegungen der Linse feststellen konnte. Wie mir Herr Professor BEER in dankenswerter Weise brieflich mitteilte, ist es ihm auch bei vielen späteren Versuchen nicht gelungen, die Accommodation bei Selachiern nachzuweisen. Dies stimmt insofern mit den morphologischen Befunden überein, als der Linsenmuskel überall sehr schwach entwickelt gefunden wurde.

Trotzdem kann man sich fragen, welche Bewegungen der Linse möglich wären und vielleicht auch in geringem, nicht nachweisbarem Maße ausgeführt werden.

Eine Accommodation durch Entspannung der Linse ist ausgeschlossen (cf. Kap. „Linse“). Es kann höchstens eine Accommodation durch Ortsveränderung der Linse stattfinden. Die Richtung der Bewegung resultiert zunächst aus der Lage der Muskelfasern zu beiden Seiten der Papille, und daraus ergibt sich, daß die Bewegungsrichtung in die Vertikalebene fällt. Eine Bewegung in schrägseitlicher Richtung, wie sie von BEER bei Teleostiern nachgewiesen wurde, möchte ich bei Selachiern nicht annehmen, da die den Linsenmuskel tragende Papille stets durch die Medianebene des Auges in 2 spiegelbildlich gleiche Hälften geteilt wird. Die vertikale Komponente des Muskelzugs ist nun sicher nach unten gerichtet, die horizontale scheint meist eher nach vorn, gegen die Cornea hin, als nach hinten gerichtet zu sein. Dem Zuge nach unten wirkt das Ligamentum suspensorium entgegen, dem Zuge nach vorn bei den Arten, deren Linse der Cornea anliegt, wie *Acanthias* *Carcharias*, *Spinax*, *Chimaera* die Cornea. Daß letztere der Linse wesentlich nachgibt, ist als ausgeschlossen zu betrachten. Wenn das Ligamentum suspensorium dem Zuge des Muskels nachgibt, so ist dadurch kaum etwas für die Accommodation gewonnen. Denn es ist natürlich nicht anzunehmen, daß die Linse soweit der Hornhaut entlang gleitet, daß sie, der Krümmung derselben folgend, der Netzhaut wesentlich näher gebracht wird. Es ist also nicht anzunehmen, daß bei den genannten Arten eine erhebliche Accommodation möglich ist.

Bei denjenigen Arten, deren Linse durch die Iris von der Cornea getrennt ist (*Mustelus*, *Scyllium*, *Lamna*, *Squatina*, *Raja*, *Tropedo*) wäre eine Vorwärtsbewegung der Linse durch die horizontale Komponente an sich denkbar. Das bedeutete aber eine aktive Accommodation für die Nähe und ist deshalb unwahrscheinlich, weil durch BEERS Arbeiten sonst bei Wassertieren die Myopie und die aktive Accommodation für die Ferne nachgewiesen wurde, die bei ihnen, da sie in einem wenig durchsichtigen Medium leben, a priori wahrscheinlich ist. Der Schluß, zu welchem wir nunmehr kommen, ist daher, daß der Linsenmuskel der Selachier nach Größe und Lage zu zweckmäßigen Accommodationsbewegungen nicht fähig ist und daher nur als rudimentäres Gebilde aufgefaßt werden kann.

Trotzdem können bei den Arten mit enger Pupille Linsen-

bewegungen möglich sein, und zwar durch die Iris bewirkte. Die Lage der Linse zur Zonula und zum Glaskörper macht wahrscheinlich, daß auch bei diesen bei maximal erweiterter Pupille die Linse nach vorn gegen die Cornea rückt, während sie bei Verengerung der Pupille nach hinten gedrückt wird. Eine derartige Linsenbewegung ist aber, wenn sie überhaupt vorkommt, sicher nur von sehr untergeordneter Bedeutung und kann als Accommodation nicht bezeichnet werden. Der Organismus müßte nach Aufgabe des brauchbaren Linsenmuskels vorlieb nehmen mit dem, was ihm bleibt. Er müßte aktiv für die Ferne accommodieren, und er müßte ferner beim Accommodieren für die Nähe die Pupille erweitern, während das Umgekehrte beim Menschen geschieht und daher als das zweckmäßigere anzusehen ist.

Es ist nun interessant, den Accommodationsapparat des Fisch-
auges mit demjenigen des durch Entspannung der Linse accom-
modierenden Auges der terrestrischen Tiere zu vergleichen und
den Versuch zu machen, die vorhandenen Unterschiede aus den
Verschiedenheiten der Funktion zu erklären.

a) Bei Tieren, deren Linse der Formveränderung nicht fähig
ist (Fische, Amphibien, Schlangen) erfolgt die Accommodation
durch Ortsveränderung der Linse.

b) Bei terrestrischen Tieren, für welche eine weniger
stark brechende Linse von Wert ist, kann die Linse
flacher sein, so daß eine Verdickung, d. h. Zunahme der
Wölbung möglich ist, und sie kann weicher sein, da, wie die Fisch-
linse lehrt, die härtere Linsensubstanz stets die stärker brechende
ist. Terrestrische Tiere bedürfen der aktiven Accommodation für
die Nähe, die Accommodation findet daher durch die bei ihnen
ermöglichte Entspannung der Linse statt.

Um Verzerrungen der Bilder zu verhüten, darf bei diesen
Tieren der auf die Linse ausgeübte Zug nicht nur an zwei gegen-
überliegenden Stellen wirken, wie beim Linsenmuskel und Linsen-
aufhängeband der Fische, sondern ein zirkulär angeord-
neter Muskel ist erforderlich. Gleichzeitig erhält die Zonula
Zinnii eine überall gleichartige Ausbildung, ebenso das Liga-
mentum annulare oder, wie es bei Säugetieren genannt wird,
das Ligamentum pectinatum.

Eine präzisere Accommodation scheint beim Sehen in der
Luft nützlich geworden zu sein. Deshalb tritt an Stelle der
retinalen Muskulatur des Fischauges ausschließlich mesoderma-

tische Muskulatur auf. Die Zonula, die infolge der Spannung der Linse einen stärkeren Zug auszuhalten hat, besteht aus straffen Fasern statt aus einem homogenen Bändchen, aus demselben Grunde tritt an Stelle des schwachen Ligamentum annulare ein starkfaseriges Ligamentum pectinatum auf, und in der Sklera erscheint im Vogel- und Reptilienauge der knöcherne Skleralring.

8. Sklera.

Ueber die Histologie der Selachier-Sclera liegen Untersuchungen von LEYDIG (57), LANGHANS (51), und namentlich von BERGER (10) vor. Die Beobachtungen dieser Autoren kann ich in vielem bestätigen. Man hat demnach an der ganzen Sclera außer dem Scleraknorpel eine innere und äußere Faserschicht zu unterscheiden, die jedoch beide so dünn sind, daß die Formverhältnisse der Sclera durch den Knorpel allein bedingt werden. Die innere Faserschicht steht, wie schon bei der Besprechung der Chorioidea hervorgehoben, mit der dort als Suprachorioidea bezeichneten Schicht in Verbindung. Die äußere Faserschicht enthält nach BERGER von ihm genau beschriebene Pigmentzellen, deren Vorkommen ich jedoch nicht bestätigen kann. Die von BERGER beobachteten Gefäßschlingen im Scleraknorpel finde ich nicht, ohne ihre Existenz leugnen zu wollen. Die Einlagerung von Kalk in den Knorpel finde ich bei *Mustelus* genau so, wie sie BERGER bei *Torpedo* abbildet. Nie aber konnte ich so dicke Kalkplättchen finden, wie sie BERGER bei *Trygon* abbildet; vielleicht lagen mir nicht hinreichend alte Tiere vor. Durchaus beistimmen kann ich BERGER in dem häufigen Auftreten von Fasern im Knorpel, welche Faserbündel oder -Netze, die „Septen“ LANGHANS' bilden. Ich finde sogar vielfach am Cornealrande des Skleraknorpels und noch viel deutlicher an den Rändern des dem Skleraknorpel sehr ähnlichen Knorpels der Gelenkplatte Uebergänge von hyalinem Knorpel in faserigen Knorpel oder von diesem in faseriges Bindegewebe, so daß man auf ziemlich ausgedehnte Partien nicht sagen kann, ob man sie dieser oder jener Modifikation des Bindegewebes zurechnen soll. Wenn BERGER meint, der hyaline Knorpel wandle sich in faserigen um, so mag dies zum Teil richtig sein. Wie wir aber auf keinen Fall die Umwandlung des Faserknorpels in faseriges Bindegewebe annehmen dürfen, so wird sich vielleicht auch nicht immer der hyaline Knorpel in faserigen umwandeln, sondern die verschiedenen Ge-

websarten und ihre Zwischenstufen dürften bei der Differenzierung der Gewebe primär nebeneinander erscheinen.

Die von früheren Darstellern stets richtig erkannte Lagerung der der Begrenzungsfläche des Knorpels genäherten Knorpelzellen, welche dieser Fläche parallel liegen, wurde nach ihrer Bedeutung bisher nicht richtig gewürdigt. Die Zellen dieser Zone sind Zwischenstadien zwischen den zentralen Knorpelzellen und den umgebenden Bindegewebszellen, sie gehören schon der bekannten Uebergangszone zwischen Knorpel und Perichondrium an, und dieser Uebergang läßt sich genau verfolgen. Diese wiederholt beschriebene Erscheinung ist absolut nichts dem Scleraknorpel Eigentümliches, sondern sie kehrt überall an den Begrenzungsflächen von Knorpeln wieder. Wo der Knorpel nicht durch Flächen, sondern durch Kanten begrenzt wird, da tritt an Stelle dieses ziemlich plötzlichen Ueberganges der eben beschriebene, sehr allmähliche Uebergang in Faserknorpel und Bindegewebe auf. Beide Erscheinungen sind also im Prinzip die gleichen.

BERGERS Darstellung der Entstehung von Knorpelhöhlen kann ich bei Rajas asterias bestätigen.

Alle diese histologischen Eigentümlichkeiten mögen für die Beurteilung der mechanischen Bedeutung der Sclera wichtig sein. Auf sie kann man TRIEPELS (99) Wort anwenden: „Da ein Gewebe aus vielen Einzelbestandteilen besteht, so wäre es im höchsten Grade wunderbar, wenn sich die Summe aller Einzelwirkungen durch eine einfache mathematische Formel versinnbildlichen ließe“. Sie wurden daher zur Analyse der Aufgaben der Sclera meist nicht benutzt, da als viel bedeutsamerer Faktor die Dicke des Knorpels erkannt wurde. Daß letztere uns schon viele Fragen beantwortet, soll im folgenden gezeigt werden.

Die Sclera des Wirbeltierauges hat eine zweifache Aufgabe. Einmal schützt sie das Auge vor deformierenden Einflüssen von außen her, und zweitens schließt sie das Innere gegen die Umgebung ab und läßt so, indem sie selbst gespannt wird, den intraokularen Druck zustande kommen. Offenbar wird die Sclera durch die erste Funktion auf Druck, durch die zweite auf Zug beansprucht werden.

A priori muß man es nun durchaus für möglich erklären, daß eine dieser beiden Funktionen der Gestaltung der Sclera den Stempel aufdrückt, und daß sie bei dieser Gestaltung zugleich im stande ist, der zweiten Aufgabe zu genügen.

Dieser Fall liegt nun bei der Sclera vor. Diese Tatsache kann

uns die Sclera des Säugetierauges, da sie aus Bindegewebe besteht, aber mit besonderen physikalischen Eigentümlichkeiten, wie Härte u. s. w. ausgerüstet ist, nicht so deutlich lehren, als die Knorpelsclera der Selachier. Der Knorpel tritt überall als auf Druck beanspruchtes Gewebe auf, und für diesen Zweck ist er im Gegensatz zum Bindegewebe geschaffen, wie ja auch seine Druckfestigkeit nach Fick (28) im Mittel 10mal so groß ist als seine Zugfestigkeit. Die Sclera verdankt also ihre charakteristische Ausbildung dem Umstande, daß sie auf Druck von außen her beansprucht wird, und in dieser Ausbildung ist sie zugleich befähigt, die durch den intraokularen Druck hervorgerufene Zugspannung auszuhalten. Nur bei sehr großen Augen mit sehr dünner Sclera dürfte eine ziemlich dicke äußere Faserschicht der Sclera dazu beitragen, die hinreichende Zugfestigkeit der Sclera zu gewährleisten (Chimaera).

Die mechanischen Faktoren, deren Einwirkung die Druckfestigkeit erforderlich machen, sind die Wirkungen der Augenmuskeln und die Augenbewegungen. Diese genügen, um sehr viele Dickenverschiedenheiten des Knorpels zu erklären, sie sind das allerwesentlichste Moment.

Ganz allgemein läßt sich dies schon daraus erkennen, daß Tiere mit schwachen Augenmuskeln auch eine sehr schwache Sclera haben, was vor allem bei dem sehr großen Auge von Chimaera auffällt, während Tiere mit starken Augenmuskeln, wie Lamna und ganz besonders Selache, auch eine sehr dicke Sclera besitzen. Bei Chimaera, wo ja die Augenmuskeln und die Sclera sehr schwach sind, weist starke individuelle Variation der Knorpeldicke darauf hin, daß der Scleraknorpel überhaupt als in Degeneration befindliches Gebilde aufzufassen ist.

Im einzelnen lassen sich nun noch verschiedene Eigentümlichkeiten der Sclera durch die Wirkung der Muskeln funktionell erklären. Ein dabei in vielen Fällen gültiges Prinzip ist folgendes (Fig. 28): Wird senkrecht auf einen Punkt der Sclera von außen her ein Druck ausgeübt, so muß die Sclera, um möglichst widerstandsfest gegen diesen Druck zu sein, an dieser Stelle biegungsfest sein. Bruchfestigkeit kommt bei der Elastizität des Knorpels nicht in Frage. Vorläufig sehen wir auch ab von den Reibung

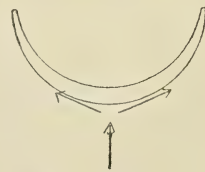


Fig. 28. Schema, soll zeigen, durch welche Verdickung der Sclera der Deformation des Bulbus durch einen senkrecht von außen auf ihn wirkenden Druck vorgebeugt wird.

bewirkenden, in Fig. 28 u. 29 als tangentielle Pfeile angedeuteten Kräften, die auftreten, sobald die Sclera nicht nur an jener Stelle gedrückt, sondern auch zugleich gedreht wird. Ist die Sclera biegeunfähig, kann also eine Durchbiegung an dieser Stelle nicht eintreten, so wird der Druck auf die peripheren Teile der Sclera fortgepflanzt werden und diese in sich selbst zusammenzudrücken streben. Um dies zu verhindern, muß die Sclera in der jener Stelle umliegenden Zone druckfest gebaut sein. Dann hat der auf die Sclera ausgeübte Druck keine deformierende Wirkung mehr. (Es ist selbstverständlich, daß der Uebergang von der auf Biegung beanspruchten Stelle zu der auf Druck beanspruchten Zone ein allmählicher ist und im allmählichen Abnehmen der biegenden Wirkung unter gleichzeitiger Zunahme der Druckwirkung jener Kraft besteht.) Die größere Festigung der Sclera dokumentiert sich in größerer Dicke; da nun 1) jener Druck an der Stelle, auf die er trifft, mit größerer Kraft wirkt als in den Teilen der umliegenden Zone; und daß 2) zweifellos die Biegeunfähigkeit des Knorpels geringer ist als seine Druckfestigkeit, so müssen wir erwarten, daß die Sclera an der Stelle des senkrecht auf sie wirkenden Druckes dicker ist als in deren Umgebung.

