Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Bern
Band: - (1907)
Heft: 1629-1664

Artikel: Untersuchungen über das Auge von Anableps tetrophthalmus
Autor: Schneider-v. Orelli, Mathilde
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-319173

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Mathilde Schneider-v. Orelli

Untersuchungen über das Auge von Anableps tetrophthalmus.

Die vorliegende Arbeit wurde im zoologischen Institut der Hochschule Bern ausgeführt. Herrn Prof. Dr. Studer, der mir die Anregung dazu gab und mir mit seiner Erfahrung zur Seite stand, sowie Herrn Privatdozent Dr. W. Volz, der mir im Verlaufe meiner Untersuchungen oft seinen Beistand lieh, möchte ich an dieser Stelle meinen herzlichen Dank aussprechen.

Das Material, das ich benutzte, stammt aus Pará und wurde dem zoologischen Institut durch Herrn Prof. Dr. Göldi übermittelt. Es standen mir eine Anzahl ausgewachsener Tiere, Männchen und Weibchen, zur Verfügung, dazu eine Menge von Embryonen auf verschiedenen Entwicklungsstufen. Alle waren in Formol konserviert. Zur Einbettung benutzte ich sowohl Celloidin als Paraffin und machte dabei die Erfahrung, dass Celloidin sich besser eignet für ausgewachsene Augen, während man bei Embryonen gut die Paraffinmethode anwenden kann.

I. Systematik und Biologie.

Anableps tetrophthalmus ist ein Teleostier; er gehört in die Ordnung der Physostomi und zur Familie der Cyprinodonten. Diese Familie hat ihre grösste Verbreitung in Amerika und Afrika, und ihre Vertreter sind teils Meerfische, teils Bewohner der Flüsse und Seen der Kontinente. In den Gewässern der Anden steigen sie bis zu einer Höhe von 4000 m. Unter der grossen Zahl von Vertretern ist Anableps wohl die interessanteste Gattung. Durch die eigentümliche Beschaffenheit ihrer Augen, die durch ein horizontales Pigmentband der Cornea in ein oberes Land- und ein unteres Wasserauge getrennt sind, durch den

äusserlichen Begattungsapparat des Männchens (die umgewandelte Analflosse), durch die Viviparität, die sonst bei Fischen so selten ist, zeichnet sie sich vor allen andern aus. In ihrer Ausbreitung ist die Gattung auf das karibische Meer und das nördliche Küstengebiet Süd-Amerikas beschränkt. Eine einzige Art wurde von Kapitän Dow (11) im pazifischen Ozean gefunden und nach ihm Anableps Dowii Gill benannt.

Unser Anableps unterscheidet sich von den beiden andern atlantischen Arten durch den relativ grossen Zwischenraum zwischen beiden Augen, durch die kürzere Schnauze und durch gedrungeneren Körperbau.

Was seine Lebensweise betrifft, so weiss schon 1846 Valenciennes (10) zu berichten, dass er ein Strandbewohner ist, dass er oft das Wasser verlässt und auf dem Schlamme weiterkriecht. Leschenault, der Berichterstatter Valenciennes, hatte sogar beobachtet, dass der Fisch beim Schwimmen die obere Hälfte seines Auges über, die andere unter dem Wasser hat.

Schomburgk (25) hatte auf seiner Reise in Britisch-Guyana auch Gelegenheit, unsern Fisch zu beobachten. Die Expedition hatte auf einer Muschelbank an der Mündung des Waini Halt gemacht, und Schomburgk fährt nun fort: « So reich unsere Tafel mit Geflügel besetzt war, so gelang es uns doch nicht, dieser irgend einen schmackhaften Fisch beizugesellen; die ausgeworfenen Angeln wurden durchwegs ohne Beute zurückgezogen. Nur der wenig schmackhafte Anableps tetrophthalmus (foureye der Kolonisten) suchte uns diesen Mangel an Ueberfluss zu ersetzen, indem er sich in zahllosen Scharen längs der Küste und der Bank hindrängte, so dass dann gewöhnlich eine grosse Anzahl, von der eintretenden Ebbe überrascht, auf dem flachen Strande zurückbleibt und dem immer mehr zurückweichenden Wassersaum durch gewaltige Sprünge nachzueilen suchen muss, in welchem Bestreben ein ansehnlicher Teil von den gefiederten Scharen erreicht wird. Nie habe ich den Fisch in den Flüssen jenseits der Grenze des salzigen Wassers gefunden.»

Auch Klinkowström (19) kann aus eigener Anschauung über das Leben und Treiben des Anableps berichten: «Das Vierauge» (der deutsche Name für Anableps) lebt in dem Küstengebiet von Suriname in den Flussmündungen und in den kleinen deltaarti-

gen Kanälen, die die Flüsse mit dem Meere verbinden. Es ist hier sehr häufig und kann überall im seichten Wasser nahe dem Ufer in Rudeln von 10—40 Stück gesehen werden. Gewöhnlich stehen sie unbeweglich im Wasser dicht bei dem lehmigen Ufer, nach Beute (Insekten und dergleichen) spähend. Werden sie beunruhigt, so schiessen sie alle auf einmal blitzschnell, halb schwimmend, halb in der Luft wie Delphine springend, durch das Wasser, um einige hundert Schritte davon wieder unbeweglich zu liegen. Am eigentümlichsten ist jedoch die Art, auf welche sie schwimmen. Nimmer habe ich einen Anableps unter Wasser tauchen gesehen, immer schwimmen sie an der Oberfläche, mit einem Teil des Rückens und des Kopfes über Wasser. Dabei liegt der horizontale Pigmentstreifen der Cornea genau in der Wasserlinie, das untere «Auge» unterhalb, das obere «Auge» aber oberhalb derselben. Auf der untern Hälfte der Retina werden die aus der Luft kommenden Lichtstrahlen, auf der obern die aus dem Wasser kommenden gebrochen . . . . Der Vorteil, den diese Einrichtung dem Tiere gewährt, ist einleuchtend; das obere «Auge» hilft ihm, die Beute zu entdecken, während gleichzeitig das untere «Auge» ihn vor von der Tiefe drohenden Gefahren (Raubfischen und dergleichen) warnt.»

II. Historisches.

Ein Fisch mit so interessanten Eigenschaften wie Anableps musste schon früh die Aufmerksamkeit der Forscher auf sich ziehen, und so finden wir ihn denn schon bei den ältern Autoren wenigstens erwähnt oder mehr oder weniger ausführlich beschrieben. Den meisten ist nur eine Art der Gattung Anableps bekannt, und zwar ist dies in den meisten Fällen unser Anableps tetrophthalmus.

Schon im «Genera Piscium» (1) und «Species Piscium» (2) von Artedi tritt er auf und zwar unter dem Namen A. Artedi. Auch Seba (27) in seinem grossen Werke „Thesaurus rerum naturalium“ widmet ihm eine recht eingehende Beschreibung, die zwar nicht in allen Teilen genau ist. Auch die Figuren, die dem Texte beigegeben sind, scheinen nicht mit genügender Sorgfalt ausgeführt zu sein. Wie Valenciennes (10) bemerkt, lässt sich

nicht einmal mit Sicherheit bestimmen, welche Art der Gattung Anableps hier als Vorbild gedient hat. Ein Abschnitt in der Beschreibung ist auch dem Auge des Fisches gewidmet. Doch werden wir über die Anatomie desselben ganz im Unklaren gelassen, da der Autor sich hauptsächlich mit der Frage beschäftigt, ob es dem Anableps möglich sei, auch gerade vor sich hin und nach unten zu schauen, oder ob er den Blick beständig nach oben richten müsse.

Gronovius (15) in seinem „Museum Ichthyologicum" liefert einen genauen beschreibenden Text des A. Artedi. Was die Augen anbelangt, so begnügt er sich, ihre Lage und Stellung genau zu bezeichnen. Auch auf der Abbildung kommt die Teilung der Augen durch das horizontale Band nirgends recht zur Geltung.

Linné (23) hat unsern Fisch ebenfalls in sein System eingereiht, allerdings nicht unter dem Namen Anableps Artedi, sondern er zählt ihn zur Gattung Cobitis und gibt ihm den Speziesnamen Anableps. In der Beschreibung beschränkt sich Linné auf das Aufzählen von ein paar äusserlichen Merkmalen, ohne den interessanten Bau der Augen auch nur zu erwähnen.

Einige Zeit darauf erschienen zwei Arbeiten, in denen nun auch die Augen dieses Fisches Berücksichtigung fanden. Bloch (6) gibt in seiner „Naturgeschichte der ausländischen Fische" eine genaue Beschreibung des ganzen Fisches: er hat auch die Verhältnisse im Auge, so gut man sie von aussen ohne eingehendere anatomische Untersuchung erkennen kann, im allgemeinen richtig beobachtet. Nur drückt er sich allerdings nicht in allen Punkten genügend klar aus.

