Die Entwicklungsgeschichte des Augapfels von Megalobatrachus japonicus mit besonderer Berücksichtigung auf die Entstehung des Skleralknorpels sowie der Kornealgefässe.

Von

Kakichi Sawada.

Aus dem Anatomischen Institut der Keio Universität, Tokyo.

Mit 37 Textfiguren.

Wenngleich das Sehorgan des *Megalobatrachus japonicus* seit langem von vielen Autoren, wie Schmidt-Goddart-van der Hoeven, Rejsek, Lauber, Murata, Ito, Tsuzaki und Yano u.a. vielfach untersucht worden ist, bleibt doch dessen Entwicklungsgeschichte ganz unberücksichtigt.

So habe ich mich in der vorliegenden Untersuchung mit der Entstehung des Augapfels und besonders des ersten Auftretens des Skleralknorpels sowie mit der frühzeitigen Vaskularisierung der Kornea des betreffenden Tieres beschäftigt.

I. Material und Methode.

Das Material stammt aus Okajima-Tago-Serien. Die Larven in 10 Stadien von 8,5 bis 179 mm Körperlänge waren grösstenteils mit Formalin und zum Teil mit Bouins Flüssigkeit fixiert; sie wurden alle in Paraffin eingebettet und zum grössten Teil in senkrechte, nur einige in horizontale Serien von 20 μ Dicke geschnitten.

Die 30 mm, 80 mm und 179 mm langen Exemplare wurden, nach

der Entkalkung mit 3%iger Salpetersäure, in Zelloidin eingebettet und in senkrechte Schnitte von 30μ bis 50μ Dicke zerlegt.

Die Schnitte wurden mit Eisenhämatoxylin nach Weigert und Hämatoxylin-Eosin gefärbt. Ich habe die folgenden 10 Wachsmodelle des Augapfels von 10 Stadien in 50 oder 100 facher Vergrößerung rekonstruiert. Für das Anbringen der Richtzeichen wurde der Beschneider von Okajima angewandt.

Die Übersicht der rekonstruierten Modelle.

Stadien	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Körperlänge	8,5 mm	11 mm	19 mm	20 mm	20,5 mm	23,5 mm	26,5 mm	30 mm	80 mm	179 mm
Seite	Links	„	„	„	„	„	„	Beider-seits	Rechts	„
Schnittdicke	20μ	„	„	„	„	„	„	30μ	„	50μ
Vergrößerung	50 fach	„	„	„	„	„	„	66 fach	„	40 fach

II. Stadienbeschreibung.

1) Stadium 1 (8,5 mm lange Larve).

Das Riechfeld ist kaum erkennbar und das Hörbläschen fast geschlossen.

Die primäre Augenblase (Fig. 1, 2, 3) ist schon gut ausgebildet. Die ganze Gestalt des Bläschens ist beinahe oval und steht mit der Längsachse in sagittaler Richtung. Seine ventrale Oberfläche ist leicht konkav. Das Bläschen selbst verbindet sich auf dicker Basis mit der Hirnblase. Er enthält eine relativ grosse Bläschenhöhle, die durch die weite Augensielhöhle mit dem Hirnventrikel kommuniziert. Die Dicke der ventralen und dorsalen sowie aller anderen Bläschenwände sind beinahe gleich (Fig. 4).

Die Aussenfläche der ventralen Wand ist konkav und dementspre-

Fig. 1.

Laterale Ansicht des Modells der rechten primären Augenblase. Stadium 1, 50 mal vergrößert modelliert und auf 25 mal verkleinert reproduziert. G. Gehirn. p.A. Primäre Augenblase.

chend konvex in der Blasenhöhle; auf der Dorsalwand sind diese Verhältnisse ganz umgekehrt. Die Stielhöhle ist am weitesten im Grenzgebiet derselben und des Hirnventrikels. Der Schventrikel verschmälert sich allmählich nach dem Distalende und hört zuletzt mit stumpfem Ende auf. Die beiderseitigen Augenbläschen sind ungefähr gleichgross und gleichförmig.

Die Masse des Augenbläschens sind wie folgt:

Der dorsoventrale Durchmesser	ca. 0,48 mm (24 mm),
Der nasotemporale Durchmesser	ca. 0,68 mm (34 mm),
Der anteroposteriore Durchmesser	ca. 0,44 mm (22 mm).

Fig. 2.
Vordere Ansicht desselben
Modells.

Fig. 3.
Hintere Ansicht desselben
Modells.