Voraussetzungen und Folgerungen sind tatsächlich erfüllt und zwar in zwei Kategorien von Fällen:

1) (Fig. 29.) Durch den Zug der Augenmuskeln wird die Sclera gegen die häufig vorhandene Bulbusstütze gedrückt. Die dadurch entstehende Komposition gleicht im Prinzip ganz der eben beschriebenen, denn in dem Bulbusstiel wird ein Gegendruck geweckt und dem entspricht eine Scleraverdickung im Augengrunde. Fehlt die Bulbusstütze, so wird der Gegendruck von dem dem Augengrunde anliegenden retrobulbären Gewebe geliefert, er wirkt also auf eine weniger eng umschriebene Stelle. Dem entsprechend ist dann auch die Erscheinung der Scleraverdickung abgeschwächt, ohne unmerklich zu werden. Tatsächlich ist in jedem einzelnen Falle die Dicke des Scleraknorpels im Augengrunde größer als an und vor der Insertion der Augenmuskeln.

2) (Fig. 30.) Häufig wird, namentlich bei stark aus der Normallage herausgedrehtem Bulbus, ein Augenmuskel nicht geradlinig verlaufen können, sondern sich um den Bulbus herumlegen. Bei seiner Kontraktion fallen Komponenten senkrecht gegen die Sclera in den Innenraum des Bulbus. Um sie aufzuheben, muß an der betreffenden, zwischen Aequator und Augengrund ge-

legenden Stelle eine Dickenzunahme der Sclera erwartet werden. Tatsächlich ist sie in den vielen Fällen nachzuweisen und zwar namentlich an den Augen mit dicker Sclera, deren Muskeln ja am stärksten sind. Sie ist sehr augenfällig bei *Carcharias* und *Lamna*, bei denen namentlich im Horizontalschnitte starke Verdickungen des Knorpels zwischen Aequator und Augengrund auftreten. Schwächer ist sie dorsal im Vertikalschnitt, der ja häufig nicht einen Augenmuskel der Länge nach trifft, während der Horizontalschnitt bei richtiger Führung der *Recti laterales* ihrer ganzen Länge nach trifft. Ventral im Vertikalschnitt werden die Verhältnisse undeutlicher, da hier der Sehnerveneintritt eigene Dickenveränderungen bedingt. Ganz entsprechende Knorpelverdickungen ließen sich durch mikroskopische Messungen bei den *Acanthias*-arten feststellen.

Fig. 29. Schema, soll zeigen, daß durch den Zug der Augenmuskeln die Sclera gegen die Bulbusstütze und diese gegen die Sclera gedrückt wird, so daß die Sclera einer Verdickung im Augengrunde bedarf.

Fig. 30. Schema, soll zeigen, daß Komponenten des Muskelzugs in das Innere des Bulbus fallen können, so daß die Sclera einer Verdickung zwischen Aequator und Augengrund bedarf.



Fig. 29.

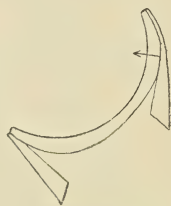


Fig. 30.

Daß die Bedeutung dieser Knorpelverdickungen richtig erschlossen ist, kann ein einfacher Versuch zeigen. Stützt man durch die 5 Finger einer Hand das Auge möglichst gleichmäßig, so kann man leicht durch Zug an einem Muskel Verzerrungen des Augapfels erzielen, nur dann nicht, wenn man in der Richtung des in natürlicher Lage befindlichen Muskels zieht. Am besten eignet sich hierzu das große Auge von *Lamna*. — Das Fehlen der Knorpelverdickungen wurde durch mikroskopische Messung erwiesen bei *Mustelus*, *Scyllium*, *Spinax* und *Chimaera*, deren Sclera jedoch auch durchgehends sehr dünn ist, und bei *Squatina* und Rochen, bei denen die Augenmuskelninsertionen nach dem Augengrunde hin verschoben sind, die Muskeln selbst also nie das Auge tangieren werden.

Zu diesen direkten Einflüssen der Augenmuskeln kommen noch indirekte, durch Augenbewegungen hervorgerufene hinzu.

1) Da der Bulbus nie eine vollkommene Kugel darstellt, so wird er bei allen Bewegungen gewissen geringen Widerständen begegnen, die ihn zu deformieren suchen. Dies gilt auch, wenn der Bulbus die Form eines vollkommenen Rotationskörpers hat, nur fallen in diesem Falle die Widerstände bei Bewegungen um die Rotationsachse fort. Daher muß der ganze Scleraknorpel bei Tieren mit stärkeren Muskeln stärker sein als bei solchen mit schwächeren Muskeln. Ist nun auch im allgemeinen die dünne Sclera imstande, jene Einflüsse von dem Inneren des Auges fernzuhalten, so daß Deformationen nur im retrobulbären Gewebe, nicht im Bulbus auftreten, so vermag sie es am Cornealrande nicht ohne weiteres. Die am Rande gelegenen Teile haben nicht wie die mitten in der Sclera gelegenen Teile allseitig festen Zusammenhang mit dem Knorpel. Der Zusammenhang mit der Cornea kann als Festigung nicht in Betracht kommen, wie im Kapitel „Cornea“ gezeigt werden wird. Die Randpartien der Sclera bedürfen daher einer besonderen Biegefestigkeit, die durch Dickenzunahme erreicht wird. Tatsächlich ist die Sclera fast stets am Rande keulig verdickt. Am schwächsten ist die Randverdickung meist ventral und zwar deshalb, weil hier der kutane Anteil der Conjunctiva sclerae und der in diese hineinreichende Teil der TENONschen Kapsel am weitesten über den Knorpelrand übergreift, der Knorpelrand also am tiefsten eingebettet und damit vor Stößen am besten bewahrt ist. Vollkommen fehlt jedoch die Randverdickung im Auge der Rochen, und dies ist sehr verständlich, denn hier ist ja die Einhüllung des Knorpelrandes eine noch viel vollkommenere, da er von dem festgewachsenen Lidrande bedeckt wird.

2) Ist eine Bulbusstütze vorhanden, so wird durch den Druck des Bulbus gegen diese bei Bewegungen eine vergrößerte Reibung hervorgerufen, die eine vergrößerte Reibungsfestigkeit erfordert. Letztere wird wiederum bewirkt durch Dickenzunahme. So finden wir auch stets die Gelenkfläche mehr oder minder verdickt, wobei sie in manchen Fällen (Raja, Torpedo) durch Dickenzunahme knopfartig verdickt erscheint.

An dieser Stelle, die also durch Reibung und zugleich, wie wir oben schon sahen, durch Druck beansprucht wird, finden sich (Raja asterias) Knorpelhöhlen, und zwar der inneren Fläche des Knorpels genähert. In dieser Lage der Knorpelhöhlen ist eine unverkennbare Anpassung an die Aufgabe dieser Stelle der Sclera

zu erkennen. Das Auftreten von Hohlräumen erhöht bekanntlich stets die Biegungsfestigkeit der Organe, in denen sie sich finden, da sie bei gleichem Materialverbrauch weitlumigere, d. h. biegungsfestere Organe gestatten. Die Hohlräume vermindern aber die Reibungsfestigkeit, da diese auf dem Zusammenhalten möglichst vieler molekularer Teilchen beruht, und so liegen auch die Knorpelhöhlen entfernt von der äußeren, an der Gelenkplatte sich reibenden Fläche.

Die besprochenen, die Wirkungen der Augenmuskeln ausgleichenden Dickenverschiedenheiten des Scleraknorpels geben diesem in ihrer Gesamtheit folgende Gestalt (Fig. 31). Die dünnste

Fig. 31. Schema eines Durchschnits durch die Sclera vieler Haie: äquatoriale Verdünnung, Verdickung am Cornealrande, Verdickung im Augengrunde, stärkere Verdickung zwischen Aequator und Augengrund.



Fig. 31.

Fig. 32. Schema eines Durchschnits durch die Sclera vieler Rochen: allmähliche Dickenzunahme vom Cornealrande zum Augengrunde.



Fig. 32.

Stelle befindet sich an und vor der Insertion der Augenmuskeln, d. h. in der Gegend des Aequators. Von hier ab verdickt er sich nach dem Cornealrande zu, an dem er mit Anschwellung endet. Zwischen Aequator und Augengrund verdickt er sich gleichfalls, im Augengrunde selbst ist er wieder dünner, ohne jedoch das Minimum an Dicke, das er am Aequator besaß, zu erreichen — die Anschwellung am Cornealrande, sowie die Verdickung zwischen Aequator und Augengrund kann unter Umständen fehlen (Fig. 32).

Außer den bisher besprochenen Wirkungen kommen in viel geringerem Maße noch einige andere in Betracht. Bei Torpedo möchte ich die starke Verdickung der winkelförmigen Umbiegungsstelle als Erfordernis infolge des intraokularen Druckes ansehen, welcher aus dem Bulbus eine Kugel zu machen sucht und daher Aussteifungen der vorspringenden Stellen nötig macht. Es ist aber natürlich auch möglich, hier, als an stark vorspringenden Stellen des Bulbus, in den Verdickungen Schutzeinrichtungen gegen von außen kommende Stöße bei den Augenbewegungen zu sehen.

Ferner bewirken die Nerven- und Gefäßdurchtrittsstellen in der Sclera Formeigentümlichkeiten, die mir ihrer Bedeutung nach

nicht völlig klar sind. Erstens ist das Durchtrittsloch im Knorpel oft größer als es nötig wäre, und zwar im allgemeinen um so größer, je dünner die Sclera ist. Bei *Chimaera* ist es 5 mm hoch, wobei allerdings auch die Größe des Auges mitspricht, bei *Spinax* ist es 2 mm hoch, bei *Acanthias acanthias* 3 mm hoch, bei den viel größeren Augen von *Carcharias* und *Lamna* aber mißt es in Uebereinstimmung mit verhältnismäßig viel dickerem Scleraknorpel nur 1,5 mm (*Carcharias carcharias*) bis 2,5 mm (*Carcharias glaucus* und *Lamna*). Ähnliches gilt, wie mich viele Beobachtungen lehrten, für die Durchtrittslöcher der Gefäße. Ein Grund hierfür kann nicht angegeben werden, nur das Negative kann gesagt werden, daß die vergrößerten Löcher nicht etwa einer größeren Beweglichkeit des Bulbus zuliebe entstanden seien. Denn man sieht an den Augen mit stärkerer Sclera, stärkeren Muskeln und Bewegungen, daß kleinere Durchtrittslöcher auch ihren Zweck erfüllen. In den größeren Löchern im schwächeren Knorpel kommt aber wenigstens so viel sicher zum Ausdruck, daß diese Augen des Knorpels in der Sclera schon viel eher entbehren können, als Augen mit starkem Scleraknorpel. — Zweitens tritt der Scleraknorpel häufig von einer Seite mit Verdickung, von der anderen fast ohne solche, oder gar mit Verdünnung an das Durchtrittsloch heran, Eigentümlichkeiten, die höchst wahrscheinlich mit den schiefen Durchbohrungen zusammenhängen und übrigens auch häufig fehlen.

Eine besondere Besprechung verlangt die Sclera von *Laemargus carcharias*. Bei diesem ist die *Suprachorioidea* außerordentlich dick, und in sie hinein ragen Knorpelplatten, die mit dem Scleraknorpel in Verbindung stehen und das Bindegewebe der *Suprachorioidea* fast ganz verdrängen. Dadurch erlangt diese *Suprachorioidea* die Fähigkeit, den Scleraknorpel zum Teil zu ersetzen, so daß dieser im Verhältnis zur Größe des Auges und zur Stärke der Muskeln unverhältnismäßig dünn sein kann. Die Festigkeit dieser, aus Sclera und verknorpelter *Suprachorioidea* bestehenden Augenhülle ist so groß, daß das Auftreten von Buckeln auf der Außenseite möglich wird, ohne daß die Gefahr der Eindrückung derselben bei den Augenbewegungen eintritt. Solche Buckel treten nun an den Muskelinsertionen auf, indem der Scleraknorpel sich nach außen vorwölbt und die *Suprachorioidea* sich entsprechend verdickt. Dadurch wird bewirkt, daß die Muskeln an längeren Hebelarmen angreifen, so daß sie mit größerer Kraft wirken

können. Charakteristisch ist es, daß der Knorpel der Suprachorioidea in der Gegend dieser Buckel als Faserknorpel ausgebildet ist und die Fasern gerade gegen den Angriffspunkt des Muskels gerichtet sind. Dadurch wird eine größere Zugfestigkeit garantiert gegenüber dem Zuge der Augenmuskeln, der namentlich bei jedem Muskel dann auf den Bulbus eine deformierende Wirkung ausüben könnte, wenn der betreffende Muskel das Auge schon aus seiner Normallage herausgedreht hat.

Das ganze Auge von *Laemargus* erinnert vermöge der großen Festigkeit und Dicke der Suprachorioidea auffallend an die Augen von Walen, eine vielleicht nur äußerliche Aehnlichkeit, die im auffälligen Gegensatz zu den Augen der gleich *Laemargus* in großen Tiefen lebenden Arten *Chimaera* und *Spinax* mit sehr dünner Chorioidea und Sclera steht.

Sehr dick ist der Scleraknorpel bei *Selache maxima*, so daß auch dieses Auge, gleich dem von *Laemargus*, an Walaugen erinnert. Bei *Selache* treten gleichfalls die Buckeln auf der Außenseite der Sclera auf, über die hier dasselbe zu sagen ist wie bei *Laemargus*, nur daß sie bei *Selache* völlig vom hyalinen Scleraknorpel gebildet werden. Es ist interessant zu sehen, wie weit im einzelnen Konvergenzerscheinungen bei so verschieden gebauten Augen wie denen von *Laemargus* und *Selache* auftreten.

Anhangsweise soll jetzt ein Blick auf die Sclera in der Wirbeltierreihe geworfen werden.

Die Verschiedenheiten des beim Aufbau der Sclera in den verschiedenen Wirbeltierklassen verwandten Gewebsmaterials können nicht anders als durch die Annahme verschiedener Veranlagungen erklärt werden. Manche Einzelheiten aber können wir auf funktionelle Uebereinstimmungen mit den Selachiern bzw. Abweichungen gegenüber denselben zurückführen.

Bei Teleostiern findet sich je eine Knochenplatte im temporalen und nasalen Viertel der Sclera, also gerade dort, wo auch die stärksten Muskeln, die *Recti laterales* wirken, und wo bei Selachiern eine Scleraverdickung häufig ist. Dadurch ist die Lokalisation der Knochenplatten funktionell erklärt.