Lacépède (20) hat das Auge des Anableps sogar zum Gegenstande ganz besonderer Studien gemacht und zwei Arbeiten darüber herausgegeben, von denen mir aber nur die eine zugänglich war. Er spricht in dieser Arbeit die Ansicht aus, dass der Name A. tetrophthalmus, deutsch Vierauge, unrichtig sei, da einige Organe des Auges, wie Linse, Glaskörper und Retina nur einfach vorhanden seien. Er hätte auch Iris und Cornea unter die nur in der Einzahl vorhandenen Organe einreihen können, während er irrtümlicherweise von einer doppelten Iris und einer doppelten Cornea spricht. Dagegen ist er meines Wissens der

erste, der erkannt hat, dass die beiden Teile der Cornea verschiedenen Kugelflächen angehören.

Die beste und genaueste Arbeit über Anableps finden wir in der „Histoire naturelle des poissons“ von Cuvier und Valenciennes (10). Zum ersten Mal werden hier auch die drei bekannten Arten des atlantischen Ozeans scharf charakterisiert und auseinander gehalten. Die Augen hat Valenciennes so sorgfältig untersucht, wie kein anderer vor ihm, nur war allem Anschein nach die Untersuchung bloss eine makroskopische.

Die Arbeiten, die seither über Anableps erschienen sind, beschränken sich auf solche systematischer Art, wie z. B. die schon erwähnten Beschreibungen der neu entdeckten Art im pazifischen Ozean (11, 14, 28). Eine Ausnahme davon macht die Publikation Klinkowströms (19): „Beiträge zur Kenntnis des Auges von Anableps tetrophthalmus“, der es sich hauptsächlich zur Aufgabe gestellt hat, die anatomischen Verhältnisse dieses merkwürdigen Auges klar zu legen. Er beschränkte sich auch nicht bloss auf die makroskopische Untersuchung, sondern er zerlegte die Augen mehrerer neugeborner Jungen in Schnittserien. Ein solcher Schnitt, vertikal durch die Mitte des Auges, wurde sorgfältig gezeichnet und das Bild der Arbeit beigelegt.

Da sich aber Klinkowström in seinen Ausführungen ungemein kurz fasst, und da er nur die anatomischen Verhältnisse des Auges berücksichtigt, ohne auf die Beschreibung der Gewebe einzutreten, so schien es nicht überflüssig, durch eine noch eingehendere anatomische und soweit möglich auch histologische Untersuchung die Arbeit Klinkowströms zu ergänzen.

III. Anatomie.

Auf den ersten Blick fällt bei der Betrachtung des Fisches die eigentümliche Lage und Stellung der Augen auf. Diese stehen nämlich erhöht und ragen nach oben und seitlich beträchtlich über die Oberfläche des Kopfes hinaus. Auf der innern Seite werden sie von einem gewölbeartig hervortretenden Ausläufer des Stirnbeins umfasst, der für das Auge, das bei seiner exponierten Lage mancherlei Gefahren ausgesetzt ist, einen vortrefflichen Schutz bildet. Diese Frontalbogen entspringen in geringer

Entfernung von der Medianlinie des Kopfes und wölben sich dann nach oben, indem sie sich immer weiter voneinander entfernen. Ich habe bei einem erwachsenen Exemplar unten 4 mm und oben 9 mm Abstand gemessen.

Auf der untern Seite ist der Bulbus nur von weichem Gewebe umgeben, das keinen besondern Schutz bietet.

Die Augen schauen seitlich nach aussen und zwar so, dass die Sehaxe des Auges senkrecht zur Längsaxe des Körpers steht.

Der Bulbus hat eine kugelige Gestalt von etwa 8 mm Durchmesser. Die Falten, die die Cutis bei den meisten andern Fischen in der Umgebung des Auges bildet und die, wie Berger (4) vermutet, diesem eine gewisse Beweglichkeit ermöglichen, fehlen hier vollständig. Auch der hohe knöcherne Rand, der den Bulbus fest umschliesst, trägt dazu bei, dem Auge irgend welche Veränderung seiner Lage unmöglich zu machen, so dass dieses noch mehr als die meisten andern Fischaugen den Eindruck des Starren und Unbeweglichen erweckt.

Auf der hintern Seite ist der Bulbus wie bei den meisten andern Fischen in ein Polster von Fettgewebe eingebettet.

Das Auge selbst weist infolge seiner Trennung in Land- und Wasserhälfte dem Fische eine ganz eigentümliche Stelle im Tierreich zu. Zwar steht unser Anableps, wie Beer (3) bemerkt, mit dieser Eigenschaft nicht allein da. Bei einigen Insekten und speziell bei Gyrinus mergus treffen wir ähnliche Verhältnisse. Das Auge dieses Käfers wird durch einen breiten Querstreifen in eine obere und in eine untere Partie geteilt, so dass es dem Tiere möglich ist, beim Schwimmen gleichzeitig im Wasser und in der Luft zu sehen. Eine nähere Untersuchung dieser Augen wäre gewiss eine ungemein lohnende Aufgabe. Denn wenn, wie zu vermuten ist, das Auge von Anableps und von Gyrinus auch nach dem gleichen Grundprinzip gebaut sind, so bestehen doch solche Unterschiede zwischen dem Insekten- und dem Fischauge, dass im einzelnen sicher viele neue interessante Beobachtungen gemacht werden könnten.

Ich werde im folgenden kurz die Verhältnisse des Anablepsauges schildern, wie sie sich durch die makroskopische Untersuchung erkennen lassen.

Auf den ersten Blick fällt auf, dass die Hornhaut eine stärkere Krümmung aufweist als im gewöhnlichen Fischauge. Es ist aber darauf nicht so sehr Gewicht zu legen, da auch Berger (4) Fische erwähnt (Chrysophrys aurata und Uranoscopus scaber), deren Hornhaut nicht als flach bezeichnet werden kann. Hingegen ist von grosser Wichtigkeit die ungleiche Krümmung der Cornea. Wie schon gesagt, ist diese durch ein fast horizontales Pigmentband in zwei Hälften getrennt, von denen die obere schwächer, die untere stärker gekrümmt ist. Die beiden Teile sind ungleich gross, da der Pigmentstreifen etwas nach unten verschoben ist.

Nach hinten setzt sich die Hornhaut in die knorpelige Sclera fort. Innerhalb der Sclera und Cornea folgt die Chorioidea mit der Iris, erstere dadurch ausgezeichnet, dass sie eine sehr grosse Chorioidealdrüse einschliesst. Processus falciformis und Campanula Halleri fehlen diesem Auge vollständig. Die Iris umgibt mit schmalem Rande eine grosse Pupille. In der Höhe des cornealen Pigmentstreifens, ungefähr in der Mitte zwischen oberm und unterm Rand, springt sie von jeder Seite mit einem vorn abgerundeten Lappen gegen die Mitte des Auges vor. Hier treffen sich die beiden Enden und legen sich dicht nebeneinander, oder es kommt noch häufiger vor, dass der eine Lappen über den andern hinübergreift. Auf diese Weise wird die Pupille wie die Cornea in eine obere und eine untere Hälfte zerlegt.

Die Entwicklung dieser Lappen ist an Embryonen von verschiedenem Alter leicht zu verfolgen.

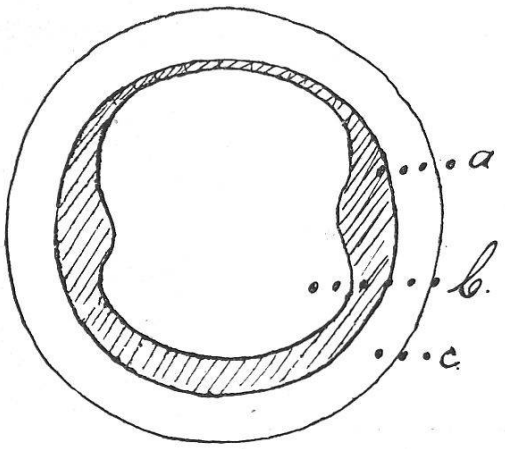

Fig. 1. **Embryo, 17 mm.**
a) Iris. b) Pupille. c) Sclera.

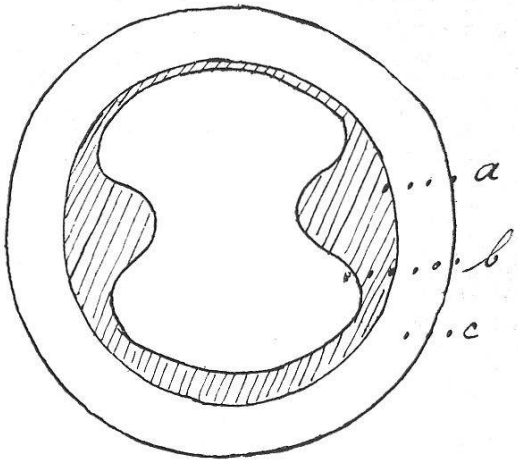

Fig. 2. **Embryo, 27 mm.**
a) Iris. b) Pupille. c) Sclera.