Mikroskopisch: Das Ektoderm verbindet sich dicht mit der Blasenwand und zwischen den beiden sieht man keine Lücke. Die Blasenwand besteht aus mehrschichtigen Zylinderzellen und ihre Höhe nimmt allmählich gegen ihr distales Ende zu. Diese Zellen enthalten eine grosse Menge von Dotterkügelchen und Kernteilungsfiguren. In der Blasenwand sieht man auch spärliche Pigmentkörner. Das Ektoderm besteht aus zwei Schichten von Epithelzellen und die Grundsicht zeigt noch keine Verdickung.

2) Stadium 2 (11 mm lange Larve).

Fig. 4.

Frontaler Durchschnitt der primären Augenblase.
(Stadium 1, Vergr. ca. 55 mal).
H.b. Hirnblase. S.h. Stielhöhle. A.w. Augen-
blasenwand. G.s. Grundsicht. D.s. Decksicht. A.h. Augenhöhle.

Das Riechfeld ist schon gut ausgebildet und besteht aus mehreren Zellschichten. Das Hörbläschen zeigt auf Schnitten schon einen kleinen ovalen Binnenraum.

Das Augenbläschen (Fig. 5, 6, 7) hat sich zum Augenbecher umgewandelt, der noch ganz seicht und an der Aussenwand etwas nach innen eingezogen ist. Die Tiefe des Bechers beträgt etwa 0,05 mm.

Fig. 5.

Laterale Ansicht des Modells der
rechten primären Augenblase.
Stadium 2, 50 mal vergrößert modelliert
und auf 25 mal verkleinert reproduziert.
A.s. Augenstiel. E. Ektoderm.
A.b. Augenbecher.

Fig. 6.

Vordere Ansicht desselben
Modells.

Die Aussenwand des Bechers ist äusserst dick, während die Innenwand ganz dünn ist. Der Augenstiel ist im Grenzgebiet zum Gehirn

abgeschnürt. Die Stielhöhle ist zum Stielkanal verschmälert.

Die Masse des Augenbeckers sind:

Der dorsoventrale Durchmesser	ca. 0,54 mm (27 mm),
Der nasotemporale Durchmesser	ca. 0,44 mm (22 mm),
Der anteroposteriore Durchmesser	ca. 0,30 mm (15 mm),
Die Dicke des Augenstiels	ca. 0,28 mm (14 mm).

Fig. 7.

Hintere Ansicht desselben Modells.

steht dagegen meistens aus einschichtigen kubischen Zellen. Alle diese Zellen enthalten reichliche Dotterkügelchen. Zwischen diesen beiden Wänden befindet sich ein ganz dem Becher selbst entsprechend geformter Hohlraum.

Die grösste Entfernung beider Wände beläuft sich auf ca. 0,01 mm. Die Linsenplatte besteht aus 2-3 Zellenlagen und die Deckschicht aus ein-

Mikroskopisch: Die Grundschicht des Ektoderms verdickt sich nach innen gegen den Becherraum (Linsenplatte) (Fig. 8). Zwischen der Aussenwand des Augenbeckers und der Innenfläche der verdickten Grundschicht sieht man eine schmale Lücke.

Die Aussenwand des Beckers besteht aus mehreren Zellschichten und wölbt sich gegen den Sehventrikel vor. Die Innenwand be-

Fig. 8.

Frontaler Durchschnitt des rechten Augenbeckers. (Stadium 2, Vergr. ca. 45 mal).

H.b. Hirnblase. S.h. Stielhöhle.

A.h. Augenhöhle. G.s. Grundschicht. D.s. Deckschicht.

schichtigen Plattenzellen. Die Deckschicht beteiligt sich durchaus nicht an der Linsenbildung und zieht nur die obere Fläche der Linsenplatte hinüber. Diese Zellen enthalten alle auch reichliche Dotterkügelchen. Die Linsengrube ist noch gar nicht erkennbar. Die Aussenfläche der Linsenplatte ist ein wenig mehr hervorgewölbt als das umgebende Hautniveau.

3) Stadium 3 (19 mm lange Larve).

Die Riechgrube ist etwas tiefer geworden als vorher. Der Binnenraum des Hörbläschens ist äusserst erweitert.

Die Linsenblase ist schon völlig ausgebildet (Fig. 9, 10).

Fig. 9.

Laterale Ansicht des Modells des rechten Auges. Stadium 3, 50 mal vergrößert und auf 25 mal verkleinert reproduziert.

A. Auge. L.b. Linsenblase.
A.s. Augenstiel.

Fig. 10.

Hintere Ansicht desselben Modells.