Den bekannten bei *Acipenser* auftretenden dorsalen und ventralen Conjunctivalknochen (H. MÜLLER, 71) möchte ich in Beziehung zu den an entsprechender Stelle innen liegenden Teilen des Accommodationsapparates, dem Linsenmuskel und

dem Ligamentum suspensorium lentis bringen. Ist es auch auffallend, daß dieselben Knochen den übrigen Fischen mit gleichartigem Accommodationsapparat fehlen, so gewinnt diese Hypothese doch sehr viel dadurch für sich, daß die Weiterbildung dieser Knochen, die bei Stegocephalen und Sauropsiden als Scleralring erscheint, mit Sicherheit in Beziehung zum ringförmig angeordneten Accommodationsapparat dieser Tiere gebracht werden kann, natürlich nur, soweit rezente Tiere in Betracht kommen, deren Accommodationsapparat wir kennen. GEGENBAUR weist schon darauf hin, daß durch den Scleralring der Ciliarmuskel indirekt für seine Befestigung eine Stütze empfängt. Der Scleralring fehlt den rezenten Amphibien, den Plesiosauriern, Schlangen und Krokodilen. Unter diesen kennen wir den Accommodationsmodus der Plesiosaurier natürlich nicht, bei den meisten Schlangen aber fehlt der Ciliarmuskel, und bei Krokodilen geschieht die Accommodation zwar durch Entspannung der Linse, aber mit sehr geringer Accommodationsbreite, und der Ciliarmuskel ist sehr schwach (BEER, 8). Bei Amphibien fehlt die Accommodation entweder völlig, oder sie wird durch einen Ciliarmuskel ausgeführt, der jedoch auch nicht durch Entspannung der Linse wirkt und sehr schwach ist (BEER, 9). So können wir das Fehlen des Scleralringes bei allen in Betracht kommenden Gruppen funktionell erklären und GEGENBAURS Wort (23, p. 927) „damit finden wir die so eigentümliche äußere Gestaltung des Bulbus der Vögel von inneren Einrichtungen beherrscht“ gilt auch für Amphibien und Reptilien.

„Die fibröse Sclera der Säugetiere kompensiert durch Festigkeit ihres Gefüges, hin und wieder auch durch Dicke, den Verlust des Knorpels“ (GEGENBAUR, 32, p. 925).

Die Sclera des Menschen besitzt nach SCHWALBE (92) eine Verdickung im Augengrunde, eine weitere nach dem Cornealrande zu, welche letztere durch die dortselbst erfolgende Insertion der Augenmuskeln bedingt sein soll, zwischen beiden Verdickungen resultiert eine äquatoriale Verdünnung. Mir scheint, als ließen sich die bei der Knorpelsclera geltenden formgestaltenden Prinzipien auf die fibröse Sclera des Menschen nicht uneingeschränkt anwenden.

Die Dickenverhältnisse der Sclera der Wassersäugetiere hat PÜTTER (82) untersucht. Es finden sich viele Uebereinstimmungen zwischen Wassersäugetieren und Selachiern im Bau der Sclera. Wie ich bei Selachiern, so findet PÜTTER bei Pinnipediern

eine äquatoriale Verdünnung der Sclera, bei Mysticeten und Denticeten entweder Verdickung am Cornealrande oder das Fehlen dieser und dafür Dickenzunahme vom Cornealrande nach dem Aequator zu, und bei allen eine Dickenzunahme im Augenrunde. Die äquatoriale Verdünnung soll nach PÜTTERS allerdings nur mit großer Reserve gewagter Hypothese die Uebertragung von Zerrungen, die der vordere Abschnitt erleidet, auf den hinteren verhindern. Die Verdickung am Cornealrande bzw. im Aequator betrachtet PÜTTER als Widerlager für das von der Cornea gebildete Gewölbe, das den hydrostatischen Druck des umgebenden Mediums auszuhalten hat. In diesen Punkten weiche ich also von PÜTTER ab, während ich in der Verdickung der Sclera im Augenrunde gleich ihm ein Mittel zur Erreichung größerer Formbeständigkeit gegenüber dem Zuge der Augenmuskeln sehe. Wenn bei Selachiern im Gegensatze zu Wassersäugetieren die Cornea nicht wesentlich auf Gewölbedruck beansprucht wird, so ließe sich PÜTTERS Erklärung der Rand- oder Aequatorverdickung neben der meinigen sehr wohl rechtfertigen, welche ihrerseits die Randverdickung auf das Erfordernis der Formbeständigkeit, ihr Fehlen und die häufige Dickenabnahme am Rande, die einer Dickenzunahme nach dem Aequator hin gleichkommt, auf die in den betreffenden Fällen eintretende Unnötigkeit der Randverdickung zurückführt.

Bei Bartenwalen findet PÜTTER einen die Vagina nervi optici umscheidenden dicken Fortsatz der Sclera, der sich wahrscheinlich mit dem Schädel verbindet und nach PÜTTER einmal den Bulbus vor dem Hineingedrücktwerden in das retrobulbäre Gewebe bei erhöhtem Druck schützt, außerdem aber Bewegungen des Bulbus unmöglich zu machen scheint und daher einen vollständigen Umsatz der großen Mengen aufgewendeter Muskelenergie in Wärme gestattet und so die bei wasserlebigen Warmblütern erforderliche Warmhaltung des Auges ermöglicht. Bei Fischen ist ersteres, wie im Kapitel „Cornea“ gezeigt werden wird, vielleicht, letzteres aber natürlich sicher nicht erforderlich, und die fragliche Einrichtung fehlt daher.

ISCHREYDT (43, 44) untersucht experimentell die Elastizitätsverhältnisse der Sclera des Rindes, Schweines und Menschen und vermutet in dem hinteren Scleralabschnitt vermöge seiner verhältnismäßig großen Elastizität einen Regulator des Binnendruckes, der bis zu einem gewissen Grade Papille und Makula dem Anprall des Innendruckes entrückt. Bei Fischen scheint die fragliche Ein-

richtung zu fehlen, da die Sclera sich bei gleicher histologischer Beschaffenheit nach hinten zu verdickt. Die Zweckmäßigkeit eines derartig wirkenden Regulators geht aber aus seinem Vorhandensein beim Menschen mit Wahrscheinlichkeit hervor. Die Druckschwankungen, vor welchen die Retina dadurch geschützt wird, werden wahrscheinlich die von außen her durch mechanischen Stoß verursachten sein, denen doch jedes Auge manchmal ausgesetzt ist. Das physiologische Aequivalent für die Scleraelastizität dürfte im Selachierauge in der großen Zahl dünnwandiger Venen, die bei der Chorioidea näher besprochen wurden, liegen.

9. Bulbusstütze.

Ein nur bei Selachiern und zwar bei einigen Haien und den Rochen vorhandenes Gebilde stellt die knorpelige Bulbusstütze dar, ein vom Cranium ausgehender Knorpelfortsatz, der entweder bis an den Bulbus selbst heranreicht oder in seiner Nähe endigt.

Wo sie vorhanden ist, endigt sie am Bulbus in eine Platte mit Gelenkfläche, der am Bulbus eine zentral gelegene Fläche entspricht. Stets liefert der Bulbus den Gelenkkopf, die Gelenkplatte die Pfanne. Zwischen beiden Gelenkflächen findet sich ein vollkommener, ringsum abgeschlossener Spaltraum. FICKS Gesetz (28), wonach dasjenige Gelenkende, bei dem die Muskeln näher am Gelenk ansetzen, zur Pfanne, das, an dem sie entfernt ansetzen, zum Kopf wird, trifft hier nicht zu.

Die Bulbusstütze ist bei allen den Augen vorhanden, deren Chorioidea eine im Augengrunde dicke Suprachorioidea besitzt, bei *Acanthias*, *Laemargus*, *Squatina*, *Raja* und *Torpedo*. Wie bei der Suprachorioidea, so schließen wir daher auch bei der Bulbusstütze, daß ihr Vorhandensein mit der dorsiventralen Abplattung der betreffenden Selachier und mit dem seitlichen Auseinanderrücken aller Organe zusammenhängt. Erfolgt dieses, so entfernt sich auch der Augapfel von der Schädelkapsel. Um ihn gegenüber dem Zuge der Augenmuskeln in seiner Lage zu fixieren, reicht ein zwischen Bulbus und Cranium in dicker Lage befindliches retrobulbäres Bindegewebe nicht aus, leicht würde das Auge darin wie in einem großen weichen Kissen versinken. Dies zu verhüten ist Aufgabe des Stützknorpels. Außerdem mag er in derselben Weise wirken, wenn der Fisch größere Tiefen aufsucht und dadurch der hydrostatische Druck des Meerwassers größer wird, eine Vermutung, die gelegentlich schon PÜTTER (82) bezüglich *Laemargus* ausgesprochen hat.

Häufig ist die Knorpelstange ganz (*Acanthias*, *Raja*) oder zum Teil (*Laemargus*) dorsiventral abgeplattet, wobei nicht sicher ist, ob dadurch eine größere Festigkeit gegen Biegungen in der Horizontalebene erreicht werden soll. Bei *Acanthias* wäre dies möglich, da das Auge von *Acanthias* seine hauptsächlichsten Bewegungen in dieser Ebene ausführen dürfte (cf. Kapitel „Augenmuskeln“). Bei *Laemargus* aber liegt dieser Grund anscheinend nicht vor und bei *Raja* trifft er keinesfalls zu, da hier die Hauptbewegungen des Auges senkrecht zur Abplattungsebene des Bulbusstiels ausgeführt werden.

Daß der Bulbusstiel an seiner Berührungsstelle mit dem Bulbus überhaupt zu einer Platte erweitert sein muß, ergibt sich leicht aus mechanischen Gründen. Ein Stiel ohne Platte würde seinen Zweck verfehlen, sobald bei Augenbewegungen die Richtung der den Bulbus kranialwärts ziehenden Kraft nicht völlig in die Richtung des Knorpelstiels fallen würde. Natürlich muß die Gelenkplatte denselben Grad von Festigkeit haben wie die gegen sie gepreßten Teile der Sclera, und daß dies Erfordernis erfüllt ist, ergibt sich aus der ungefähr gleichen Dicke beider.

Bei *Mustelus*, *Scyllium*, *Spinax* und *Chimaera* findet sich keine Bulbusstütze, in Uebereinstimmung mit dem Fehlen der Suprachorioidea.

Bei 4 Augen, in denen die Suprachorioidea gleichfalls fehlt, finde ich eine rudimentäre Bulbusstütze: Bei *Lamna* ist noch eine Platte der Bulbusstütze ausgebildet, sie liegt aber in der dicken Schicht des Bindegewebes, das der Sclera kranial außen anliegt. In diesem liegt auch entfernt vom Scleraknorpel der als Gelenkhöhle funktionierende Spaltraum. Ein kurzes, straffes Band verbindet die Mitte der beiden gegenüberliegenden Flächen des Spaltraumes. Da es viel straffer ist als das peripher an die Platte ansetzende Bindegewebe, so läßt es Verschiebungen wie in einem Gelenk nicht zu. Die gleitenden Bulbusbewegungen müssen daher durch die Weichheit des retrobulbären Gewebes ermöglicht werden, die eigentümliche Verbindung mit der Knorpelstange ermöglicht aber weitgehende Rotationsbewegungen, so lange, bis die peripher an die Knorpelplatte ansetzenden Fasern gespannt werden und eine weitere Bewegung hemmen. Hierin dürfte die Aufgabe des Knorpelstiels bei *Lamna* liegen. Das Verhalten des Knorpelstiels zum Cranium konnte nicht ermittelt werden.

Weiter ist die Reduktion der Bulbusstütze bei den *Laemargus*-arten gegangen. Die knorpelige Verbindung zwischen

Bulbusstiel und Cranium fehlt und ist durch eine fibröse ersetzt. Am Bulbus endigt die Knorpelstange nicht mehr in eine Gelenkplatte, sondern in einen Knopf, der in einem Falle (*Carcharias carcharias*) mit der Sclera durch starke lockere Fasern verbunden ist, im anderen (*Carcharias glaucus*) nur noch mit der TENONschen Kapsel in Verbindung tritt. In beiden Fällen ist er offenbar funktionslos geworden.

Bei Selache endlich endigt die Bulbusstütze ohne Verdickung weit entfernt von der Sclera, mit der sie durch ein ausgedehntes Tangentialfasergewebe verbunden ist. Offenbar ist sie auch hier funktionslos. Ueber ihre Beziehung zum Cranium weiß ich nichts.

Die mitgeteilten Tatsachen führen zu einem Rückschluß auf die morphologische Bedeutung der Bulbusstütze. Ueber diese Frage hat sich schon GEGENBAUR geäußert. Er sieht in dem Vorhandensein der Bulbusstütze einen Beweis für einen ehemaligen Zusammenhang zwischen Scleraknorpel und Cranium, augenscheinlich in Konsequenz seiner Lehre, daß das ganze Knorpelskelett der Wirbeltiere vom Achsen skelett abstammt. Demnach wäre das Vorhandensein einer derartigen Knorpelstange ein primäres Verhalten, ihr Fehlen als sekundär anzusehen. Für die Hypothese GEGENBAURS spricht das Vorkommen eines Haltebandes oder Tenaculum, das an ähnlicher Stelle bei Ganoiden verlaufen soll (SAGEMEHL, 88). Von diesem Tenaculum finde ich allerdings bei denjenigen Selachiern, denen die Bulbusstütze fehlt, keine Spur, abgesehen von den fibrösen Verbindungen zwischen Knorpelstiel und Cranium bei *Carcharias* bzw. zwischen Knorpelstiel und Sclera bei Selache.

Wir können aus der Tatsache, daß die Bulbusstütze nur dort vorhanden ist, wo zwischen Cranium und Bulbus ein großer Zwischenraum besteht, daß sie aber im anderen Falle fehlt, nur zu demselben Schlusse kommen wie GEGENBAUR. Es ist unmöglich, daß nach einer gewissen dorsiventralen Abplattung die vorher nicht vorhandene Bulbusstütze entstehe. Denn wir sind oft genug durch GEGENBAUR gelehrt worden, daß Organe nicht ihrem Zweck zuliebe plötzlich entstehen und ihr Vorhandensein durch ihren bloßen Zweck nicht genügend erklärt werden könne. Wir müssen daher einen kleinen Anfang der Bulbusstütze postulieren und, wenn wir ihn nicht auffinden, wo er zu erwarten wäre, sein Fehlen als ein sekundäres bezeichnen.

Da die Knorpelstütze also ein primäres Gebilde ist, so resultiert die merkwürdige Tatsache, daß das primäre Verhalten gerade

bei denjenigen Selachiern bestehen bleibt, die die sekundäre dorsiventrale Abplattung durchmachen.

10. Cornea.

Die Gestalt der Cornea ist, von vorn gesehen, meist die einer horizontal liegenden Ellipse. Ihre Höhe ist beträchtlich genug, um die schon von BEER (6) bekämpfte, aber immer noch übliche Bezeichnung „flach“ zu verbieten, sie ist vielmehr meist mäßig gewölbt. Ihre Größe im Verhältnis zur Bulbusgröße variiert wenig, wie die folgende Tabelle zeigt. Es wurde die Länge der Cornea mit der Länge des Bulbus verglichen.

	Name	Länge der Cornea	Länge des Bulbus	Verhältnis der Cornealänge zur Bulbuslänge
1	Carcharias glaucus	17	35	1 : 2,6
2	Torpedo	3,0	6,0	1 : 2,0
3	Carcharias carcharias	14	27	1 : 1,9
4	Raja batis	13,5	7,0	1 : 1,9
5	Squatina squatina	7,5	4,5	1 : 1,9
6	Centrina centrina	23,5	17	1 : 1,4
7	Acanthias blainvilli	17	12,5	1 : 1,4
8	Acanthias acanthias	25,5	19	1 : 1,3
9	Scyllium canicula	16	12	1 : 1,3
10	Spinax niger	17,5	13,5	1 : 1,3
11	Mustelus laevis	15	13	1 : 1,2
12	Mustelus mustelus	15	13	1 : 1,2
13	Galeus galeus	17,5	15	1 : 1,2
14	Raja asterias	24,5	20	1 : 1,2
15	Chimaera monstrosa	35	27,5	1 : 1,2

Man ersieht aus der Tabelle, daß nur unter den Taghaien (Carcharis) und unter den aufwärts blickenden Plattfischen (Raja batis, Torpedo, Squatina) einige eine auffallend kleine Cornea besitzen, was zweifellos mit dem geringen Lichtbedürfnis dieser Tiere zusammenhängt. Im übrigen ist die Cornea im Verhältnis zum Bulbus überall von ziemlich gleicher Ausdehnung, es scheint bei dem Werte 1 : 1,2 das mögliche Maximum der relativen Corneagröße erreicht zu sein, welches schon vielen Taghaien zukommt, aber auch von den Tiefenhaien nicht überschritten wird.