Bei einem Embryo von 17 mm Länge gehen die beiden Pupillen noch ganz ineinander über. Nur kleine seitliche Vorwölbungen der Iris bezeichnen die Stelle der spätern Lappen.

Das folgende Stadium traf ich im Auge eines Embryo von 27 mm Länge. Hier nähert sich der Rand der Pupille schon eher der Form einer 8, und die Lappen treten sehr deutlich hervor. Noch ausgeprägter kommt dies in der dritten Figur zur

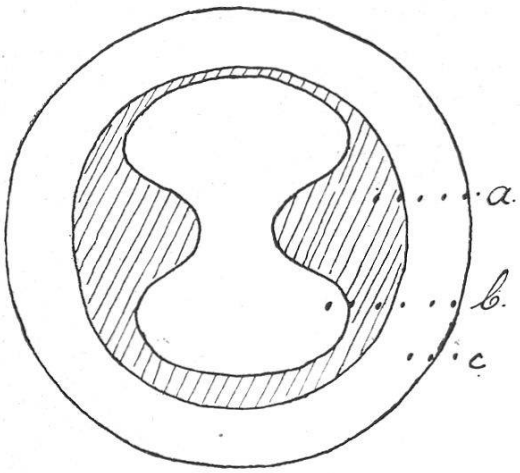

Fig. 3. **Embryo, 35 mm.**
a) Iris. b) Pupille. c) Sclera.

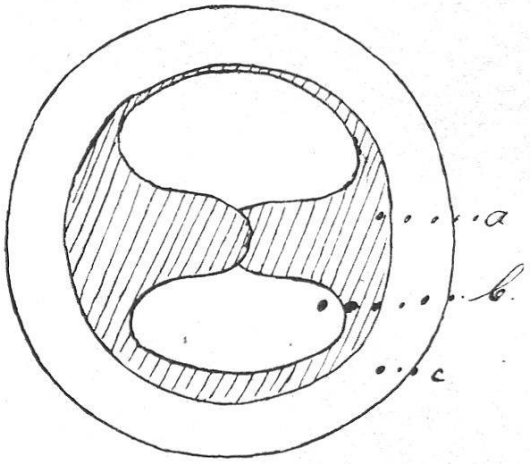

Fig. 4. **Ausgewachsener Fisch.**
a) Iris. b) Pupille. c) Sclera.

Geltung. Es ist dies die Iris eines 35 mm langen Embryo, und von hier ist nur mehr ein kleiner Schritt zu den Verhältnissen des ausgewachsenen Auges.

Die beiden Pupillen sind von ungleicher Grösse, da der untere Rand der Iris breiter ist als der obere. Sie werden oben und unten von einem konkaven Bogen begrenzt, gegen die Mitte zu von zwei konvexen, den Begrenzungslinien der beiden Irislappen.

Hinter den beiden Pupillen liegt eine grosse Linse, die fast den ganzen Raum zwischen Iris und Netzhaut ausfüllt. Sie ist aber nicht rund wie die gewöhnliche Fischlinse, sondern weist im Bereich der untern Pupille einen Vorsprung auf.

Die vordere Augenkammer, durch Cornea, Iris und Linse begrenzt, ist in einen obern und untern Raum zerlegt, da die beiden Irislappen sowohl der Linse als der Cornea dicht aufliegen. Die obere der beiden Augenkammern zeigt in der Richtung von oben nach unten eine grössere Ausdehnung als

die untere. Diese hingegen weist infolge der stärkern Krümmung der Hornhaut einen grössern Abstand auf zwischen Cornea einerseits und Iris und Linse anderseits.

Ein Glaskörper füllt den engen Raum zwischen Linse und Netzhaut aus.

Die hintere Augenkammer wird von einer wohl ausgebildeten Retina ausgekleidet. Diese bildet im Niveau des Hornhaut-Pigmentbandes eine horizontale Falte. Dadurch wird auch die Retina in zwei Hälften getrennt, die einander in einem stumpfen Winkel schneiden. Die obere derselben empfängt die Strahlen, die aus dem Wasser ins Auge fallen, die untere die aus der Luft kommenden. Der Sehnerv durchbohrt die umhüllenden Schichten des Auges in schiefer Richtung. Er tritt im innern untern Teil des Bulbus an das Auge heran, richtet sich in seinem weitern Verlaufe mehr nach oben und aussen, bis er in der erwähnten Falte durch die Retina ins Auge tritt, um radiär nach allen Seiten auszustrahlen. Die Sehnervenpapille ist vertieft, während sie bei den meisten andern Fischen eine Erhöhung in der Netzhaut bildet.

Ist es nun eigentlich statthaft, beim Anableps von vier Augen zu sprechen? Vom rein anatomischen Standpunkt aus gewiss nicht, da doch die Organe jedes Bulbus nur in der Einzahl vorhanden sind. Aber da wiederum bei den einzelnen Teilen so deutliche Grenzen vorhanden sind und die beiden Hälften des Auges in ihrer physiologischen Funktion so ganz getrennte Aufgaben haben, so kann man wohl die Bezeichnung oberes und unteres und Wasser- und Landauge ohne Anführungszeichen gebrauchen.

Die Cornea.

Die Hornhaut ist nicht überall von gleicher Dicke. Sie beginnt am obern Rand mit einer kleinen Verdickung, verdünnt sich dann im Bereich der obern Pupille, um in der Mitte wieder eine Verdickung zu bilden. Diese ist bei makroskopischer Untersuchung als deutlicher Vorsprung, der sich in horizontaler Richtung unter dem Pigmentband hindurchzieht, erkennbar. Auf diese Weise sind die beiden Corneahälften auch nach innen

deutlich getrennt. Nach unten tritt wieder eine Verdünnung ein, und zwar ist dieser untere Hornhautteil von geringerer Dicke als der obere. Am Rand tritt wieder eine plötzliche starke Verdickung ein, dann eine ziemlich schnelle Abnahme. Auf diese Weise entsteht eine Art von Lamelle, die ins Auge hineinragt. Bei Embryonen ist sie noch nicht so deutlich ausgeprägt.

Eine andere Eigentümlichkeit ist nur durch mikroskopische Untersuchung zu erkennen. Nachdem nämlich die Cornea den grossen Vorsprung am untern Rande gebildet hat, verläuft sie zunächst noch ein wenig nach vorn, wölbt sich dann nach innen und wieder nach aussen und setzt darauf ihren Lauf fort. Auf

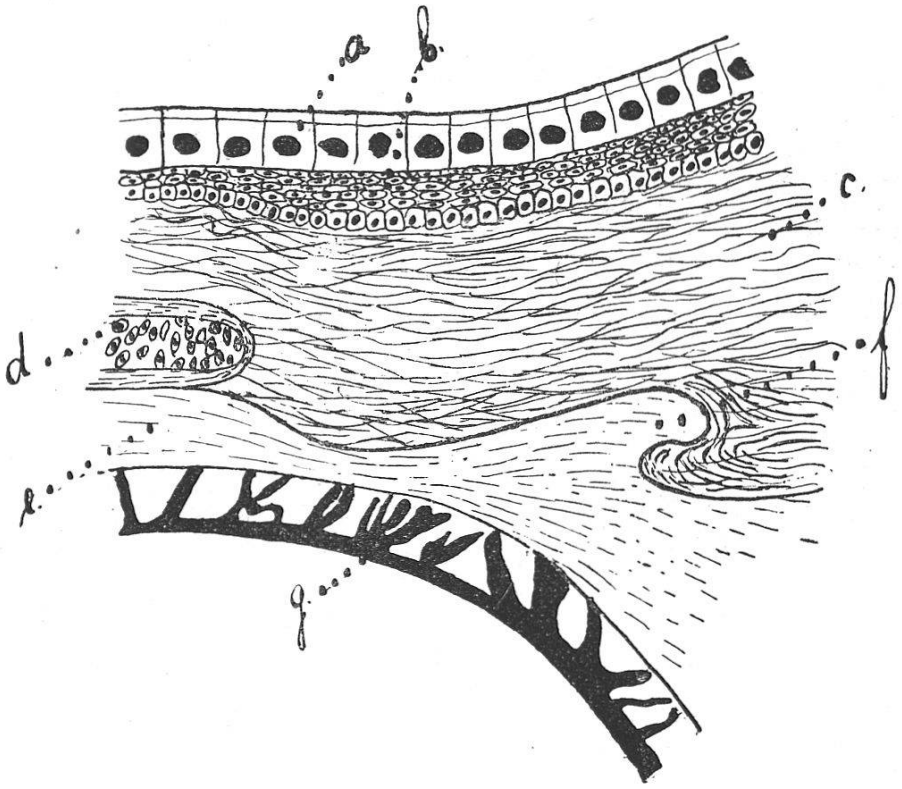

Fig. 5. **Querschnitt durch den Rand der Cornea.**
a) Grosse, pflasterförmige Zellen. b) Plattenförmige Zellen. c) Hornhautfasern. d) Scleralknorpel. e) Ligamentum annulare. f) Rinne der Cornea. g) Argentea.

diese Weise entsteht eine Art von Rinne, die durch das Ligamentum annulare ausgefüllt wird.