G. Gehirn. A. Auge.
L.b. Linsenblase.
A.s. Augenstiel.

Die Masse der beiden Augen sind:

I. Das linke Auge.

Der dorsoventrale Durchmesser	ca. 0,54 mm (27 mm),
Der nasotemporale Durchmesser	ca. 0,50 mm (25 mm),
Der anteroposteriore Durchmesser	ca. 0,34 mm (17 mm),
Die Länge des Augenstiels	ca. 0,28 mm (14 mm),
Die Dicke desselben	ca. 0,06 mm (3 mm).

II. Das rechte Auge.

Der dorsoventrale Durchmesser	ca. 0,52 mm (26 mm),
Der nasotemporale Durchmesser	ca. 0,48 mm (24 mm),
Der anteroposteriore Durchmesser	ca. 0,36 mm (18 mm),
Die Länge des Augenstiels	ca. 0,28 mm (14 mm),
Die Dicke desselben	ca. 0,07 mm (3,5 mm).
Der Winkel zwischen beiden Augenstielen	ca. 110°.

Die Linse ist kugelig geformt, der Durchmesser beträgt ca. 0.15 mm (7,5 mm).

Der Augenstiel verläuft beinahe geradeaus und verbindet sich mit dem unteren Teil des Augenbechers.

Mikroskopisch: Die Kornea besteht aus zwei Zellschichten. Die Substantia propria ist nur spurweise sichtbar. Die Innenfläche der Hinterwand der Linse beginnt gegen den Linsenblasenraum eine leichte Vorwölbung zu bilden, wodurch auf Schnitten der Linsenraum eine Neumondform zeigt. Die Linse steht von der Retina und dem vorderen Rand des Augenbechers noch ziemlich weit entfernt.

Das Retinalblatt besteht aus mehreren Zellschichten. Das Pigmentblatt enthält noch ganz spärliche Pigmentkörner.

Der schmale Sehventrikel kommuniziert durch den Augenstielkanal mit dem Hirnventrikel.

4) Stadium 4 (20 mm lange Larve).

Die Riechgrube ist stark vertieft. Die Septumbildung für die Bogengänge hat gerade begonnen.

Das Auge (Fig. 11, 12) ist etwas grösser geworden als beim vorigen Stadium.

Die Masse der beiden Augen:

Das linke Auge.

Der dorsoventrale Durchmesser	ca. 0,56 mm (28 mm),
Der nasotemporale Durchmesser	ca. 0,44 mm (22 mm),
Der anteroposteriore Durchmesser	ca. 0,38 mm (19 mm),
Die Länge des Augenstiels	ca. 0,40 mm (20 mm),
Die Dicke desselben	ca. 0,06 mm (3 mm).

Das rechte Auge.

Der dorsoventrale Durchmesser	ca. 0,56 mm (28 mm),
Der nasotemporale Durchmesser	ca. 0,48 mm (24 mm),
Der anteroposteriore Durchmesser	ca. 0,40 mm (20 mm),
Die Länge des Augenstiels	ca. 0,38 mm (19 mm),
Die Dicke desselben	ca. 0,06 mm (3 mm).

Der Winkel zwischen beiden Augenstielen ca. 110° .
 Der Augenstiel richtet seine leichte Konkavität nach unten aussen.

Fig. 11.

Laterale Ansicht des Modells des rechten Auges. Stadium 4, 50 mal vergrößert modelliert und auf 25 mal verkleinert reproduziert. L. Linse. A.s. Augenstiel.

Fig. 12.

Hintere Ansicht desselben Modells.
 A. Auge. A.s. Augenstiel.

Die Linse ist kuglig, ihr Durchmesser beträgt ca. 0,16 mm (8 mm).

Mikroskopisch: Die Kornea besteht aus 2 Schichten von Plattenzellen. Die Substantia propria ist noch spurweise zu erkennen. Bezüglich der Linse sieht man keine nennenswerten Veränderungen im Vergleich zum vorigen Stadium. Die Innenfläche ihrer Hinterwand wölbt sich hügelartig in den Blasenraum vor, wodurch er schmaler wurde als vorher.

Das Retinalblatt ist viel dicker geworden, sodass der Abstand zwischen demselben und der Linse etwas geringer ist als vorher. Der Rand des Augenbechers steht noch ziemlich weit von der Linse entfernt. Das Pigmentblatt zeigt keine merklichen Veränderungen. Innerhalb des Augenstiels sieht man noch den ganz schmalen Kanal, der mit dem Hirnventrikel kommuniziert. Chondroblasten in der Seitenwand des Schädels kann man noch nicht vorfinden.

5) Stadium 5 (20,5 mm lange Larve).