Bei Selache mißt die Cornea 29 mm, der Bulbus 63 mm Länge, woraus sich das Verhältnis 1 : 2,2 ergibt. Dieser Wert für einen Nachthai, der zwischen dem Werte von Carcharias

glaucus und Torpedo steht, scheint die Reihe zu stören. Dies liegt aber offenbar nur daran, daß die erhebliche Dicke der Sclera bei Selache den Bulbus zugleich verlängert.

Nicht berücksichtigt sind ferner in der Tabelle die Arten von Lamna und Laemargus, bei denen die Cornea höher als breit ist und offenbar andere mir unbekannte Prinzipien für die Gestaltung maßgebend gewesen sind.

Die Abgrenzung der Cornea gegen die Sclera ist bei Selachiern einer gewissen Willkür unterworfen, sofern nach außen an den durchsichtigen Teil der Cornea ein entweder ringförmiger oder nur dorsal und ventral vorhandener, undurchsichtiger Teil stößt, der seiner Undurchsichtigkeit wegen auch zur Sclera gerechnet werden könnte, meist aber, wohl wegen des fehlenden Knorpels, zur Cornea gerechnet wird. Dies soll auch im folgenden geschehen. Dadurch wird die Cornea und ebenso die Sclera scharf umgrenzt, da der Scleraknorpel meist plötzlich mit einer kolbigen Verdickung endet. Nur wenn er, was selten vorkommt, nicht verdickt endet, sondern sich allmählich verdünnt und dann womöglich zugespitzt in dem Fasergewebe endet, das schon der Cornea angehört (Torpedo), dann ist die Scheidung zwischen Cornea und Sclera fast eine künstliche. Sie besteht dann im allmählichen Schwinden des Knorpels und in der gleichzeitigen allmählichen Zunahme des Bindegewebes.

Wir müssen nun in jedem Falle scharf unterscheiden zwischen dem durchsichtigen lamellösen und dem undurchsichtigen fibrösen Teil der Cornea.

Der lamellöse Teil ist charakterisiert durch den bekannten Aufbau aus wenigen, dicken Bindegewebslamellen, zwischen denen durch einzelne von einer Lamelle zur anderen ziehende Fasern häufig ein Faseraustausch stattfindet. Mit LAUBER (53) stimme ich darin völlig überein, daß der Faserverlauf innerhalb der Lamellen kein überall gleichartiger ist, sondern daß stets zirkulär und radiär gefaserte Lamellen miteinander abwechseln. Zwischen den Lamellen liegen Zellen und zwar, wie es meist scheint, in schmalen Hohlräumen. Es muß aber dahingestellt bleiben, ob hier sogenannte Saftkanälchen vorliegen oder nicht, da die Hornhaut häufig stark lamellös zerklüftet ist und man nicht wissen kann, ob nicht auch die kleinsten derartigen Spalten auf solche Kunstprodukte zurückzuführen sind. Neuerdings wird ja der Besitz von derartigen Ernährungswegen mit großer Entschiedenheit der Hornhaut überhaupt abgesprochen.

Die vorderste Lamelle ist stets von besonderer Dicke, sie kann also mit der vorderen Basalmembran verglichen werden.

Eine descemetische Membran fehlt.

Der Nachweis des Corneaendothels ist sicher bei Selachiern sehr schwierig. BERGER (10) will zwar die descemetische Membran sowie das Endothel bei allen von ihm untersuchten Fischaugen gefunden haben, wozu auch Selachieraugen gehören würden. Aber LAUBER (53) gibt zuverlässiger an, die Membrana descemeti bei Selachiern nicht und das Endothel nur undeutlich gesehen zu haben. Ich glaubte lange Zeit auch das Endothel völlig leugnen zu müssen, fand aber mitunter Reste eines 'sehr dünnen, hinfalligen Häutchens, worin vielleicht das von LAUBER genannte, undeutlich erkennbare Endothel wiederzuerkennen ist. Ich konnte jedoch seine zellige, endotheliale Beschaffenheit nicht nachweisen¹⁾.

Der fibröse Teil der Cornea schließt sich peripher an den lamellösen an und besteht aus starken, häufig wellig verlaufenden Bindegewebsfasern, die vorwiegend meridional angeordnet sind und in die Cornealamellen einerseits, in die Sclera andererseits übergehen. Die meisten legen sich der Innen- oder Außenseite des Scleraknorpels an und gehen in das Perichondrium über, einige lassen sich auch in den Scleraknorpel hinein verfolgen. In dem fibrösen Teil der Cornea finden sich außer meridionellen Fasern, die bei weitem überwiegen, fast stets auch zirkuläre, die sich mitunter zu Ringfaserbündeln zusammenschließen. Der fibröse Teil ist vor allem dorsal und ventral entwickelt, nasal und temporal kann er fehlen, so daß die Cornealamellen bis an den Scleraknorpel heranreichen. Stets hat er viel geringere Selbständigkeit als der lamellöse Teil, da er außen nicht wie jener nur von dem leicht ablösbaren Epithel der Conjunctiva, sondern von dem fest-anliegenden kutanen Anteil der Conjunctiva bedeckt ist und innen mit der Iris zusammenhängt. Dieser Zusammenhang ist viel fester als der zwischen Chorioidea und Sclera, und er stellt das häufig dem Ligamentum pectinatum der Säugetiere homologisierte Ligamentum annulare der Selachier dar, welches jedoch, im Gegensatz zu dem ganz anders gebildeten Ligamentum annulare der Teleostier, gar keine geweblichen Be-

1) Anmerkung bei der Korrektur. Ebenso wenig gelang der inzwischen versuchte Nachweis des Endothels mit Silbernitrat am lebenden Gewebe.

sonderheiten der Cornea oder Iris zeigt und den Namen „annulare“ nur in dem Falle verdiente, daß es wirklich einen Ring darstellt und nicht nur dorsal und ventral vorhanden ist. Aus der Iris stammen wohl auch die in dem fibrösen Teil der Cornea enthaltenen Pigmentzellen. Ein echtes Ligamentum annulare, wie es BERGER (10) bei *Myliobates* zeichnet, finde ich bei keinem Selachier. — Gefäße fehlen der ganzen Cornea gänzlich, über das Vorhandensein von feinsten Nerven in der Selachiercornea sind wir durch SHEARER unterrichtet.

Die Dicke der Cornea ist stets sehr gering und am geringsten im Scheitel, am Rande ist sie dorsal und ventral entweder ebenso dick als im Scheitel oder noch dicker. Die stärksten Verdickungen pflegen sich nasal und temporal am Rande zu finden.

Ich gehe nunmehr zur Besprechung der Cornea in funktioneller Hinsicht über.

Die geringe Größe der Cornea bei Taghaien und Plattfischen hängt offenbar mit dem geringen Lichtbedürfnis dieser hauptsächlich aufwärts blickenden Tiere zusammen.

Die Wölbung der Cornea ermöglicht es, daß die Linse weit aus der Iris heraustritt und die Hornhaut berührt. Dies ist bei *Acanthias*, *Chimaera* und *Spinax* direkt zu konstatieren, bei den übrigen Arten ist anzunehmen, daß bei maximal erweiterter Pupille die Linse dieselbe, für das Fischauge normale Lage einnimmt. Diese Lage der Linse begünstigt das Sehen bei schwachen Beleuchtungen (cf. „Linse“) und bewirkt ein größeres Gesichtsfeld.

Die Elliptizität der Cornea bewirkt, daß das Gesichtsfeld hauptsächlich in horizontaler Richtung, also in der hauptsächlichsten Bewegungsrichtung, ausgedehnt ist, eine Tatsache, die mit der im Kapitel „Retina“ besprochenen entsprechenden Ausdehnung des am schärfsten sehenden Netzhautteiles im Einklang steht. Weshalb in wenigen Fällen die Cornea kreisrund ist (*Carcharias*, *Squatina*, *Torpedo*) oder gar eine senkrecht stehende Ellipse darstellt (*Lamna*), weiß ich nicht zu sagen.

In physikalisch-optischer Hinsicht ist die Cornea der Wassertiere nur als durchsichtiges Medium wichtig, als brechendes kommt sie bekanntlich bei Wassertieren kaum in Betracht.

Im folgenden soll die mechanische Bedeutung der Cornea untersucht werden.

PÜTTER (82) gab als erster den Anstoß zu einer Analyse der mechanischen Bedeutung der Cornea, indem er die Hypothese aufstellte, daß die Cornea der Wassersäugetiere nach ähnlichen Prin-

zipien gebaut sei, wie die Gewölbe der Bautechnik, dazu bestimmt, das Auge vor hohem von außen wirkendem Drucke zu schützen.

Was von PÜTTER für Wassersäugetiere wahrscheinlich gemacht wurde, darf für Fische absolut nicht postuliert werden. Denn erstens sind die Fische nicht an die Meeresoberfläche gebunden, wie die luftatmenden Säugetiere, man wird also bei ihnen nicht nur nach Anpassungen an vorübergehende Erhöhung des äußeren Druckes suchen dürfen, sondern mit demselben Rechte auch nach Anpassungen an Druckverminderung. Zweitens aber darf man nicht fordern, daß die Anpassungen, deren das Auge bedarf, gerade an der Cornea zum Ausdruck gelangen. Daß die Cornea keineswegs bei allen Wassertieren als Organ zum Schutz vor hohem äußeren Druck wirken muß, kann uns das Auge der Cephalopoden lehren, in welchem nach BEER (7) die Vorderkammer mit dem Meerwasser in offener Kommunikation steht. Die sehr geringe Dicke der Selachiercornea spricht auch von vornherein gegen diese Annahme.

Ganz entsprechend wie bei der Sclera, ist es auch bei der Cornea klar, daß sie durch Druck von außen her auf Druckfestigkeit, durch Druck von innen aber, oder, was dem gleichkommt, durch verminderten äußeren Druck auf Zugfestigkeit beansprucht wird.

Ob dieses, ob jenes oder ob beides eintreten kann, glaube ich am sichersten auf Grund des vom Organismus verwendeten Baumaterials entscheiden zu können.

Zwar der lamellöse Teil der Cornea gibt uns nicht die entscheidende Lösung unserer Frage. Einerseits können Lamellen zweifellos in der Richtung der Faserung stark auf Zug beansprucht werden, denn dies gilt von jedem faserigen Bindegewebe, andererseits aber kommt in den Lamellen auch eine ziemlich große Druckfestigkeit zum Ausdruck, es könnte scheinen, als sei ängstlich jede weichere Zwischenmasse zwischen den Lamellen nach Möglichkeit vermieden, und dies stünde im Einklang mit der Erfahrung, daß, wenn man Holz in der Längsrichtung der Faser preßt, ein Ausknicken der härteren Fasern in die weichere Zwischensubstanz erfolgt (FÖPPL, 29). Möglich ist es aber auch, daß entweder diese oder jene Eigentümlichkeit der Cornea gar nicht als Produkt mechanischer Anpassung entstanden ist, sondern nur notwendig ist, um dem optischen Erfordernis der Durchsichtigkeit zu genügen.

Sicheren Aufschluß gibt nur der fibröse Teil der Cornea. Er

besteht aus Bindegewebsfasern, die häufig wellig verlaufen und in keinem Falle befähigt sind, irgend einen erheblichen Druck in der Faserrichtung auszuhalten. Sie lehren uns mithin, daß die Cornea nicht — oder nur minimal — auf Druck von außen her beansprucht werden kann.

Ich glaube tatsächlich einen derartigen Schluß am sichersten nur aus dem vom Organismus verwendeten Material ziehen zu dürfen. Der Gewölbebau der Cornea gibt, wie mir scheint, nicht den gewünschten Aufschluß. Als Gewölbe würde die Cornea unter die Kategorie der Kuppelgewölbe zu rechnen sein. Für diese gibt es in der technischen Mechanik noch keine Theorie (FÖPPL, 29). Man baut sie, entsprechend dem bei Tonnengewölben als erforderlich Erkannten, gleich diesen so, daß das Gewölbe am Scheitel dünner als an den Schenkeln ist. Dies hat gewiß seinen guten Grund, so lange der auf die Cornea wirkende Druck nur in der Richtung der Achse wirken würde. Wird dagegen das Gewölbe auf hydrostatischen Druck beansprucht, so wirkt der Druck stets senkrecht zur Gewölbe-Fläche. Die Komponenten dieses Druckes vergrößern den in der Richtung des Gewölbes wirkenden Druck am Scheitel und vermindern ihn an den Schenkeln, so daß eine Verdünnung des Gewölbescheitels weniger oder gar keinen Zweck hat. Tatsächlich trifft auch die sehr für die Gültigkeit der Hypothese PÜTTERS bei Fischen sprechende, von ihm auch herangezogene Behauptung BERGERS (10), daß die Cornea der Fische am Scheitel auf $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$ verdünnt sei, in dieser Allgemeinheit jedenfalls nicht zu. Ich kann sie in vielen Fällen bestätigen, in vielen aber bezüglich des vertikalen Meridians nicht. Sehr häufig findet man am Cornealrande zirkuläre Fasern, die entweder in dem fibrösen Teil der Cornea die übrigen Fasern durchflechten oder aber zu einem Ringfaserbündel, das der Cornea am Rande anliegt, vereinigt sind. Sicher fällt diesen Fasern eine in mechanischer Hinsicht wichtige Funktion zu; welche, ist mir unmöglich zu entscheiden. Es wäre einerseits denkbar, in ihrem Vorhandensein einen Schutz gegen von außen wirkenden Wasserdruk zu sehen; denn in einem Kuppelgewölbe treten außer den bei Tonnengewölben bekannten Spannungen auch Tangentialspannungen auf, und zwar am Scheitel Druck-, am Schenkel Zugspannungen (FÖPPL, 29). Diesen letzteren Zug- und Druckspannungen scheint auch schon durch die zirkulär gefaserten, mit radiär gefaserten regelmäßig abwechselnden Lamellen begegnet zu werden. Wir können aber auch in dem Auftreten der Ring-

faserbündel eine Anpassung an erhöhten intraokularen Druck des umgebenden Mediums sehen. In diesem Falle würden die zirkulären Fasern dem Bestreben des intraokularen Druckes, aus dem Bulbus eine Kugel zu machen, Einhalt gebieten. Denn sie umgürten gerade diejenigen Stellen, an welchen sich eine rinnenförmige Vorbuchtung der Bulbuswand gegen den Innenraum, der Sulcus corneae befindet.

Fassen wir alles bisher über die Mechanik der Cornea Gesagte kurz zusammen, so ergibt sich folgendes Resultat: Unter den besprochenen mechanisch wichtigen Faktoren: Material des lamellösen, des fibrösen Teils der Cornea, Gewölbebau der Cornea, Ringfasern, ist nur das Material des fibrösen Teiles geeignet, die Frage nach der Art der Beanspruchung der Cornea zu lösen. Die Cornea kann demnach auf Zug beansprucht werden und zwar unter dem Einfluß des intraokularen Drucks.

Nunmehr haben wir uns zu fragen, welche Zwecke bei der Herausbildung des verschiedenen Gewebsmaterials in der Cornea verfolgt wurden.