In der Cornea lassen sich mit Leichtigkeit zwei Hauptschichten unterscheiden: die Conjunktiva und die Substantia propria. Der conjunktivale Teil lässt sich makroskopisch ab-

präparieren. Dickenveränderungen der Cornea ziehen immer nur die Substantia propria in Mitleidenschaft. Die Conjunktiva bleibt in der ganzen Cornea ungefähr gleich. So kommt es, dass an den dünnern Stellen der Hornhaut die beiden Schichten von gleicher Dicke sind, während bei den verdickten Stellen die Substantia propria bedeutend überwiegt.

Bei genauer mikroskopischer Betrachtung erkennt man eine weitere Differenzierung dieser beiden Hauptteile. Berger (4) unterscheidet in der Hornhaut der Fische folgende Schichten:

1. geschichtetes Pflasterepithel.
2. conjunktivaler (cutaner) Teil.
3. subconjunktivaler Teil.
4. Substantia propria.
5. Membrana Descemeti.
6. Plattenepithel der Membr. Descemeti.

Ich habe diese Schichten auch im Anablepsauge gefunden, obgleich sie nicht immer deutlich gegeneinander abgegrenzt waren.

Betrachtet man das geschichtete Pflasterepithel, so glaubt man im ersten Augenblick zwei Schichten vor sich zu haben.

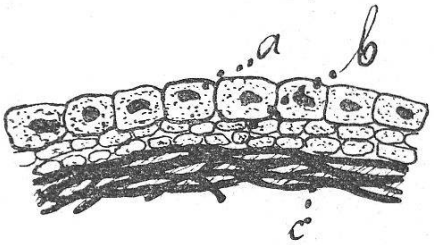

Fig. 6. **Querschnitt durch die Cornea des jüngsten Embryo.**

a) Grosse, pflasterförmige Zellen. b) Plattenförmige Zellen. c) Hornhautfasern.

Wir sehen aussen eine Reihe grosser, pflasterförmiger Zellen mit grossen Kernen und darunter mehrere Schichten kleinerer, mehr plattenförmiger Zellen.

Conjunktivaler und subconjunktivaler Teil lassen sich nicht auseinander halten. Es sind wellige Fasern mit Bindegewebskörperchen dazwischen; die Fortsetzung des cutanen und subcutanen Gewebes der Haut, sowie ein Teil der bindegewebigen Umhüllung des Scleralknorpels beteiligen sich daran.

Nun folgen nach unten die glatten, straff gespannten Fasern der Substantia propria. Diese und die vorhergehende Schicht sind in vielen Fällen nicht deutlich getrennt. Oft geht

die eine ganz unmerklich in die andere über. Zwischen den Fasern liegen in grosser Menge die Hornhautkörperchen, mit ihrer Längsaxe parallel zu den Fasern gerichtet.

Die Fasern der Substantia propria sind vermittelst einer Kittsubstanz zu Lamellen vereinigt. Im Gegensatz zu den meisten andern Fischen sind diese in grosser Zahl vorhanden und dementsprechend auch von sehr geringer Dicke.

Berger (4) machte die Beobachtung, dass bei Verdünnungen der Hornhaut nur die einzelnen Lamellen schmäler werden, ohne dass ihre Zahl reduziert wird. Ich habe aber gefunden, dass bei Anableps an den verdickten Stellen der Cornea auch mehr Lamellen vorhanden sind.

Auf der Innenseite schliesst die strukturlose Membrana Descemeti die Hornhaut ab. Ein Plattenepithel habe ich hingegen nirgends finden können.

Die Pigmentzellen des horizontalen Bandes sind die einzigen in der Cornea. Sie liegen aber nicht nur in der Substantia propria, wie Klinkowström angibt, sondern auch in der Conjunktiva. In der Substantia propria enthalten nur die obersten Schichten Pigmentzellen. Diese sind eigentümlich kranzförmig angeordnet. Ihre Länge beträgt 65—190 μ. Der Zellkörper ist meist länglich und schickt nach allen Seiten kurze, dünne Fortsätze aus.

Die Sclera.

In seiner Arbeit „Über die Sclerotica der Knochenfische" unterscheidet Langhans (21) je nach den Geweben, aus denen die Sclerotica besteht, fünf Gruppen unter den Fischen. Anableps tetrophthalmus ist dort der fünften zugeteilt, nämlich denjenigen Fischen, deren Sclera Knochen, Knorpel und Bindegewebe enthält.

Sonderbarerweise stimmen meine Untersuchungen damit gar nicht überein. Auf meinen Schnitten fand ich in der Sclera nirgends eine Spur von Knochensubstanz, sondern immer traf ich nur einen gut ausgebildeten Knorpel, der hinten in der Umgebung des Sehnerveneintrittes in Bindegewebe überging. Allerdings hatte ich für das ausgewachsene Auge keine sehr grosse

Anzahl von guten Schnitten zur Verfügung. Aber da nach Langhans die Knochensubstanz in zwei Schildern von bedeutender Ausdehnung auftritt, so hätte sie mir bei meinen Untersuchungen doch kaum entgehen können. Dazu hatte ich eine ganze Anzahl von guten Schnitten durch embryonale Augen von verschiedenen Altersstufen, auch von ziemlich vorgerückten, erhalten. Langhans, der in einem Falle die Entwicklung der Sclera sukzessive an Embryonen studiert hat, konnte schon auf frühen Stadien das Vorhandensein der Knochenschildchen konstatieren. Also müssten wohl auch bei meinen Embryonen Spuren davon zu sehen sein, wenn die Sclera überhaupt Knochen enthalten würde. Aber auch auf diesen Schnitten trat in allen Fällen nur Knorpel und Bindegewebe auf.

Der Knorpel ist überall ungefähr von gleicher Dicke. Kleinere und grössere Schwankungen kommen allerdings vor, aber nur bei den jüngern Stadien; dazu treten sie mit grosser Unregelmässigkeit auf. Der Knorpel endet am Rande der Cornea mit deutlich abgesetztem und abgerundetem Ende. Auf vielen Schnitten konnte vor diesem Ende eine Anschwellung konstatiert werden, die dem Knorpel an dieser Stelle ein keulenförmiges Aussehen verleiht. Da aber diese Anschwellung nicht überall zu sehen ist und beim ausgewachsenen Auge ganz zu verschwinden scheint, so ist auf diese Erscheinung wohl nicht zu grosses Gewicht zu legen.

Der Knorpel wird von einer Scheide aus äquatorialen Fasern eingefasst, die nach vorn in die Cornea übergehen und hinten den bindegewebigen Teil der Sclera bilden. Die Knorpelzellen sind, wie ja überhaupt im Fischauge, mit gewisser Gesetzmässigkeit angeordnet. Sie beschränken sich auf die mittlere Zone des Knorpels und werden nach aussen von einer Schicht hyaliner Intercellularsubstanz begrenzt. Die fibrösen Septa, die nach der Angabe von Langhans (21) bei den meisten Fischen vorkommen, indem sie die Intercellularsubstanz, der sie angehören, durchziehen und sich in verschiedenen Richtungen durchkreuzen, habe ich auf meinen Schnitten nirgends sehen können.

Der Knorpel des jüngsten Embryo, den ich untersuchte, hat eine durchschnittliche Dicke von 13,5 μ. Stellenweise verdünnt er sich ein wenig. So betrug die Dicke an bestimmten

Stellen z. B. 11,2 oder sogar 6,7 μ. Die hyaline Knorpelschicht tritt gegenüber der Zellenschicht ziemlich in den Hintergrund, indem die Zellen über einen Drittel des ganzen Knorpels einnehmen. Es besteht hier eine einzige Schicht von dicht anein-

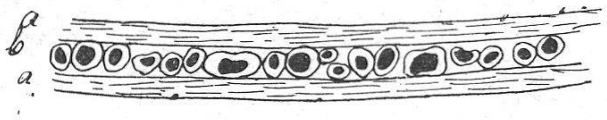

Fig. 7. **Querschnitt durch die Sclera des jüngsten Embryo.**
a) Hyaliner Knorpel. b) Knorpelzellenschicht.

ander schliessenden, radiär gestellten, d. h. senkrecht zur Oberfläche des Knorpels gerichteten Zellen. Die Form dieser Zellen ist teils rechteckig bis quadratisch, auch oft mehr rundlich bis längsoval. In ihrem Innern ist ein grosser deutlicher Kern zu erkennen. Ihr Durchmesser beträgt im Durchschnitt 4,5—6,8 μ.

In einem etwas spätern Stadium hat sich das Bild ein wenig verändert. In erster Linie bemerkt man, dass der ganze Knorpel dicker geworden ist. Auch treten Schwankungen in der Dicke häufiger auf als beim jüngsten Embryo, und es ist auch dieses Stadium, das oft keulenförmig angeschwollene Knorpelenden aufweist. Der Knorpel hat eine durchschnittliche Dicke von 16—32 μ; hinter den keulenförmigen Knorpelenden kann seine Dicke sogar 36—45 μ betragen. Die Zellen treten in

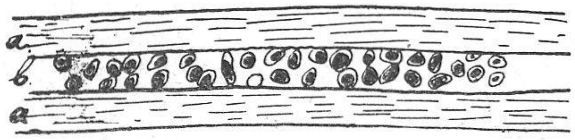

Fig. 8. **Querschnitt durch die Sclera. Vorgerückteres Stadium.**
a) Hyaliner Knorpel. b) Knorpelzellenschicht.

grösserer Zahl auf, aber immer noch ist eine Anordnung in Reihen zu erkennen, von denen im gleichen Knorpel 2—3 vorhanden sein können. An Stellen, wo die Zahl der Reihen zunimmt, zeigt der Knorpel immer eine Anschwellung, und es ist denkbar, dass die verschiedene Dicke des Knorpels nur eine Folge des ungleichen Wachstums der Zellschicht ist. Die Zellen haben ihre Form gegenüber denen des jüngsten Stadiums wenig

verändert, nur dass sie im allgemeinen schmäler und länglicher geworden sind. 6,8 μ ist die durchschnittliche Länge, 4,5 μ die durchschnittliche Breite der Zellen. Form und Grösse der Zellen war bei diesem Stadium nicht ganz leicht zu bestimmen, da die Zellen undeutlich abgegrenzt sind. Die Intercellularsubstanz hat an Ausdehnung gewonnen. Die Zellen stehen nicht mehr so dicht beisammen, sondern sind durch hyalinen Knorpel getrennt. Auch die Randzonen sind im Verhältnis zur Zellschicht breiter geworden, indem die Zellschicht nicht mehr ganz einen Drittel des Knorpels einnimmt. Die beiden hyalinen Randzonen sind einander an Breite gleich.

Je älter nun der Knorpel wird, desto unregelmässiger ist die Zellschicht. Reihen sind nicht mehr zu erkennen, und auch die Gestalt der Zellen wird viel mannigfaltiger und unregelmässiger. Beim ausgewachsenen Knorpel beträgt der Durchmesser im Durchschnitt 9 μ. Doch kann bei länglichen Formen die Länge über 20 μ messen. So habe ich Längen von 20,3, 22,5, ja sogar von 33,8 μ gemessen. Die Breite ist dann bei den betreffenden Zellen 4,5, 4 und 9 μ. Was die Form der Zellen an-

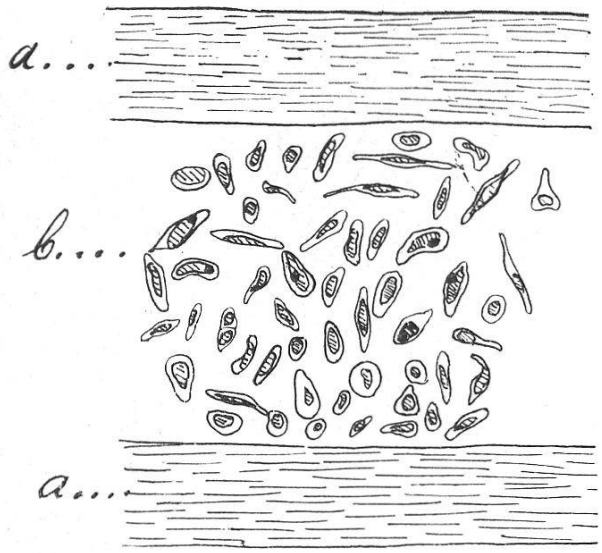

Fig. 9. **Querschnitt durch den ausgewachsenen Knorpel bei starker Vergrösserung.**
a) Hyaliner Knorpel. b) Knorpelzellenschicht.

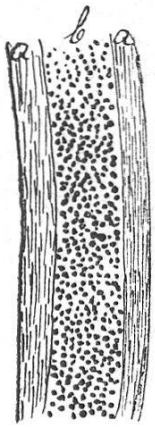

Fig. 10. **Querschnitt durch den ausgewachsenen Knorpel bei schwacher Vergrösserung.**
a) Hyaliner Knorpel. b) Knorpelzellenschicht.

belangt, so herrscht darin grosse Abwechslung. Am häufigsten treten spindelförmige Formen auf, daneben auch dreieckige oder länglich ovale. Protoplasmafortsätze und Anastomosen zwischen

den einzelnen Zellen, wie sie Berger beschreibt, konnte ich keine finden. Was den Bau der Zellen betrifft, so konnte ich bei den meisten einen ziemlich dicken, nicht färbbaren Rand beobachten; dann folgt eine die ganze Zelle ausfüllende, gut färbbare Substanz, augenscheinlich das Protoplasma. Bei den meisten Zellen, allerdings nicht bei allen, war darin ein kleines, ganz dunkel gefärbtes Körperchen, das als Kern gedeutet werden muss, zu sehen. In vielen Fällen scheint es ganz am Rande der Zelle zu liegen. Zweikernige Zellen, wie sie Berger zuweilen beobachtet hatte, konnte ich nirgends finden.

Das Verhältnis zwischen Zellschicht und hyalinem Rand ist beim ausgewachsenen Knorpel wieder anders. Die Zellschicht hat bedeutend an Ausdehnung gewonnen; sie erstreckt sich jetzt auf drei Fünftel der ganzen Knorpelbreite. Den Beweis dafür sollen einige Zahlen erbringen:

hyaline Schicht	Zellschicht
39 μ	156 μ
52 „	169 „
52 „	143 „
52 „	156 „
78 „	260 „

Die innere und äussere Zone der hyalinen Schicht sind von gleicher Breite.

Wie schon erwähnt, hat Langhans (21) auch unsern Anableps in seine Untersuchungen einbezogen. Ich komme aber auch in dem, was den Bau des Scleralknorpels betrifft, zu andern Ergebnissen als er.

Langhans schreibt nämlich: „Charakteristisch für einzelne Fische sind eigentümliche pupillenartige Vorsprünge, welche die Zellen in diese hyalinen Säume hineinbilden. Eigentümlich sind sie bei Anableps ausgebildet; von der Fläche aus sieht man scharf umschriebene, runde oder länglich ovale Stellen, wo die Intercellularsubstanz dunkler erscheint und von kreisförmig angeordneten Knorpelzellen von derselben Gestalt wie in der übrigen Sclera angefüllt ist; sie liegen nicht in derselben Ebene wie die übrigen Knorpelzellen, sondern der hier körnigen Oberfläche näher; die Septa strahlen auf der äussern Oberfläche von

hier aus radienförmig aus. Auf Durchschnitten sieht man, dass der 0,12 mm dicke Knorpel sehr breite hyaline Säume hat, indem die Zellenlage nur $^1/_4$ der Dicke einnimmt. An solchen Stellen nun nimmt, ohne dass der ganze Scleralknorpel dicker würde, die Zellenlage, deren äusserste Zellen oft halbmondförmig gebogen sind wie bei Tinca, entweder an Breite zu, oder es gehen pupillenartige, dicht mit Zellen erfüllte Vorsprünge in die hyalinen Säume hinein wie bei Salmo, nur dass diese Vorsprünge hier vereinzelt sind und bis an die Oberfläche reichen; sie haben eine durchschnittliche Breite von 0,03—0,04 mm und springen an derselben Stelle sowohl gegen die äussere als gegen die innere Oberfläche vor, selten bloss nach aussen oder nach innen."

Dazu muss ich bemerken, dass ich auf keinem einzigen meiner Schnitte diese papillenartigen Vorsprünge beobachten konnte. Wenn auch die Begrenzung zwischen Zellschicht und hyalinem Saum nicht überall ganz gradlinig ist, so sind doch die Schwankungen, die etwa vorkommen, so gering, dass niemand diese etwas vorgewölbten Partien als Pupillen bezeichnen wird.

Was die Breite der hyalinen Knorpelsäume anbelangt, so habe ich schon oben meine Beobachtungen mitgeteilt. Ich fand bei meinen Schnitten andere Verhältnisse als die von Langhans beschriebenen.

In einem Punkte hingegen kann ich mit dem Autor übereinstimmen: Auch ich habe häufig in der äussersten Zellenlage die halbmondförmig gebogenen Zellen gefunden, die Langhans erwähnt.

Iris und Chorioidea.