Die Eigenartigkeit des lamellösen Teils der Cornea kann nicht durch das bloße Erfordernis der Zugfestigkeit erklärt werden, denn dazu würde auch gewöhnliches Sehnengewebe ausreichen. Der Zweck der Ausgestaltung dieses Teils ist demnach offenbar nur der optische, die Herstellung der Durchsichtigkeit.

Nicht so schnell beantwortet sich die Frage, welche Notwendigkeit die Ausbildung eines besonderen fibrösen Teils der Cornea erforderte. Er ist undurchsichtig, und man muß sich demnach fragen, weshalb dieser Teil der Cornea überhaupt bindegewebig ausgebildet ist und nicht vom Scleraknorpel eingenommen wird. Dieser fibröse Teil ist nun am breitesten dorsal und ventral im Auge, also gerade dort, wo vom Corpus ciliare oder der Iris der Linsenmuskel und das Ligamentum suspensorium entspringen. Und Corpus ciliare oder Iris sind stets mit dem fibrösen Corneateile viel fester verwachsen als mit dem Scleraknorpel. Bemerken wir ferner, daß die Cornea und ebenso die Sclera fast unzerreißbar ist, daß aber leicht die Cornea von der Sclera losreißt; daß also Bindegewebe am Knorpel viel weniger gut befestigt ist als Bindegewebe am Bindegewebe und Knorpel am Knorpel, so wird uns der Zweck des fibrösen Teiles der Cornea klar. An ihm sind die bindegewebigen Ursprungsstellen des Linsenmuskels und des Ligamentum suspensorium befestigt, und zwar viel besser befestigt, als wenn

Knorpel an die Stelle des fibrösen Gewebes träte. Leicht begreift sich nunmehr, warum ventral der fibröse Teil der Cornea stets breiter ist als dorsal. Ventral ist nämlich eine stärkere Befestigung nötig als dorsal, da ventral der Linsenmuskel mit seiner ganzen Kraft auf eine eng umschriebene Stelle wirkt, während sein Zug dorsal sich auf die ganze Breite des Ligamentum suspensorium verteilt.

Jetzt läßt sich auch die häufige Randverdickung der Cornea erklären, da zur Herstellung überall gleicher Zugfestigkeit die den Knorpel mit der Cornea verbindende Fläche größer sein muß, als sonst der Querschnitt der Cornea.

Die vordere Basalmembran der Selachier stellt offenbar die druckfesteste Schicht der Cornea da, und durch diese gerade außen liegende druckfeste Schicht erhält die Cornea einen erhöhten Grad von Biegefestigkeit gegenüber eindrückenden Wirkungen, der ihr wahrscheinlich bei akuten lokal wirkenden Stößen von außen her nützlich ist. Zur Festigung gegen den auf die ganze Cornea wirkenden hydrostatischen Druck kann die vordere Basalmembran ebensowenig wie die anderen Cornealamellen beitragen.

Eine der descemetischen Membran vergleichbare Bildung fehlt, wie schon gesagt, ebenso wahrscheinlich ein Endothel, es scheint nur ein feines, sehr hinfalliges Häutchen vorhanden zu sein, dessen zellige Beschaffenheit nicht nachweisbar war. Wenn nun tatsächlich das Endothel der Cornea im Säugetierauge als für Wasser undurchlässige Membran fungiert (LEBER, 52), dann ist es nicht anzunehmen, daß dem gleichgelegenen zarten Gebilde im Selachierauge die gleiche Funktion zukommt. Das Fehlen einer für Wasser undurchlässigen Schicht bei Selachiern würde aber auch weniger von Belang sein als bei höheren Tieren, da, wie ich HÖBER (42) entnehme, die Körperflüssigkeiten der Selachier dem Meerwasser isotonisch sind. „Mögen also“, sagt HÖBER (p. 25), „Regulationsvorrichtungen für die Aufrechterhaltung chemischer Differenzen . . . außen und innen existieren, — Vorrichtungen für die Regulierung des osmotischen Druckes bestehen sicherlich nicht.“ Diese Verhältnisse würden verwirklicht sein, wenn auch eine für Wasser undurchlässige Schicht fehlte und nur eine semitransparente (d. h. für Wasser durchlässige, für gelöste Stoffe undurchlässige) Membran existierte, die möglichenfalls in der Conjunctiva corneae vorhanden ist.

Ein Sulcus corneae ist bei den Selachiern entweder nur sehr schwach ausgeprägt oder er fehlt ganz. Eine Ausnahme von dieser Regel bildet nur Squatina. Nachdem wir erkannt haben, daß das Selachierauge formbeständig gegenüber dem intraokularen Druck gebaut ist, verwundert das Fehlen oder die schwache Ausbildung des Sulcus corneae nicht. Der intraokulare Druck strebt aus dem Bulbus eine Kugel zu machen, er würde also den Bulbus um so leichter deformieren können, je mehr das Auge von der Kugelgestalt abweicht, wozu der Sulcus corneae ja nur beiträgt.

11. Der Bulbus als Ganzes.

In allen Fällen ist der Bulbus der Haie fast vollkommen symmetrisch gebaut, die nasale Hälfte gleicht spiegelbildlich der temporalen, die dorsale der ventralen. Nur die Dickenverhältnisse der Sclera können geringe, rein äußerliche Asymmetrie hervorrufen.

Ziemlich reine Ellipsoidform mit bald größerem, bald geringerem Unterschied der Achsenlängen besitzt der Bulbus bei denjenigen Haien, deren Sclera und Chorioidea ziemlich dünn ist, Scyllium, Mustelus, Spinax, Chimaera. Bei diesen muß sich nämlich der Wölbungsgrad des postäquatorialen Segments fast direkt nach dem der Retina richten, dieses stellt daher eine Ellipsoidcalotte dar; das prääquatoriale Segment hat wegen des fast oder gänzlich fehlenden Sulcus corneae gleichfalls ellipsoidische Gestalt. Durch Zusammenfügung beider Segmente entsteht ungefähr ein Ellipsoidkörper, der in speziellen Fällen Rotationskörper sein kann. Zu einer vollkommenen Ellipsoidform kommt es übrigens nie, stets ist vielmehr das postäquatoriale Segment auf Kosten des prääquatorialen vergrößert, eine Eigenschaft, die unter Ausnützung der Periskopie der Fischlinse das Gesichtsfeld vergrößert (PÜTTER, 82) und daher den Fischen, deren Kopf wenig beweglich ist, sehr zu statten kommt.

Das postäquatoriale Segment schmiegt sich nicht mehr der Retina an, sondern zeigt kompliziertere Formen, wenn zwischen Retina und Sclera eine im Augengrunde sehr dicke Chorioidea liegt, wenn ferner gleichzeitig die Sclera dicker und kranial mit nach rückwärts vorspringendem Bulbusgelenk versehen ist (Acanthias, Squatina, Rochen). Inwiefern diese Bildungen als innere Anpassungen an die dorsoventrale Abplattung anzusehen sind, wurde in den Kapiteln „Chorioidea“ und „Bulbusstütze“ gezeigt.

Ermangeln nun auch manche Eigentümlichkeiten einer Erklärung ihrer Zweckmäßigkeit, so ist es vielleicht nicht zu gewagt, darin Ueberbleibsel der ehemaligen Gestaltung oder unumgängliche Folgen der Umgestaltung zu sehen, die gleich rudimentären Organen einer solchen Erklärung nicht bedürfen. Tatsächlich scheint besonders das Torpedoauge mit einem großen Ballast von Knorpel und Bindegewebe belastet zu sein, der zum Teil unzweckmäßig erscheint und als notwendiges Uebel aufzufassen wäre.

Besonderheiten weist das prääquatoriale Segment des Bulbus der Rochen auf, und zwar bis zu dem Grade, daß manche der beim Haiauge fast selbstverständlichen topographischen Begriffe bei ihnen nicht ohne weiteres anwendbar sind. So umständlich nun auch die im Speziellen Teil gegebenen Beschreibungen dieser Augen ausfallen, so leicht ist es, das formgestaltende Prinzip bei denselben zu erkennen. Der Bulbus liegt an der Dorsalseite des stark abgeplatteten Körpers und ragt aus der Körperoberfläche heraus. Um nun möglichst wenig herauszuragen und eine bei Wassertieren stets vorteilhafte, von Unebenheiten möglichst freie Körperoberfläche zu gestatten, erfährt der dorsale und der ventrale Teil des prääquatorialen Segmentes gleichfalls eine Abplattung, während das für die Sehfunktion wichtige postäquatoriale Segment hiervon befreit bleibt.

Die relative Größe des Auges ist insofern von der der Linse abhängig, als sich die Größe des Retinaabstandes in der Richtung der Achse genau nach der Linsengröße richtet (MATTHIESSEN, 69). Wir finden dabei die relativ größten Augen bei den in großen Tiefen lebenden Formen Spinax und Chimaera.

Die Notwendigkeit eines konstanten Verhältnisses zwischen Linsengröße und Retinaabstand vom Linsenzentrum dürfte in manchen, allerdings außerhalb der Ordnung der Selachier fallenden Fällen nicht nur die Größe, sondern auch die Form des Bulbus beherrschen.

Es ist nämlich wahrscheinlich, daß die Notwendigkeit dieses bestimmten Verhältnisses im Verein mit dem Erfordernis relativ sehr großer Linsen in sehr großen, dunklen Tiefen die von BRAUER (14, 15) beschriebene eigentümliche Form der „Teleskopaugen“ bei Tiefseefischen herbeiführte. Auch diese Augen

entsprechen dem „schematischen Fischauge“ MATTHIESSENS (cf. Kapitel „Retina“), da auch bei ihnen nach BRAUERS Zeichnungen sich der Retinaabstand zum Linsenradius im Mittel wie 2,4:1 verhält. Das Auge mußte eine durch die erhebliche Linsengröße bedingte große Achsenlänge haben, während für eine seitliche und kranialwärts gerichtete Ausdehnung des Auges am relativ kleinen Körper des Tieres nicht mehr Platz war. Der Interorbitalraum ist nämlich bei den Tiefseefischen nach BRAUER schon bis auf eine dünne Membran reduziert. So kommt die scheinbar in axialer Richtung verlängerte Form des Auges und sein starkes Hervorstehen aus dem Körper zu stande. Gleichzeitig wird aus dem seitlich gerichteten Auge ein nach vorn oder oben gerichtetes, da ein seitlich gerichtetes Teleskopauge diejenigen Strahlen nicht empfangen könnte, die aus der Blickrichtung kommen. Die häufig auftretende Nebenretina dürfte dann, wie wir mit BRAUER vermuten, die von der Seite kommenden Strahlen empfangen. Sie kann übrigens wegen ihrer Nähe an der Linse keine deutlichen Bilder, sondern nur verwaschene Lichteindrücke empfangen und dient vielleicht vorwiegend als Organ des Bewegungssinnes.

Der Bulbus terrestrischer Tiere unterliegt nicht demselben Zwange wie das Fischauge, da bei ihnen die Linse nicht so konstante Eigenschaften hat wie bei Fischen. Während also die Konstanz des Retinaabstandes vom Linsenzentrum im Verhältnis zur Linsengröße für das Fischauge charakteristisch ist, ist dem Säugetier- und Vogelauge der Wechsel dieses Verhältnisses eigentümlich, seine Konstanz erscheint nur wieder bei Cetaceen (MATTHIESSEN, 66, 68; PÜTTER, 82), deren Linse ja auch der Fischlinse sehr ähnlich ist.

Ein dem Teleskopauge der Tiefseefische ähnliches Auge kommt indessen den Nachtraubvögeln zu, und bei diesen sind auch die Bedingungen ähnlich wie bei jenen. Die Linse ist groß, durch ihre starke Wölbung wird einer zu großen axialen Verlängerung des Bulbus vorgebeugt, immerhin resultiert gleichfalls ein seitlich nicht ausgedehntes und nach vorn gerichtetes Auge. Es hat einen ähnlichen Weg durchgemacht wie das Teleskopauge der Tiefseefische und das Ergebnis ist eine interessante Konvergenzerscheinung, nur ist das Auge der Nachtraubvögel nicht ganz so weit in dieser Richtung entwickelt, wie das Teleskopauge der Tiefseefische.

12. Gefäße.

Die Gefäße des Selachierauges sind von VIRCHOW (102) genau beschrieben worden. Ein bestimmtes mechanisches Prinzip läßt sich in der Anordnung ihrer Ein- und Austrittsstellen nicht auffinden. Wahrscheinlich kommen beim Gefäßverlauf mehr als sonst irgendwo innere Anpassungen in Betracht, die nicht leicht zu übersehen sind. So vermutet VIRCHOW, daß die den Selachiern eigentümliche Verschiebung der Arteria chorioideae nach der temporalen Seite des Bulbus hin durch die Art ihres Ursprunges bedingt sei. Daß die Irisarterie gerade ventral die Iris betritt, dürfte vielleicht mit dem dort befindlichen Linsenmuskel zusammenhängen. Indem die Venensammelstellen dorsal und ventral im vertikalen Meridian liegen, scheinen sie eine indifferente Lage einzunehmen, in welcher sie weder die Chorioidea- noch die Irisarterie, weder den temporalen noch den nasalen Zweig einer jeden durch größere Nähe bevorzugen. Auf die schiefen Durchbohrungen, mit denen Gefäße und Sehnerv durch die Sclera hindurchgelangen, ist schon bei der Besprechung der Chorioidea hingewiesen worden.

13. Sehnerv.

Der Sehnerv durchläuft stets geradlinig die Orbita, seine Verlaufsrichtung ist senkrecht zur Medianebene des Tieres, biegt aber am Bulbus dorsal- oder temporalwärts um, so daß er die Sclera schief durchbohrt. Daß der Sehnerv gleich den Gefäßen mit schiefer Durchbohrung in die Sclera eintritt, ist sehr verständlich, da er natürlich mit einer Lymphe Scheide umgeben ist. Seine Eintrittsstelle in die Sclera liegt entweder zentral, oder sie ist vom Zentrum aus in nasaler, ventraler oder nasal-ventraler Richtung verschoben. Sind Bulbusstütze und eine Gelenkfläche am Bulbus vorhanden, so ist die Sehnerveneintrittsstelle der Gelenkfläche des Bulbus stets stark genähert; manchmal durchbohrt er die Gelenkfläche am Rande und beansprucht eine Einkerbung des Randes der Stielplatte für sich. Es ist anzunehmen, daß der Sehnerv in diesem Verlauf den geringsten Zerrungen durch die Augenbewegungen ausgesetzt ist. Gar keinen Zerrungen wäre er ausgesetzt, wenn der Punkt, an dem er die Sclera durchbohrt, derjenige Punkt wäre, um den der Bulbus bei allen Bewegungen sich drehte, der also selbst in Ruhe bliebe. Dieser Fall ist nun zwar nicht verwirklicht, der Bulbus müßte

sonst auf der Gelenkplatte auf und ab kippen, statt auf ihr zu gleiten. Die Elastizität des Knorpels, zumal des faserigen Knorpels an der Peripherie der Stielplatte, macht aber ein teilweises Auf- und Abkippen des Bulbus auf ihr wahrscheinlich, und dadurch erhellt die beschriebene Lage der Opticus-Eintrittsstelle als die günstigste, die möglich war.