Die Iris weist nicht überall die gleiche Dicke auf. Sie beginnt ziemlich schmal am Pupillarrand mit durchschnittlich 60 bis 70 μ, verbreitert sich dann beständig, bis sie am Rande der Cornea auf einmal wieder an Dicke abnimmt. Wie aber an Vertikalschnitten deutlich zu sehen ist, verhalten sich oberer und unterer Teil der Iris verschieden, indem der obere ganz verkümmert erscheint. Auf Schnitten durch die Mitte kann der untere Teil sechs- bis siebenmal so lang sein als der obere. Die erwähnte Verdickung der Iris konnte ich auch nur unten

beobachten, so wie auch die verschiedenen Schichten der Iris oben nicht genau zu erkennen sind.

Es folgen in der Iris von aussen nach innen folgende Gewebe aufeinander: Ligamentum annulare, Argentea, Substantia propria und Pigmentschicht.

Das Ligamentum annulare, auch Ligamentum iridis pectinatum genannt, verbindet die Iris mit der Cornea. Auf Querschnitten erscheint es als ein Dreieck, das in der vordern Augenkammer den Winkel zwischen Cornea und Iris ausfüllt. Seine eine Seite, konkav ausgehöhlt, kehrt sich der vordern Kammer zu, die andere zieht der Aussenseite der Iris entlang, während die dritte sich der Cornea zuwendet. Schon von blossem Auge ist dieses Ligament als feines weisses Häutchen erkennbar. Unter dem Mikroskop erschien es mir als ein Gewebe von dünnwandigen, grossen Zellen mit ansehnlichen Kernen. Nach Hohlräumen zwischen den Zellen, die sonst für dieses Gewebe charakteristisch sind, habe ich vergebens gesucht; weder bei embryonalen noch bei ausgewachsenen Augen habe ich solche angetroffen. Auch die Pigmentzellen, die Berger erwähnt, scheinen bei Anableps zu fehlen. Nur Blutgefässe bringen Abwechslung in dieses gleichmässig gebaute Gewebe. So sah ich einige grosse Gefässe, die gegen die Augenkammer zu am Rande zwischen Iris und Cornea liegen. Mit dem Schlemm'schen Kanal haben sie wohl nichts zu tun, da sie in ihrer Lage nicht mit den Gefässen übereinstimmen, die diesem entsprechen würden.

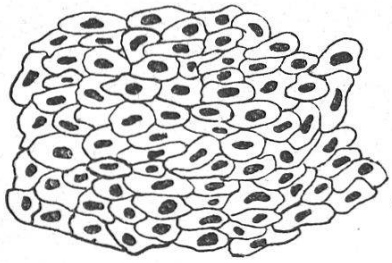

Fig. 11. **Zellen des Lig. annulare im Querschnitt.**

Die Argentea ist bei makroskopischer Untersuchung durch ihren Silberglanz leicht zu erkennen. Dass sie aus dicht aneinander gelagerten Plättchen besteht, konnte ich bei meinen Präparaten deutlich sehen. Die nadelförmigen Kristalle aber, die diese Plättchen zusammensetzen, konnte ich auf meinen Schnitten nicht erkennen. Die Argentea der Iris setzt sich in ungefähr gleicher Dicke auf die Chorioidea fort. Sie ist bei unserm Anableps nicht besonders stark entwickelt; desto besser sind dagegen die Pigmentzellen ausgebildet, die die hintere Fläche der Argentea bedecken.

Meist stehen diese Zellen so dicht beisammen und haben sich mit ihren Fortsätzen so sehr verflochten, dass man die einzelnen schwer erkennen kann.

Sie zeigen manchmal eine mehr rundliche, oft eine mehr stabartige Form. Die Ausläufer, die sie ausschicken, gehen teilweise in die Argentea hinein, die weitaus grösste Zahl verläuft nach unten ins Irisstroma. Diese Fortsätze sind lang, zart, oft auch korkzieherartig gewunden. Häufig kann man beobachten, dass sie untereinander oder mit den Pigmentzellen der Substantia propria anastomosieren. Oft trifft man unter diesen Zellen auch solche, bei denen die Fortsätze fehlen oder nur in Andeutungen vorhanden sind. Berger (4) spricht die Vermutung aus, dass es sich hier um verschiedene Phasen einer einzigen Zellform handle, die protoplasmatische Fortsätze auszustrecken und einzuziehen im Stande sei. Mir erscheint diese Erklärung sehr plausibel. Auch ihre Übereinstimmung mit den Chromatophoren der Fischhaut kann ich bestätigen; die beiden Zellarten zeigen in der Tat eine auffallende Ähnlichkeit in ihrer Form. Berger bemerkt dazu: „Es ist sehr wahrscheinlich, dass diese Pigmentzellen zum Farbenwechsel der Iris ebenso in Beziehung stehen, wie die Chromatophoren der Haut.“

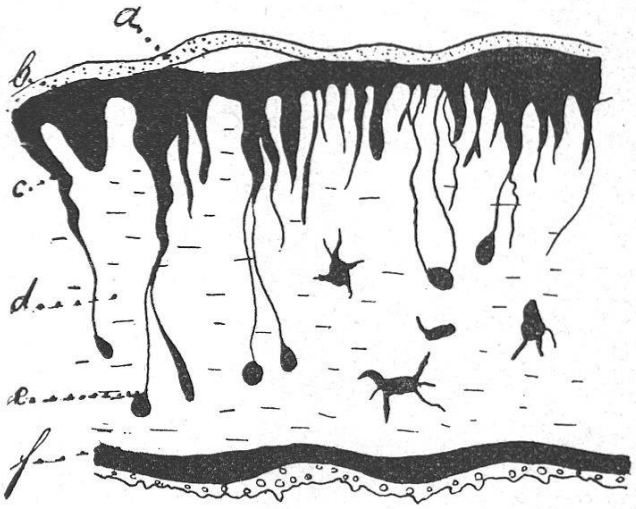

Fig. 12. **Querschnitt durch die Iris.**
a) Lig. annulare, b) Argentea. c) Pigmentzellen der Argentea. d) Substantia propria. e) Pigmentzellen der Substantia propria. f) Pigmentschicht.

Die Substantia propria nimmt bei ausgewachsenen Formen den Hauptteil der Iris ein. Sie besteht aus einem Grundgewebe von dünnwandigen Bindegewebszellen und Bindegewebsfasern. Viele Pigmentzellen sind darin eingelagert. Diese sind oft sternförmig mit langen Ausläufern, oft trifft man auch rundliche Formen.

Gefässe sind in der Iris nicht besonders häufig, wenigstens nicht in der Substantia propria. Doch konnte ich im Bereich

der Argentea Gefässschlingen beobachten, die dicht von den Pigmentzellen und ihren Ausläufern umsponnen sind.

Ablagerungen von diffusem Pigment sind gar nicht selten. An einigen Stellen nehmen solche Pigmentanhäufungen fast die Breite der ganzen Iris ein. Allerdings ist diese Erscheinung häufiger in der Region der Ciliarfalten als in der eigentlichen Iris.

Auf die Substantia propria folgt eine dicke Pigmentschicht. Ich konnte deutlich erkennen, dass ihre Zellen in der Form mit denen eines gewöhnlichen Plattenepithels übereinstimmen.

Im embryonalen Auge sind natürlich die gleichen Schichten vorhanden, nur sind ihre gegenseitigen Grössenverhältnisse etwas verschieden von denen des ausgewachsenen Auges. Bei Embryonen nimmt nämlich das Ligamentum annulare, das bei der ausgewachsenen Iris nur eine dünne Membran darstellt, ungefähr die Hälfte der ganzen Iris ein. Dafür ist das Irisstroma nur sehr dünn, und Argentea und Pigmentschicht erscheinen ganz zusammengedrängt. Auch ist bei diesen Stadien die Verdickung der Iris am Cornearande noch wenig ausgeprägt; meist hat sie von oben bis unten die gleiche Dicke.

Nach innen zu geht die eigentliche Iris in die Zone der Ciliarfalten über. Die Falten sind nicht nur bei mikroskopischer Betrachtung zu erkennen, sondern sie treten schon unter der Lupe deutlich hervor. Sie werden durch die Pars ciliaris retinea, das ist eine Fortsetzung der Netzhaut gegen die Pupillaröffnung hin, und durch die Pigmentschicht der Iris gebildet. Auch der bindegewebige Teil mit seinen Gefässen reicht in die Falten hinein.