14. Augenmuskeln.

Was die Augenmuskeln betrifft, so soll auf die an sie geknüpften morphologischen Kontroversen nicht eingegangen werden, da ich sie nicht in Beziehungen zur Funktion bringen konnte. Es erübrigen sich dann nur noch wenige kurze Bemerkungen: Die 4 Recti entspringen stets sehr nahe beieinander temporal in der Orbita und bilden einen Kegel, dessen Achse die Bulbusstütze bildet, wenn sie vorhanden ist. Sie inserieren regelmäßig dorsal, ventral, nasal und temporal. Sie sind stets sämtlich von etwa gleicher Länge, und daher inseriert der Rectus externus stets näher an der Cornea als Rectus superior und inferior, diese näher als der Rectus internus. Ihre Ursprünge können vom Cranium auf die Bulbusstütze heraufkriechen. Die beiden Obliqui entspringen meist sehr nahe beieinander nasal in der Orbita und inserieren etwa an gleicher Stelle wie Rectus superior und inferior. Häufig sind alle Muskeln ungleich stark, und zwar sind bei Haien meist unter den Laterales die stärksten. Dadurch werden die Drehungen der Augen nach vorn und hinten, also in der Hauptbewegungsrichtung, begünstigt. Bei Plattfischen findet man stärkere Superiores und Inferiores, die dadurch eintretende Begünstigung der Aufwärts- und Abwärtsbewegungen der Augen hängt natürlich mit dem hauptsächlich oben gelegenen Blickfeld der Plattfische zusammen.

15. TENONsche Kapsel.

Der Bulbus ist nie direkt in das lymphoide Fettgewebe der Orbita eingebettet, sondern in eine TENONsche Kapsel eingeschlossen. In ihren Beziehungen zur Sclera, zur Conjunctiva, zum Sehnerv und zu den Augenmuskeln gleicht sie der von VIRCHOW (104) beschriebenen TENONschen Kapsel des Menschen. Ist eine Bulbusstütze vorhanden, so setzt sich die Kapsel an die Gelenkplatte derselben bzw. an das diese umgebende Bindegewebe

an. Ausnahmen hiervon bilden *Carcharias carcharias* und *Lamna*, bei denen der Knorpelstiel in der äußeren Faserschicht der Sclera endigt, und Selache, wo die Kapsel durch eine sehr dicke Schicht von Tangentialfasern ersetzt ist.

16. Conjunctiva.

Die Propria der *Conjunctiva sclerae* und *palpebrarum* bietet nun nichts Besonderes mehr. Das Epithel der *Conjunctiva sclerae* und, soweit es festgestellt wurde, *palpebrae* ist stets ein mehrschichtiges Pflasterepithel, das Becherzellen enthält. Das Sekret derselben füllt im Leben des Tieres wahrscheinlich den *Conjunctivalsack* aus und ermöglicht dadurch eine leichtere Beweglichkeit des Bulbus, als wenn das Meerwasser den *Conjunctivalsack* erfüllte. Das zur *Conjunctiva* gehörige Epithel der *Cornea* ist stets ein höheres als das Epithel der *Conjunctiva sclerae*. Nie konnte eine Verhornung in demselben nachgewiesen werden, wie sie PÜTTER (82) bei Wassersäugetieren findet. Das Fehlen weiterer nachweisbarer Anpassungen an die physikalisch-chemischen Wirkungen des Meerwassers beruht wahrscheinlich auf der isotonischen Eigenschaft der Körperflüssigkeiten bei Selachiern (HÖBER, 42) gegenüber dem Meerwasser.

17. Lidapparat.

Der Lidapparat hat in allen Fällen das Gemeinsame, daß der Lidspalt hauptsächlich in horizontaler Richtung ausgedehnt ist. Es gilt also vom Lidspalt genau dasselbe wie von der *Cornea* und der Region des schärfsten Sehens. Im übrigen gibt es bei Selachiern drei verschiedene Typen des Lidapparates, die unvermittelt nebeneinander stehen. Entweder gibt es ein oberes und ein unteres Augenlid (*Acanthias*, *Spinax*, *Chimaera*), welche, wie bei *Acanthias* feststeht, beide beweglich sind; oder das untere Augenlid hat seine Beweglichkeit verloren und wird in dieser Hinsicht durch eine bewegliche Duplikatur des Innenblattes, die Nickhaut, ersetzt (*Mustelus*, *Scyllium*), oder endlich beide Augenlider sind am Rande des durchsichtigen Teiles der *Cornea* festgewachsen (Rochen). Vielleicht könnten auf diese Unterschiede am ehesten Rückschlüsse auf die Verwandtschaft der Selachier untereinander gezogen werden. Die Unterschiede sind nämlich zweifellos morphologischer Art, denn in funktioneller Hinsicht erreichen die meisten Selachier trotz der

Verschiedenheiten des Lidapparates dasselbe Ziel. Durch den Verschuß des Lidspaltes wird blendendes Licht vom Auge ferngehalten. Möglichenfalls ist übrigens nirgends bei Selachiern ein vollständiger Lidschluß möglich. Bei den Rochen, wo die Beweglichkeit der Lider fehlt, scheint das zur Iris gehörige Operculum pupillare den Ersatz dafür zu bieten. Eine Ausnahme bildet allerdings Torpedo, dem das Operculum fehlt. Wenn das Operculum die beweglichen Lider zu ersetzen im stande ist, und zwar gerade bei den Rochen, die sich bekanntlich häufig in den Sand des Meeresgrundes hineinwühlen, so müssen wir als wesentlichste Funktion der Lider die Fernhaltung blendenden Lichtes ansehen, während der Schutz gegen akute mechanische äußere Einflüsse oder, woran MATTHIESSEN (68) vor allem denkt, gegen Parasiten viel weniger in Betracht kommt.

18. Lage des Auges im Kopfe.

Die Lage des Auges im Kopfe ist stets eine ausgesprochen seitliche, die Augenachse ist meist gar nicht oder nur sehr wenig nach vorn und oben gerichtet. Eine Ausnahme bildet Squatina mit einer Augenachse, die im Winkel von 45° gegen die Horizontale seitlich aufwärts gerichtet ist. Die seitliche Lage des Auges ist bei Fischen im allgemeinen überall zu finden, sie schützt das Auge vor dem Druck des beim Schwimmen zu durchteilenden Wassers. Trotz dieser Lage erlaubt die Wölbung der Cornea im Verein mit der periskopischen Eigenschaft der Linse in allen Fällen das Blicken in der Vorwärtsrichtung, wenn das Auge nur ein wenig entweder durch seine natürliche Lage oder durch einen geringen Muskelzug nach vorn gerichtet ist.

Zusammenfassung.

Die vorangegangenen Darstellungen zeigen, soweit sie die Anatomie des Selachierauges betreffen, daß zwischen den Augen der verschiedenen Species häufig beträchtliche Unterschiede bestehen. Trotzdem bleibt jedem Auge ein gewisser Stamm von Eigenschaften, die allen Selachiern eigentümlich sind, und deren Gesamtheit dem Selachierauge und nur diesem zukommt und daher das Selachierauge charakterisiert. Fassen wir die wichtigsten derselben zusammen, so können wir das Selachierauge folgendermaßen definieren:

Das Selachierauge ist ein Wirbeltierauge mit kugelige Linse und epithelialem Linsenmuskel (also vom Typus der Fischeaugen), mit vergrößertem hinteren und verkleinertem vorderen Bulbussegment, mit vorwiegend knorpeliger Sclera, mit ziemlich gewölbter dünner großer Cornea, mit Corpus ciliare, mit eigenartig gebautem Tapetum lucidum, mit epithelialer Irismuskulatur, ohne mesodermatische Muskulatur der Iris, des Corpus ciliare, der Chorioidea und der Venen in der Chorioidea und im Corpus ciliare, mit einer Zonula Zinnii eigener Art, ohne den für Fische charakteristischen Processus falciformis und ohne Glaskörpergefäße. Einige Besonderheiten, die noch Erwähnung verdienen, sind:

1) Der dorsale und ventrale Teil der Retina liegen der Linse näher als der auf deutliches Nahesehen eingestellte mittlere horizontale Retinastreifen, sie enthalten ferner weniger lichtempfindliche Elemente und verhältnismäßig noch weniger Ganglienzellen als dieser. Sie besitzen daher ein geringeres Distinktionsvermögen und schwächeren Lichtsinn als der auf deutliches Sehen eingestellte, mittlere horizontale Retinastreifen, dabei aber vielleicht eine wenigstens relativ große Fähigkeit zum Wahrnehmen von Bewegungen im Netzhautbilde.

2) Das Außenblatt der Netzhaut ist stets ein einschichtiges, sehr niedriges, unpigmentiertes Epithel.

3) Vor dem Tapetum lucidum liegt entweder eine Choriocapillaris, oder kleinere Gefäße dringen von der Vasculosa der Chorioidea durch das Tapetum bis an dessen innere Fläche.

4) Die Chorioidea besteht, wenn die Choriocapillaris fehlt, von innen nach außen aus folgenden Schichten: erstens einem Endothel, zweitens dem Tapetum lucidum, drittens der Vasculosa, viertens der häufig fehlenden, häufig aber sehr dicken Suprachorioidea.

5) Das Tapetum lucidum besteht aus Kristalle enthaltenden Zellen, zwischen denen die Fortsätze einer dahinter liegenden Schicht von Pigmentzellen liegen.

6) Die Zonula Zinnii ist bei Selachiern ein zirkuläres homogenes gelatinöses Häutchen, das das Corpus ciliare bedeckt und vom pupillaren Rande desselben zur Linse zieht.

7) Das bekannte Ligamentum suspensorium lentis und die „Sehne“ des Linsenmuskels sind nichts anderes als eine verstärkte dorsale bzw. ventrale Partie der Zonula.

8) Die Abstammung des Glaskörpers und der Zonula von der Pars iridiaca retinae ist auf Grund präparatorisch nachweisbarer Tatsachen wahrscheinlich.

9) Am Knorpel der Bulbusstütze lassen sich Uebergänge zwischen hyalinem und faserigem Knorpel, sowie zwischen diesem und faserigem Bindegewebe konstatieren. Die von früheren beobachtete tangential Lage der der Knorpeloberfläche genäherten Knorpelzellen ist nichts anderes als der Uebergang von Knorpel ins Perichondrium.

10) Die Cornea besteht aus einem durchsichtigen lamellenösen und einem ihn entweder überall oder wenigstens dorsal und ventral umgebenden undurchsichtigen fibrösen Teile.

11) Das von Früheren genannte Ligamentum annulare besteht bei Selachier nur darin, daß das Corpus ciliare, unter Umständen auch die Iris, ohne histologische Veränderungen zu erleiden, an dem undurchsichtigen Teil der Cornea fester haftet als am Scleraknorpel. Es ist daher nicht ringförmig, sobald der undurchsichtige Corneateil es nicht ist, und weder mit dem Ligamentum annulare der Teleostier, noch mit dem Ligamentum pectinatum der Säugetiere und Vögel zu vergleichen.

Aus der Phylogenese des Selachierauges ist bekanntlich die interessanteste Tatsache die, daß die Sclera phylogenetisch als ein Teil des Craniums aufzufassen ist und auch nach ihrer Abgliederung von demselben noch der ehemalige Zusammenhang durch eine knorpelige Bulbusstütze angedeutet wird (GEGENBAUR).

Die Augen der heute lebenden Selachier sind nun als Produkte von Entwicklungen zu betrachten, die unter verschiedenen Lebensbedingungen stattfanden. Als Anpassungen an diese sind die meisten Eigentümlichkeiten der einzelnen Augen aufzufassen.

I. Optische Anpassungen:

1) Die Linse der Fische hat bei dem Erfordernis, möglichst stark gewölbt und möglichst stark brechend zu sein, in jedem Falle das mögliche Maximum erreicht, indem ihre Größe stets nur die gerade notwendige, die Wölbung bis zur Kugelform und die Brechkraft bis zu einem konstanten hohen Grenzwert gesteigert ist; sie ist also als eine Maximalleistung des tierischen Organismus anzusehen.

2) Anpassungen an die Helligkeitsgrade, denen die Tiere ausgesetzt sind: Bei allen findet sich ein Tapetum lucidum,

welches die Aufgabe zu haben scheint, die beim Sehen bei schwachen Beleuchtungen störenden entoptischen Erscheinungen unter die Reizschwelle zu bringen. Im Retinaepithel fehlt das Pigment, wie bei allen Augen mit Tapetum.

3) Im Sinnesblatt überwiegen die Stäbchen über die Zapfen, da das Farbensehen unter Wasser weniger Bedeutung hat als die Helldunkelempfindung.

4) Die Linse ist aplanatisch und erfordert daher kein Abblenden der Randstrahlen.

5) Je weniger Licht das Tier umgibt, um so größer ist für das Auge das Lichtbedürfnis; um so größer ist daher unter den Selachiern die Linse und deshalb auch der Abstand zwischen Linsenzentrum und Retina und damit das ganze Auge.

6) Mit vergrößertem Lichtbedürfnis wird die Cornea größer, bis sie einen konstanten maximalen Grenzwert der relativen Größe erreicht.

7) In der Retina sind mit größerer Meerestiefe die Innervationsbezirke des Ganglion opticum größer, also die Sehschärfe ist verringert, es vergrößert sich ferner die Zahl der Retinaelemente auf der Flächeneinheit und damit die Stärke der Lichtempfindung.

8) Die Iris kann dreierlei verschiedene, einander ausschließende Anpassungen zeigen:

- a) Als Anpassung an das Tagleben resultiert eine bewegliche Iris mit rundlicher Pupille (*Acanthias*, *Carcharias*, *Centrina*, *Mustelus*, *Galeus*).
- b) Als Anpassung an das Nachtleben resultiert eine bewegliche Iris mit tagsüber spaltförmig verengter Pupille (*Lamna*, *Scyllium*, *Squatina*, *Selache*, *Torpedo*). (Bei Rochen eine Iris mit Operculum pupillare.)
- c) Als Anpassung an das Leben in großen Tiefen resultiert eine sehr schmale Iris mit sehr schwacher Muskulatur und sehr großer rundlicher Pupille (*Spinax*, *Chimaera*).

II. Hydrostatische Anpassungen:

9) Anpassungen an Verminderung des äußeren hydrostatischen Druckes (infolge des Aufsuchens geringerer Meerestiefen) liegen im Baue der Cornea.

10) Anpassungen an die Erhöhung des äußeren hydrostatischen Druckes infolge des Aufsuchens größerer Meerestiefen liegen wahrscheinlich in den schiefen Durchbohrungen der Gefäße

und des Sehnerven und in der Ansammlung vieler, der Muskulatur entbehrender Venen in der Chorioidea.

11) Anpassungen an schnell vorübergehende Druckschwankungen liegen in dieser Ansammlung von Venen, ferner in der Spiraldrehung der Stützfasern der Retina.

III. Hydrodynamische Anpassung:

12) Als Anpassung an die Bewegung des Tieres im Wasser resultiert die seitliche Lage des Auges im Kopfe.

IV. Hydrochemische Anpassung:

13) Das Fehlen von nachweisbaren Schutzeinrichtungen der Conjunctiva (Verhornungen etc.) gegen die physikalisch-chemischen Wirkungen des Seewassers und das Fehlen der Membrana Descemeti und des Endothels der Cornea erklärt sich aus der Tatsache, daß die Körperflüssigkeiten der Selachier mit dem Meerwasser isotonisch sind.

V. Mechanische Anpassung:

14) Ein Schutz gegen Stöße, die die Cornea erleidet und welche dann plötzliche Druckschwankungen hervorrufen würden, liegt in dem gegen Einbiegung gefestigten Bau der Cornea.

VI. Innere (korrelative) Anpassungen:

15) Als innere Anpassung, nämlich an die fehlende Elasticität und kugelige Form der Linse, finden wir einen den Ort der Linse verändernden Linsenmuskel und ein ihm entgegenwirkendes Ligamentum suspensorium lentis; die Zugwirkung überträgt sich nicht auf den Scleraknorpel, sondern seiner besseren Befestigung zuliebe auf den undurchsichtigen Teil der Cornea.

16) Die Falten des Corpus ciliare scheinen nur zur besseren Befestigung der Zonula Zinnii zu dienen.

17) Als Anpassung an die geringe Beweglichkeit des Kopfes ist die meist vorwiegend horizontale Ausdehnung des Lidspalts, der Cornea, des Tapetum und des am schärfsten sehenden Teiles der Retina, sowie die Periskopie der Fischlinse anzusehen.

18) Innere Anpassungen, nämlich Mittel zur Erhaltung der Formbeständigkeit des Bulbus gegenüber den Wirkungen der Augenmuskeln und Augenbewegungen, liegen in den meisten Verdickungen und Verdünnungen des Scleraknorpels.

19) Innere Anpassungen an die Körperform des Tieres: Vergrößerung des Abstandes zwischen Auge und Cranium läßt die Bulbusstütze erhalten bleiben und ruft eine im Augengrunde sehr dicke Suprachorioidea als Füll-

gewebe zur Kranialwärtsverlängerung des Auges hervor (Acanthias und die Plattfische).

20) Innere Anpassungen verschiedener Art scheinen in der Lage der Durchtrittsstellen der Gefäße in der Sclera zum Ausdruck zu kommen.

21) Als Ersatz für bewegliche Augenlider tritt das Operculum pupillare der Rochen auf.

In einigen Fällen zeigt sich das Rudimentärwerden einzelner Organe.

1) Rudimentär ist die Bulbusstütze wahrscheinlich bei Lamna, sicher bei Carcharias und Selache.

2) Als Reste ehemaliger Zustände erscheinen die großen Knorpel- und Bindegewebsmengen im Auge von Torpedo.

3) Rudimentär kann zweifellos der Linsenmuskel und auch die Fähigkeit der Accommodation bei Selachiern genannt werden.

Erläuterungen zu den Textfiguren.

b.st Bulbusstütze
c Cornea
c.c Corpus ciliare
ch Gefäßschicht der Chorioidea
f.sk Faserschicht der Sclera
i Iris
l Linse
l.m Linsenmuskel
l.r Lidrand
l.s.l Ligamentum suspensorium
 lenticis
m.r.e Musculus rectus externus

m.r.i Musculus rectus internus im
 Horizontalschnitt
 Musculus rectus inferior im
 Vertikalschnitt
m.r.s Musculus rectus superior
n.o Nervus opticus
r Retina
sch Suprachorioidea
sk Sclera
v.o Vagina nervi optici
w.c.c wallartige Erhebung des
 Corpus ciliare
z.z Zonula Zinnii.

Literatur.

- 1) ADDARIO, C., Sull'istogenesi del vitreo nell'occhio dei Selaci. *Monit. Zool. Ital.*, Anno 13, Suppl. 1903. (Mir nur im Referat zugänglich.)
- 2) AUBERT, H., Physiologie der Netzhaut, Breslau 1865.
- 3) — Die Bewegungsempfindung. *Arch. f. Physiol.*, Bd. XXXIX, 1886.
- 4) — und FÖRSTER, Beiträge zur Kenntnis des indirekten Sehens. *Arch. f. Ophthalmologie*, Bd. III, Abt. 2, 1857.
- 5) BEER, TH., Studien über die Accommodation des Vogelauges. *Arch. f. Physiol.*, Bd. LIII, 1893.
- 6) — Die Accommodation des Fischeauges. *Ibid.*, Bd. LVIII, 1894.
- 7) — Die Accommodation des Kephelopodenauges. *Ibid.*, Bd. LXVII, 1897.
- 8) — Die Accommodation des Auges bei den Reptilien. *Ibid.*, Bd. LXIX, 1898.
- 9) — Die Accommodation des Auges bei den Amphibien. *Ibid.*, Bd. LXXIII, 1898.
- 10) BERGER, E., Beiträge zur Anatomie des Sehorgans der Fische. *Morphol. Jahrb.*, Bd. VIII, 1883.
- 11) — Das Auge, in: Beiträge zur Anatomie von *Luvarus imperialis*. KRUKENBERG, *Vergl.-physiol. Studien*, 1. Reihe, Abt. 4, 1881.
- 12) BERTACCHINI, Sviluppo e struttura del Corpo vitreo in alcuni Vertebrati. *Intern. Monatsschr. f. Anat. u. Physiol.*, Bd. XIX, 1901.
- 13) BOAS, J. Z. V., Lehrbuch der Zoologie, 2. Aufl., Jena 1894.
- 14) BRAUER, A., Ueber einige von der Valdivia-Expedition gesammelte Tiefseefische und ihre Augen. *Sitz.-Ber. d. Ges. z. Beförd. d. ges. Naturw. Marburg*, 1901.
- 15) — Ueber den Bau der Augen einiger Tiefseefische. *Verh. d. Deutsch. zool. Ges.* 11. Vers., 1902.
- 16) BRÜCKE, E., Anatomische Untersuchungen über die sogenannten leuchtenden Augen bei den Wirbeltieren. *Arch. f. Anat.*, Bd. XII, 1845.
- 17) CAJAL, R. Y., Die Retina der Wirbeltiere. Uebersetzt von R. GREEF, Wiesbaden 1894.
- 18) CARINI, A., Osservazioni sull'origine del vitreo. *Monit. Zool. Ital.*, Anno 10, Suppl. 1899. (Mir nur im Referat zugänglich.)
- 19) CARRIÈRE, J., Die Sehorgane der Tiere, München u. Leipzig 1885.
- 20) CHIEVITZ, J. H., Untersuchungen über die Area centralis retinae. *Arch. f. Anat. u. Physiol.*, 1889.
- 21) — Ueber das Vorkommen der Area centralis retinae in den vier höheren Wirbeltierklassen. *Ibid.*, 1891.

- 22) CIRINCIONE, S., Ueber die Genese des Glaskörpers bei Wirbeltieren. Verh. Anat. Ges. 17. Vers., Anat. Anz., Bd. XXIII, Ergänzungsheft 1903.
- 23) — Ueber den gegenwärtigen Stand der Frage hinsichtlich der Genese des Glaskörpers. Arch. f. Augenheilk. (KNAPP und SCHWEIGGER), Wiesbaden 1904.
- 24) CLAUS, C., Lehrbuch der Zoologie, 5. Aufl., Marburg 1891.
- 25) DOGIEL, A., Die Retina der Ganoiden. Arch. mikr. Anat., Bd. XXII, 1883.
- 26) DUMÉRIL, A., Histoire naturelle des poissons, T. I, Paris 1865.
- 27) EXNER, S., Die Physiologie der facettierten Augen von Krebsen und Insekten, Leipzig u. Wien 1891.
- 28) FICK, R., Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke, Bd. I, Jena 1904.
- 29) FÖPPL, A., Vorlesungen über technische Mechanik, Leipzig 1897—1900.
- 30) FRITSCH, G., Die Retinaelemente und die Dreifarbentheorie. Abhandl. Kgl. preuß. Akad. d. Wiss., Anh., Sep., Berlin 1904.
- 31) FRORIEP, A., Die Entwicklung des Auges der Wirbeltiere, in: O. HERTWIG, Handbuch der vergleichenden und experimentellen Entwicklungslehre der Wirbeltiere, Bd. II, 1905.
- 32) GEGENBAUR, C., Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere, Bd. I, 1898.
- 33) GREEF, V., Mikroskopische Anatomie des Sehnerven und der Netzhaut, in: GRAEFE-SAEMISCH, Handb. ges. Augenheilk., Lief. 20—22, 1900.
- 33a) GRYNFELT, E., Le muscle dilatateur de la pupille chez les Mammifères. Montpellier, Firmin et Montagne, 1899. (Mir nur im Referate zugänglich.)
- 34) HALLER, B., Lehrbuch der vergleichenden Anatomie, Jena 1904.
- 35) HEERFORDT, C. F., Studien über den Musculus dilatator pupillae. Anat. Hefte, Arb. anat. Inst., 1900, H. 96 (Bd. XIV, H. 3.)
- 36) v. HELMHOLTZ, H., Die Störung der Wahrnehmung kleinster Helligkeitsunterschiede durch das Eigenlicht der Netzhaut. Zeitschr. f. Physiol. u. Psychol. der Sinnesorgane, Bd. I, 1890. Auch in HELMHOLTZ' wissenschaftl. Abhandl., Bd. III.
- 37) — Handbuch der physiologischen Optik, 2. Aufl., Hamburg u. Leipzig 1896.
- 38) HERTWIG, R., Lehrbuch der Zoologie, 5. Aufl., Jena 1900.
- 39) HERZOG, H., Ueber die Entwicklung der Binnenmuskulatur des Auges. Arch. mikr. Anat., Bd. LX, 1902.
- 40) HESS, C., und HEINE, L., Arbeiten aus dem Gebiete der Accommodationslehre, IV. Arch. Ophthalmol., Bd. XLVI, 1898.
- 41) HESSE, R., Ueber den feineren Bau der Stäbchen und Zapfen einiger Wirbeltiere. Zool. Jahrb., Suppl.-Bd. VII (Festschr. WEISMANN), 1904.
- 42) HÖBER, R., Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe, Leipzig 1902.

- 43) ISCHREYDT, G., Zur Mechanik der Sclera. Arch. Ophthalmol., Bd. XLVI, 1898.
- 44) — Anatomische und physikalische Untersuchungen der Rindersclera. Ibid., Bd. XLVIII, 1899.
- 45) JAMMES, L., Zoologie pratique, Paris 1904.
- 46) KOGANEÏ, F., Untersuchungen über den Bau der Iris des Menschen und der Wirbeltiere. Arch. mikr. Anat., Bd. XXV, 1885.
- 47) v. KÖLLIKER, A., Ueber die Entwicklung und Bedeutung des Glaskörpers. Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. LXXVI, 1904, u. Verh. Anat. Ges. 17. Vers., Anat. Anz., Bd. XXXIII, Ergänzungsh., 1903.
- 48) KÖNIG, A., und BRODHUN, E., Experimentelle Untersuchungen über die psychophysische Fundamentalformel in Bezug auf den Gesichtssinn. Sitz-Ber. d. Akad. d. Wiss., Berlin 1888.
- 49) KRAUSE, W., Die Retina, II. Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Histol., Bd. III, 1886.
- 50) KRUMBACH, TH., Ueber die Greifhaken der Chätognathen. Zoolog. Jahrb., Abt. f. Systematik etc., Bd. XVIII, Jena 1903.
- 51) LANGHANS, TH., Untersuchungen über die Sclerotica der Fische. Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. XV, 1865.
- 52) LEBER, TH., Die Zirkulations- und Ernährungsverhältnisse des Auges, in: GRAEFE-SAEMISCH, Handb. d. ges. Augenheilk., Bd. II, 2. Aufl., 1903.
- 53) LAUBER, H., Beiträge zur Anatomie des vorderen Augenabschnittes der Wirbeltiere. Anat. Hefte, Abt. 1, Arb. anat. Inst., Bd. XVIII, 1902.
- 54) v. LENHOSSÉK, M., Die Entwicklung des Glaskörpers, Leipzig 1904.
- 55) LEUCKART, R., Organologie des Auges, in: GRAEFE-SAEMISCH, Handb. d. ges. Augenheilk., Bd. II, Leipzig 1876.
- 56) LEYDIG, F., Zur Anatomie und Histologie der Chimaera monstrosa. MÜLLERS Arch., 1851.
- 57) — Beiträge zur mikroskopischen Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Rochen und Haie, Leipzig 1852.
- 58) — Anatomische Untersuchungen über Fische und Reptilien, Berlin 1853.
- 59) — Lehrbuch der Histologie, Hamm 1857.
- 60) MANZ, W., Ueber den wahrscheinlichen Accommodationsapparat des Fischeauges, in: A. ECKER, Untersuchungen zur Ichthyologie, Freiburg 1857.
- 61) — Anatomisch-physiologische Untersuchungen über die Accommodation des Fischeauges. Diss. med., Freiburg 1858.
- 62) MATTHIESSEN, L., Ueber die Berechnung des absoluten Brechungsvermögens des Kernzentrums der Kristalllinse. Arch. f. Ophthalmol., Bd. XXII, Abt. 3, 1876.
- 63) — Ueber die geometrische Gestalt der theoretischen Retina im periskopischen schematischen Auge. Ibid., Bd. XXV, Abt. 4, Berlin 1879.
- 64) — Untersuchungen über den Aplanatismus und die Periskopie der Kristalllinse in den Augen der Fische. Arch. f. Physiol., Bd. XXI, 1880.

- 65) MATTHIESSEN, L., Ueber die Beziehungen, welche zwischen dem Brechungsindex des Kernzentrums der Kristalllinse und den Dimensionen des Auges bestehen. *Ibid.*, Bd. XXVII, 1882.
- 66) — Ueber den physikalisch-optischen Bau des Auges der Cetaeen und Fische. *Ibid.*, Bd. XXXVIII, 1886.
- 67) — Ueber den physikalisch-optischen Bau des Auges der Cetaceen und Fische. (Fortsetzung.) *Ibid.*, Bd. XXXIX, 1886.
- 68) — Die neueren Fortschritte in unserer Kenntniss von dem optischen Bau des Auges der Wirbeltiere, in: Beiträge zur Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane. *Festschr. f. HELMHOLTZ*, Hamburg u. Leipzig 1891.
- 69) — Beiträge zur Dioptrik der Kristalllinse, VI. *Zeitschr. f. vergl. Augenheilkunde*, Bd. V, Heft 2, 1893.
- 70) MILNE-EDWARDS, H., *Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée*, T. XII, Paris 1876—77.
- 71) MÜLLER, H., Ueber Knochenbildungen in der Sclera des Tierauges. *Verhdl. d. phys.-med. Ges. Würzburg*, Bd. IX, 1859.
- 72) MÜLLER, JOHANNES, Untersuchungen über die Eingeweide der Fische. *Physikalische Abhandl. d. Kgl. Akademie d. Wiss.*, Berlin 1845.
- 73) — und HENLE, J., *Systematische Beschreibung der Plagiostomen*, Berlin 1841.
- 74) MÜLLER, W., Ueber die Stammesentwicklung des Sehorgans der Wirbeltiere, in: Beiträge zur Anatomie und Physiologie. *Festgabe für C. LUDWIG*, Leipzig 1874.
- 75) MÜNCH, K., Ueber die muskulöse Natur des Stromazellnetzes der Uvea. *Zeitschr. f. Augenheilkde.*, Bd. XII, Berlin 1904.
- 76) NEUMAYER, L., Der feinere Bau der Selachier-Retina. *Arch. mikr. Anat.*, Bd. XLVIII, 1897.
- 77) NUSSBAUM, M., Die Pars ciliaris retinae des Vogelauges. *Arch. mikr. Anat.*, Bd. LVII, 1901.
- 78) — Die Entwicklung der Binnenmuskeln des Auges der Wirbeltiere. *Arch. mikr. Anat.*, Bd. LVIII, 1901.
- 79) — Entwicklungsgeschichte des menschlichen Auges, in: GRAEFESÄEMISCH, Teil 1, Bd. II.
- 80) PARKER, J., and HASWELL, W., *A Textbook of zoology*, Vol. II, New York 1897.
- 81) VAN PÉE, P., *Recherches sur l'origine du corps vitré*. *Arch. Biol.*, T. XIX, 1902. (Mir nur im Referat zugänglich.)
- 82) PÜTTER, A., Die Augen der Wassersäugetiere. *Zoolog. Jahrbücher*, Abt. f. Anat., Bd. XVII, 1903.
- 83) RABL, C., Ueber den Bau und die Entwicklung der Linse. 1. Teil. *Zeitschr. f. wissensch. Zoologie*, Bd. LXIII, 1898.
- 84) — Ueber den Bau und die Entwicklung der Linse. 3. Teil. *Ibid.*, Bd. LXVII, 1900.
- 85) — Zur Frage nach der Entstehung des Glaskörpers. *Anat. Anz.*, Bd. XXII, 1903.
- 86) RETZIUS, G., Zur Kenntniss vom Bau der Selachier-Retina. *Biologische Unters.*, N. F. Bd. XII, Jena 1905.