Die Iris selbst hat sich in dieser Region etwas verändert. Dass sie nach der Verdickung am Cornearand auf einmal wieder dünner wird, habe ich schon oben gesagt. Sie hat hier eine durchschnittliche Dicke von 40—50 μ. Die Pigmentzellen der Argentea schicken keine Fortsätze mehr in die Substantia propria hinein. Das dichte Geflecht von Pigmentzellen und ihren Ausläufern ist vollständig verschwunden. Auch enthält das Bindegewebe selbst weniger Pigment oder doch in anderer Form. Man trifft entweder vereinzelte Pigmentzellen von runder Form und ohne Ausläufer oder Anhäufungen von solchen. Am

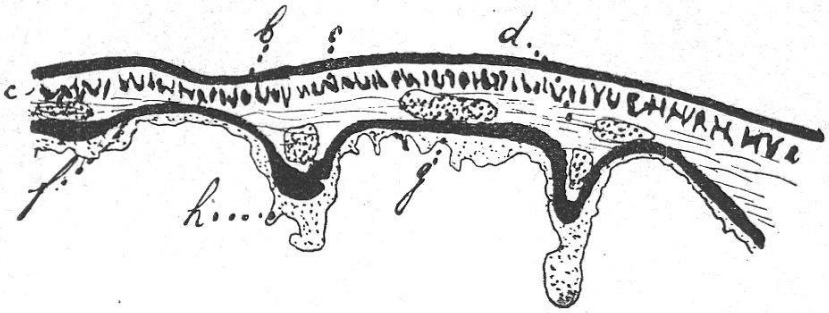

Fig. 13. **Schnitt durch die Iris in der Region der Ciliarfalten.**
b) Argentea. c) Pigmentzellen der Argentea. d) Substantia propria der Iris. f) Pigmentschicht. g) Gefässe. h) Pars ciliaris retinae.

häufigsten sind Ansammlungen von diffusem Pigment, die eine bedeutende Ausdehnung annehmen können. Gefässe treten in grosser Zahl auf und durchkreuzen sich in verschiedenen Richtungen. Die Pars ciliaris retinae besteht aus Zellen, deren Form ich nicht recht bestimmen kann, da die begrenzenden Zellwände nicht deutlich zu erkennen sind. Hingegen treten die Stützfasern zwischen den Zellen mit Deutlichkeit hervor.

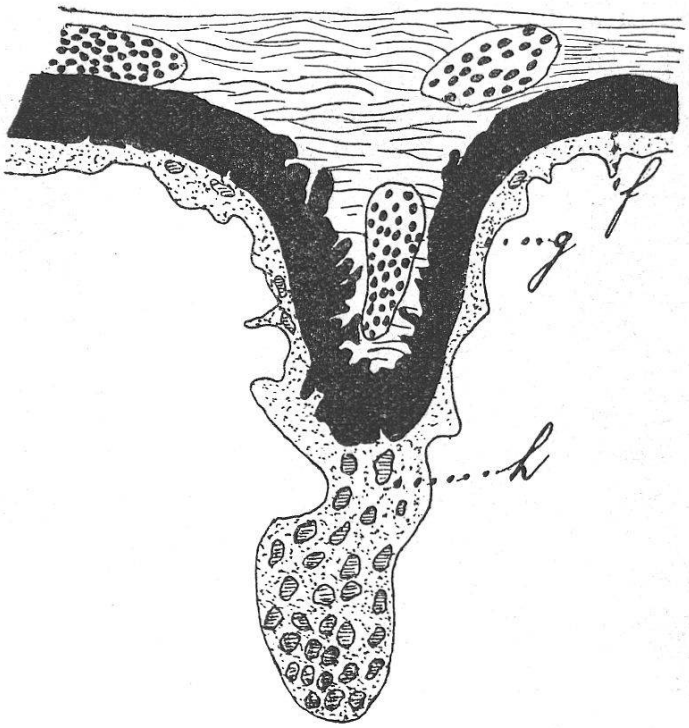

Fig. 14. **Schnitt durch eine Ciliarfalte.**
f) Pigmentschicht. g) Gefässe. h) Pars ciliaris retinae.

Die Chorioidea zeichnet sich durch nichts Besonderes vor derjenigen anderer Fischaugen aus. Zwischen der Argentea und der eigentlichen Chorioidea liegt die mächtige Chorioidealdrüse. Sie ist deutlich zweiteilig und in jedem Teil verläuft der Länge nach ein grosses Gefäss, das nach aussen hin zahlreiche Verzweigungen abgibt, die rechtwinklig zum Hauptgefäss verlaufen. Diese verästeln sich wieder zu einem feinen Kapillarnetz.

Die Retina.

Die Netzhaut ist immer sehr gut entwickelt, und ihre Schichten sind scharf gegeneinander abgegrenzt. Sie zeichnet sich in ihrem histologischen Aufbau durch keine besondere Eigentümlichkeit vor derjenigen anderer Fische aus. Auch bieten Schnitte durch die obere und durch die untere Hälfte ganz dasselbe Bild. Die Dicke der Retina beträgt beim ausgewachsenen Auge 260—390 μ.

Die Linse.

Wie schon gesagt, ist die Linse nicht rund, sondern sie weist in ihrem untern Teil, der die aus dem Wasser kommenden Lichtstrahlen bricht, eine Hervorwölbung auf. Die Linse wird umgeben von einer Linsenkapsel, einer strukturlosen Membran. Diese ist nicht überall von ganz gleicher Dicke; am besten scheint sie mir an der vordern Fläche ausgebildet zu sein. Auch ein Linsenepithel habe ich gefunden, das den vordern Teil der Kapsel bekleidet und aus einer Schicht pflasterförmiger Zellen besteht.

IV. Physiologie.

Die Gattung Anableps nimmt hinsichtlich des Baues ihrer Augen eine Ausnahmestellung unter den Fischen ein. Eine kurze Übersicht über die bisherigen Untersuchungen, die sich mit dem Akkomodationsmechanismus der Knochenfische beschäftigten, wird die Sonderstellung, die Anableps einnimmt, klar machen. Es kommt hier hauptsächlich die Arbeit von Beer (3) in Betracht: „Über die Akkomodation des Fischauges.“ Wir brauchen auf die ältern Arbeiten von Hirschberg und Manz nicht näher einzugehen, da Beer in seiner Schrift ihre Ansichten einer kritischen Betrachtung unterzogen hat. Neben der Arbeit von Beer muss auch diejenige von Volz (30): „Zur Kenntnis des Auges von Periophthalmus und Boleophthalmus“ herbeigezogen werden.

Beer stellt fest, „dass die Augen vieler Fische im Ruhezustand für die Nähe eingestellt sind, dass sie im Wasser eine mässige, in der Luft eine hochgradige Myopie besitzen“. Er stellt es als sicher hin, dass ein so hochgradiger Refraktions-

fehler, wie er dem Fischauge in Luft zukommt, durch keine Akkomodationseinrichtung korrigiert werden kann. Seine Versuche haben erwiesen, dass das Auge im Wasser durch die Campanula Halleri für die Ferne eingestellt wird. Ihrer physiologischen Funktion entsprechend hat Beer den Namen Musculus retractor lentis für sie eingeführt. Gegenüber der früher herrschenden Annahme, dass der Zug der Campanula die Linse abflache, hat Beer für 68 Species aus 22 Familien und zwar an Repräsentanten sämtlicher Ordnungen der Knochenfische experimentell (durch elektrische Reizung des Auges) nachgewiesen, dass durch Kontraktion des Retractor lentis eine Annäherung der Linse an die Netzhaut herbeigeführt wird. „Somit kann der überwiegenden Mehrzahl der Teleostier das hier im ganzen Tierreiche zum ersten Mal nachgewiesene Vermögen einer negativen Akkomodation, d. h. einer aktiven Einstellung des Auges für die Ferne zugesprochen werden.“ Neben der Verschiebung der Linse retinalwärts geht eine erhebliche seitliche Verschiebung und zwar temporalwärts einher. Ausserdem kann sich der Zug der Campanula in eine abwärts gerichtete und in eine drehende Komponente zerlegen. Die beiden ersten Bewegungen sind für die Verschiebung der Linse im intakten Auge ausschlaggebend, die beiden letzten werden durch die eigentümlichen Elastizitätsverhältnisse des Ligamentum suspensorium ganz oder teilweise aufgehoben.

Ist dies die allgemein verbreitete Art der Akkomodation bei den Knochenfischen, so zeigt uns Volz bei Periophthalmus und Boleophthalmus einen Ausnahmefall, in dem die gleiche Wirkung durch einen andern Apparat erzielt wird. Die Sclerotica wird hier von einem quergestreiften Muskel umspannt, der auf diese Weise die ganze innere Partie des Auges umgibt. Dieser Muskel setzt sich nach vorn in eine die Iris und Linse bedeckende, die Pupille vollständig abschliessende Membran fort. Dieser Muskel besorgt hier die Akkomodation, vertritt also den Musculus retractor lentis. Dieser fehlt hier auch vollständig, und die Linse schwebt frei zwischen Iris und Retina. Die Einstellung des Auges für die Ferne vollzieht sich nun in folgender Weise: „Durch Kontraktion des den Scleralknorpel umgebenden quergestreiften Muskels wird die Linse nach hinten gerückt und der Retina genähert. Dies geschieht während des Aufenthaltes

auf dem Lande, wo der Fisch in die Ferne sieht. Die Linse kann bei diesen scharfäugigen Tieren so nahe an der Retina liegen, dass von einer hintern Augenkammer kaum oder gar nicht mehr gesprochen werden kann. Zugleich scheint auch ein Zug nach hinten, resp. etwas nach unten stattzufinden, indem der Scleralmuskel hier mit dem auswärts von ihm liegenden Gewebe fest verwachsen ist, während er sich dorsal und nach vorn davon durch einen breiten Zwischenraum getrennt zeigt."