- 87) RUGE, G., Ueber das periphere Gebiet des Nervus facialis bei Wirbeltieren. Festschrift für GEGENBAUR, Bd. III, Leipzig 1879.
- 88) SAGEMEHL, M., Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Fische. Morphol. Jahrb., Bd. IX, 1884.
- 89) SCHAPER, A., Die nervösen Elemente der Selachier-Retina in Methylenblaupräparaten. Festschrift A. KUPFFER, Jena 1899.
- 90) SCHIEFFERDECKER, P., Studien zur vergleichenden Anatomie der Retina. Arch. f. mikr. Anat., Bd. XXVIII, 1886.
- 91) SCHOEN, W., Zonula und Ora serrata. Anat. Anz., Bd. X, 1895.
- 92) SCHWALBE, G., Lehrbuch der Anatomie der Sinnesorgane, Erlangen 1887.
- 93) SHAERER, C., On the nerf terminations in the Selachian cornea. Journ. of comparat. Neurology, Vol. VIII, Granville 1898.
- 94) SOEMMERRING, D. W., De oculorum sectione horizontali, Göttingen 1818.
- 95) v. SZILY, A., Zur Anatomie und Entwicklungsgeschichte der hinteren Irisschichten mit besonderer Berücksichtigung des Musculus sphincter iridis des Menschen. Anat. Anz., Bd. XX, 1902.
- 96) — Zur Glaskörperfrage. Anat. Anz., Bd. XXIV, 1904.
- 97) TIESING, B., Ein Beitrag zur Kenntnis der Augen-, der Kiefer- und Kiemenmuskulatur der Haie und Rochen. Jenaische Zeitschr., Bd. XXX, 1896.
- 98) TORNATOLA, S., Nota di embriologia oculare, Messina 1901. (Mir nur im Referat zugänglich.)
- 99) TRIEPEL, Einleitung in die physikalische Anatomie, Wiesbaden 1902.
- 100) VIRCHOW, H., Beiträge zur vergleichenden Anatomie des Auges. Habilitationsschrift, Berlin 1882.
- 101) — Ueber die Form der Falten des Corpus ciliare bei Säugetieren. Morphol. Jahrb., Bd. XI, 1886.
- 102) — Ueber die Augengefäße der Selachier. Arch. f. Physiol., 1890, und Sitzungsber. d. Ges. naturw. Freunde Berlin, 1893.
- 103) — Fächer, Zapfen, Leiste, Polster, Gefäße im Glaskörper- raume von Wirbeltieren, sowie damit in Verbindung stehende Fragen. MERKEL-BONNET, Bd. X, 1901.
- 104) — Ueber den TENONschen Raum und die TENONSche Kapsel. Sitz.-Ber. Akad. d. Wiss., phys.-math. Klasse, Berlin, 1902.
- 105) DE WAELE, K., Sur l'embryologie de l'œil des poissons. Note préliminaire. Bull. du Mus. d'Histoire naturelle, 1900. (Mir nur im Referat zugänglich.)
- 106) — Recherches sur l'anatomie comparée de l'œil des vertébrés. Internat. Monatsschrift f. Anatomie u. Physiol., Bd. XIX, 1901.
- 107) WEISS, L., Ueber das Wachstum des menschlichen Auges. Anat. Hefte, 1897.
- 108) WIEDERSHEIM, R., Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere, Jena 1902.

Erklärung der Figuren-Tafel.

Tafel XXIX.

Fig. 1. Querschnitt durch den Pupillarrand der Iris von *Acanthias acanthias*, entpigmentiert. Man sieht das epitheliale innere Blatt (*i.b*) und das teilweise aus indifferenten Zellen (?) (*i.z*), größtenteils aber aus als Sphincter (*sph*) und Dilator (*dil*) wirkenden Epithelmuskelzellen bestehende äußere Blatt (*i.b*) der Pars iridiaca retinae an der Unterseite der Pars mesoblastica iridis (*p.m.i*). Durch Schrumpfung sind die Epithelmuskelzellen teilweise voneinander, teilweise vom inneren Retinablatt getrennt. 300 : 1.

Fig. 2. Flächenschnitt durch die Iris von *Acanthias acanthias*, reine Kernfärbung, zeigt die Pars mesoblastica iridis (*p.m.i*), die pigmentierten Epithelmuskelzellen des am Pupillarrande (*p.r*) gelegenen Sphincters (*sph*) und des weiter außen gelegenen Dilators (*dil*), sowie die pigmentierten Epithelzellen des inneren Blattes der Pars iridiaca retinae (*i.b*). 300 : 1.

Fig. 3. Schnitt durch die Papille des Linsenmuskels (*p.l.m*) von *Acanthias blainvilli*, reine Kernfärbung. Der Schnitt ist parallel der die Linse im Insertionspunkt des Linsenmuskels berührenden Ebene geführt. Die zur Höhe der Papille emporstrebenden Ciliarfalten (*c.f*) enthalten je ein Gefäß (*g*). An den Ciliarfalten ist das Außenblatt (*a.b*) der Retina pigmentiert, das Innenblatt (*i.b*) pigmentfrei. An den Seiten der Papille ist das Innenblatt (*i.b*) pigmentiert, das Außenblatt bildet die pigmentierten Epithelmuskelzellen des Linsenmuskels. 150 : 1.

Fig. 4. Schnitt, schräg durch eine Ciliarfalte von *Mustelus* geführt. *a.b*, *i.b* wie vorher, *bdg* Bindegewebe. 300 : 1.

Fig. 5. Querschnitt durch den Pupillarrand der Iris von *Mustelus*. Buchstabenbezeichnungen wie in Fig. 1. 300 : 1.

Fig. 6. Querschnitt durch das Tapetum lucidum von *Squatina squatina*. *p.z.z* Schicht von Pigmentzellen, deren Fortsätze (*p.z*) im spitzen Winkel gegen das Außenblatt der Retina (*a.b*) stehen, Zwischen zwei solchen Fortsätzen liegt je eine (hier nicht sichtbare), Kristalle enthaltende Zelle. *g* Gefäß, *e* Endothel der Chorioidea 900 : 1.

Fig. 7. Stäbchen und Zapfen von *Squatina squatina*. *st.z* Stäbchen- und Zapfenschicht, *m.l.e* Membrana limitans externa, *a.k* äußere Körner. 1500 : 1.

Fig. 8. Stäbchen und Zapfen (*st.z*) von *Mustelus*. 1000 : 1.



Fig. 1.



Fig. 2.

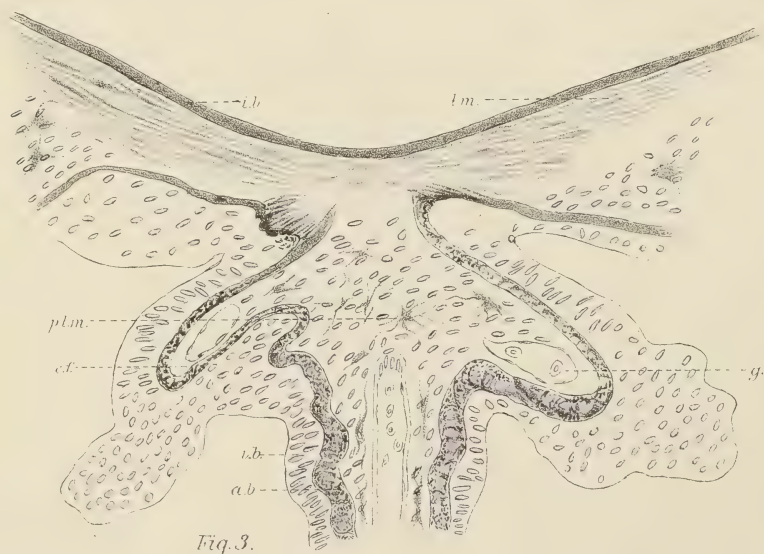
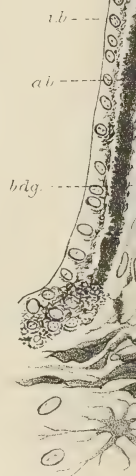
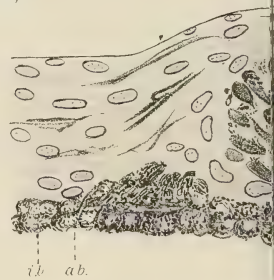
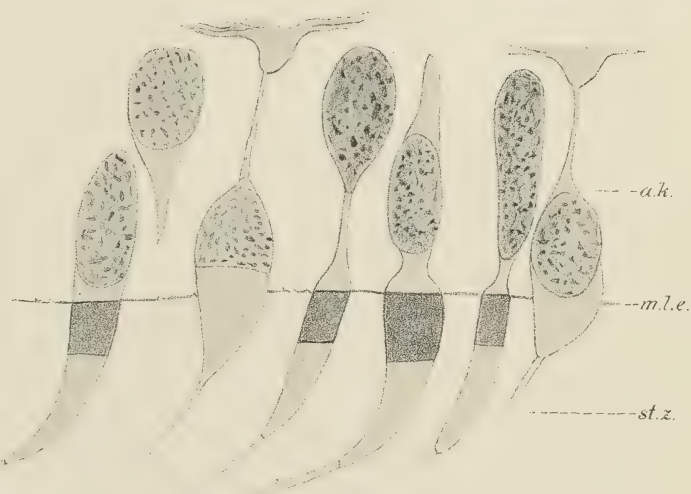
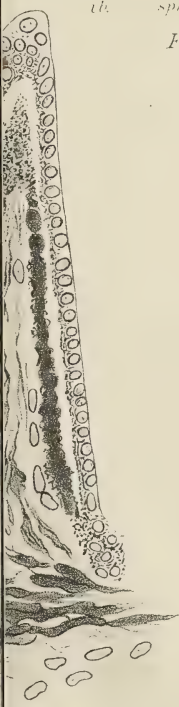
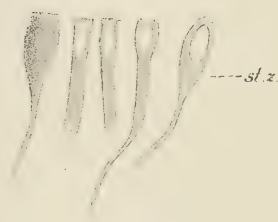
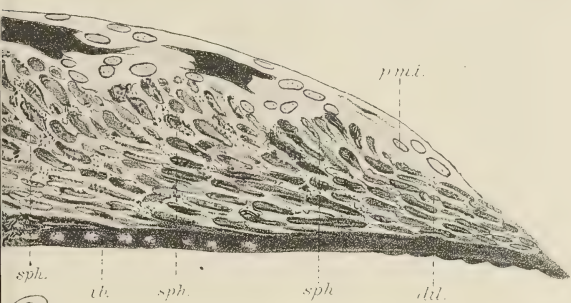
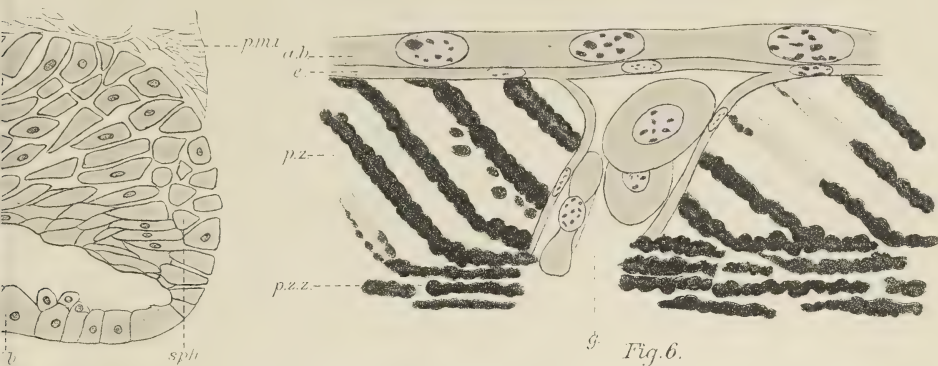


Fig. 3.





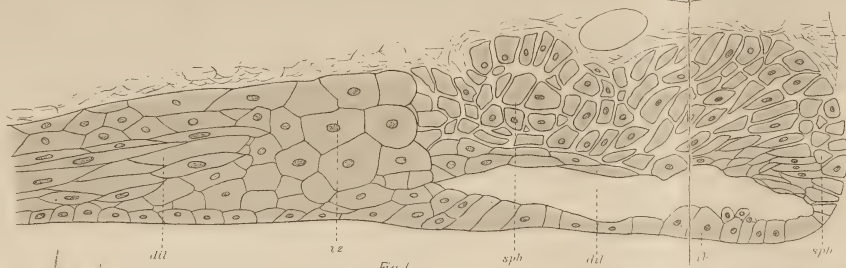


Fig. 1.

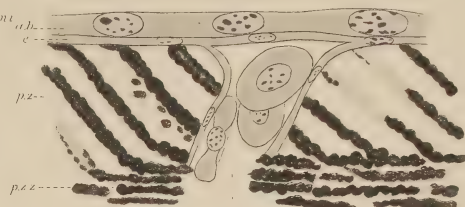


Fig. 6.



Fig. 2.



Fig. 5.

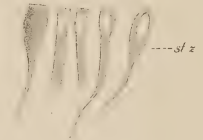


Fig. 8.

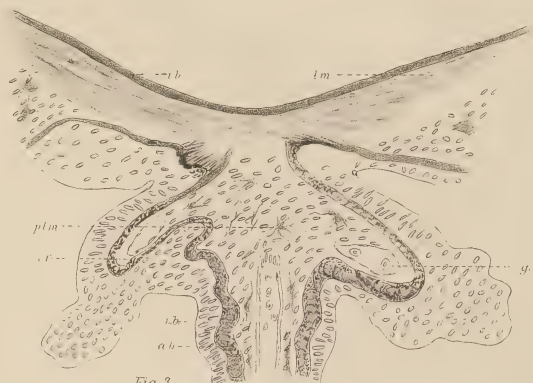


Fig. 3.

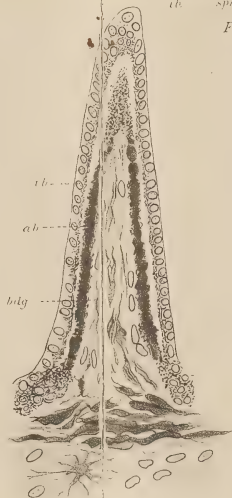


Fig. 4.

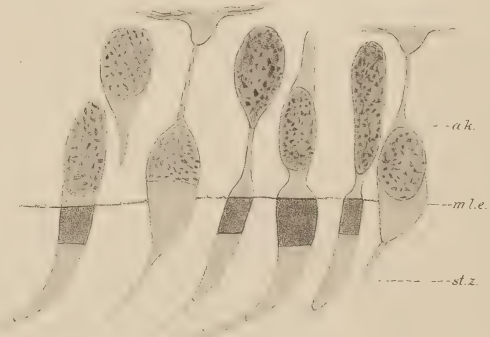


Fig. 7.