Einen gänzlich verschiedenen Typus stellt nun aber Anableps dar. Die Fähigkeit einer aktiven Einstellung des Auges für die Ferne geht ihm vollständig ab, da er weder einen Musculus retractor lentis, noch einen Scleralmuskel besitzt. Auch schliesst der anatomische Bau des Auges schon von vorneherein eine Akkomodation wie bei Boleophthalmus und Periophthalmus aus. Auch fehlt jede Spur eines andern Muskels, der vielleicht die Funktion des Musculus retractor lentis übernehmen könnte.

Dafür sehen wir, dass an Stelle der der Akkomodation dienenden Linsenverschiebung ein anderes, ganz neues Prinzip getreten ist, das die aktive Akkomodation überflüssig macht. Der gleiche Zweck ist hier erreicht durch Schaffung besonderer Augen für das Sehen in der Luft und im Wasser, wodurch der besondern Lebensweise dieses Fisches wohl in vollkommenster Weise Rechnung getragen ist. Der Besitz von Luft- und Wasserauge befähigt den Fisch zu gleichzeitigem Sehen in der Luft und im Wasser.

Die Anatomie des Anablepsauges lässt uns denn auch nicht im Zweifel, dass wir es in der untern Augenhälfte mit einem ausgesprochen myopischen Auge zu tun haben. Dafür sprechen die folgenden Merkmale: Die Linse, die ja nicht gleichmässig rund ist, ist so orientiert, dass der längere Durchmesser in die Richtung der aus dem Wasser ins Auge eintretenden Lichtstrahlen fällt. Da die Linse den Raum zwischen Cornea und Retina fast ausfüllt, wird die von der untern Hälfte der Cornea nach dem zugehörigen Retinaabschnitt reichende Sehlinie, also die Augenaxe des Wasserauges, um ein bedeutendes länger als diejenige des Luftauges. Der Unterschied in der Länge der beiden Sehaxen wird durch merklich stärkere Krümmung der untern Corneahälfte noch erhöht. Dieser letztere Umstand wäre

bedeutungslos, wenn die brechende Kraft der Cornea von der des umgebenden Mediums, des Wassers, nicht verschieden wäre. Dem ist aber nicht so, entgegen den Angaben verschiedener Autoren. Auch Beer sagt wiederholt, die Brechung der Lichtstrahlen durch die Cornea falle weg beim Aufenthalt des Fisches im Wasser. Im Gegensatz dazu muss betont werden, dass nach meinen Beobachtungen der Brechungsexponent der Cornea von Anableps den des Wassers erheblich übertrifft. Ob sich die Cornea der andern Fische darin anders verhält, konnte ich nicht feststellen, da ich diese Untersuchungen nicht weiter ausgedehnt habe. Dieses Resultat wurde auf folgende einfache Art festgestellt: Man bringt ein dünnes Stückchen aus der Cornea in einem Wassertropfen auf den Objektträger, wobei man konstatieren kann, dass sich die Cornea vom umhüllenden Wasser deutlich abhebt, was bei übereinstimmenden Brechungsexponenten nicht der Fall wäre. Betrachtet man nachher den gleichen gut getrockneten Corneaschnitt in einem stärker lichtbrechenden Medium, z. B. in Cedernöl, so erscheint er undeutlicher, weil er, je näher der Brechungsexponent des verwendeten Einschlussmittels dem der Cornea steht, dem betreffenden Medium immer gleichartiger wird, bis er bei übereinstimmenden Brechungsexponenten unsichtbar wird. In diesem Fall hob sich die Cornea nur noch undeutlich vom Cedernöl (Brechungsexponent = 1,51) ab, ein Beweis, dass die Cornea von Anableps, dank ihrer starken Krümmung mithilft, die aus dem Wasser ins Auge tretenden Lichtstrahlen convergent zu machen. Infolge der grössern oder geringern Deformation der Schnitte war es nicht möglich, sich ein genaues Bild von dem Grade der Krümmung der Cornea zu machen und so Anhaltspunkte für die Bestimmung der Myopie zu gewinnen.

Zum Unterschied von dem Wasserauge ist der Linsendurchmesser des Luftauges wesentlich kürzer, und ausserdem weist der entsprechende Corneaabschnitt eine schwächere Krümmung auf. Der Vorteil, der daraus für das Sehen in die Ferne erwächst, ist aber nicht so gross, als es bei oberflächlicher Betrachtung scheinen möchte. Denn da Linse und Hornhaut sich in dem dünnen Medium der Luft befinden, ist ihre brechende Kraft für die aus der Luft kommenden Strahlen bedeutend grösser als

für den optischen Apparat des Wasserauges. Es ist also denkbar, dass das Luftauge für die gleiche Entfernung eingestellt ist, wie das Wasserauge, ja dass es trotz dem kürzern Linsendurchmesser und der geringern Wölbung der Cornea noch hochgradig kurzsichtig ist. Gegenüber der sehr bedeutenden Myopie der übrigen Fische in der Luft wäre auch in diesem ungünstigen Fall eine wenn auch unvollkommene Anpassung an die veränderte Lebensweise zu erblicken.

Literatur.

1. Artedi, Genera piscium.
2. — Species piscium.
3. Beer, Die Akkomodation des Fischauges. Archiv f. d. ges. Physiologie. Bd. 58 1894.
4. Berger, Beiträge zur Anatomie des Sehorgans der Fische. Morphol. Jahrb. Bd. VIII 1883.
5. — Beiträge zur Anatomie des Fischauges. Zool. Anz. 4. Jahrg.
6. Bloch, Naturgeschichte der ausländischen Fische, VIII. Teil.
7. Brass, Die Akkomodation des Auges der Knochenfische. Zeitschr. f. d. ges. Naturwissenschaften, 3. Folge, Bd. V 1880.
8. Brehm, Tierleben. Bd. VIII. Grosse Ausgabe. 2. umgearb. u. verm. Auflage.
9. Carrière, Die Sehorgane der Tiere. München und Leipzig 1885.
10. Cuvier et Valenciennes, Histoire naturelle des poissons. T. 18 Paris 1846.
11. Dow, Extrait from a letter respecting Anableps Dowii. Proc. Zool. Soc. London 1861.
12. Franz, Zur Anatomie, Histologie und funktionellen Gestaltung des Selachierauges. Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft. 40. Bd. 1905.
13. Gegenbaur, Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere. Bd. I 1898.
14. Gill, Description of a new species of the Genus Anableps of Gronovius. Rev. Acad. Nat. Soc. Philadelphia 1861.
15. Gronovius, Museum Jchthyologicum. Vol. I.
16. Günther, Catalogue of the fishes in the British Museum. London 1860.
17. Hirschberg, Zur Dioptrik und Ophthalmologie der Fisch- und Amphibienaugen. Archiv f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abt. 1883.
18. Jordan and Evermann, The fishes of North and Middle America. I.
19. Klinkowström, Beiträge zur Kenntnis des Auges von Anableps tetrophthalmus. Skandin. Archiv. f. Physiol. Leipzig 1895.

20. Lacépède, Mémoire sur l'organe de la vue du poisson appelé cobète Anableps. Bull. d. sciences par la soc. philomatique Paris. T. I 2 1797.
21. Langhans, Untersuchungen über die Sclerotica der Fische. Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. XV 1865.
22. Leydig, Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Tiere 1857.
23. Linné, Systema naturae ed XII.
24. Schenk, Zur Entwicklungsgeschichte des Auges der Fische. Sitzungsber. d. Wiener-Akd. Bd. LV 2. Abt. 1867.
25. Schomburgk, Reisen in Britisch-Guyana. Bd. III.
26. Schwalbe, Lehrbuch der Anatomie der Sinnesorgane. Erlangen 1887.
27. Seba, Thesaurus rerum naturalium. vol. III 1758.
28. Smith, Anableps Dowii Gill. Proc. of the Zool. Soc. London 1850.
29. Virchow, Über Fischaugen. Sitzungsber. phys. med. Ges. Würzburg 1881.
30. Volz, Zur Kenntnis des Auges von Periophthalmus und Boleophthalmus. Zool. Jahrb. Abt. f. Anat. u. Ontogenie d. Tiere. Bd. XXII Heft 2, 1905.
31. Waele, de. Sur l'embryologie de l'oeil des poissons. Bull. d. Musée d'histoire nat. Paris 6 1900.
32. Wymann, Some observations on the development of Anableps Gronovii, a viviparous fish of Surinam. Proc. of the Boston Soc. of Nat. Hist. Vol. V 1856.