Die laterale Bogentasche ist nach aussen halbzyklindrisch vorgewölbt.

Die Masse der beiden Augen (Fig. 13, 14) sind :

Fig. 13.

Laterale Ansicht des Modells des rechten Auges. Stadium 5, 50 mal vergrößert modelliert und auf 25 mal verkleinert reproduziert. L. Linse
A.s. Augenstiel.

Fig. 14.

Hintere Ansicht desselben Modells.
A. Auge. A.s. Augenstiel.

Das linke Auge.

Der dorsoventrale Durchmesser	ca. 0,54 mm (27 mm),
Der nasotemporale Durchmesser	ca. 0,48 mm (24 mm),
Der anteroposteriore Durchmesser	ca. 0,46 mm (23 mm),
Die Länge des Augenstiels	ca. 0,44 mm (22 mm),
Die Dicke desselben	ca. 0,06 mm (3 mm).

Das rechte Auge.

Der dorsoventrale Durchmesser	ca. 0,56 mm (28 mm),
Der nasotemporale Durchmesser	ca. 0,56 mm (28 mm),
Der anteroposteriore Durchmesser	ca. 0,44 mm (22 mm),
Die Länge des Augenstiels	ca. 0,44 mm (22 mm),
Die Dicke desselben	ca. 0,06 mm (3 mm).

Der Winkel zwischen beiden Augenstielen ca. 120°.

Der Augenstiel richtet seine leichte Konkavität nach aussen unten.

Der Stielkanal ist ganz schmal geworden, ist aber noch durchgängig.

Mikroskopisch: In diesem Stadium zeigt sich die Linse nicht als kuglig, sondern als etwas ellipsoidisch (Fig. 15). Der durchschnittliche

Durchmesser beträgt ca. 0,16 mm (8 mm). Ihr anteroposteriore Durchmesser ist etwas länger als die sonstigen Durchmesser. Die im Linsenraum vorgewölbte Schicht der hinteren Wand nimmt bedeutend an Grösse zu, wodurch der Linsenraum ganz schmal wurde und auf Schnitten sieht sich als eine schmale Sichelform zeigt.

Die Entwicklung der Substantia propria der Kornea hat sich noch nicht vollzogen. Das Retinalblatt ist dicker geworden und besteht aus mehreren Zellschichten. Das Pigmentblatt ist in diesem Stadium ziemlich stark pigmentiert. In dem Gewebe der Umgebung des Pigmentblattes sieht man ebenso auch reichliche Pigmentkörner.

6) Stadium 6 (23,5 mm lange Larve).

Die Nasenhöhle ist röhrenförmig verlängert. Die vordere Bogentasche ist beinahe abgeschnürt.

Die Masse der beiden Augen (Fig. 16, 17) sind:

Das linke Auge.

Der dorsoventrale Durchmesser	ca. 0,60 mm (30 mm),
Der nasotemporale Durchmesser	ca. 0,58 mm (29 mm),
Der anteroposteriore Durchmesser	ca. 0,52 mm (26 mm),
Die Länge des Augenstiels	ca. 0,60 mm (30 mm),
Die Dicke desselben	ca. 0,06 mm (3 mm).

Das rechte Auge.

Der dorsoventrale Durchmesser	ca. 0,60 mm (30 mm),
Der nasotemporale Durchmesser	ca. 0,60 mm (30 mm),
Der anteroposteriore Durchmesser	ca. 0,50 mm (25 mm),
Die Länge des Augenstiels	ca. 0,60 mm (30 mm),
Die Dicke desselben	ca. 0,06 mm (3 mm).

Der Winkel zwischen beiden Augenstielen. ca. 130°.

Der Augenstiel richtet seine Konkavität nach aussen unten, die viel

Fig. 15.

Frontaler Durchschnitt des rechten Auges (Stadium 5, Vergr. ca. 80 mal). L.r. Linsenraum. h.L. Hinterer Linsenraum. R.b. Retinalblatt.

stärker als beim vorigen Stadium ist. Die Verbindungsstelle des Augenstiels mit der Augenbecherwand ist hier etwas nach oben verschoben.

Der Durchmesser der Linse beträgt durchschnittlich ca. 0,18 mm (9 mm); ihre Form ist noch etwas ellipsoidisch.

Fig. 16.

Laterale Ansicht des Modells des rechten Auges. Stadium 6, 50 mal vergrößert modelliert und auf 25 mal verkleinert reproduziert. T. Linse. A.s. Augenstiel.

Mikroskopisch : Die Innenfläche der hinteren Linsenwand ist so stark vorgewölbt, dass sie sich als ein Kügelchen erweist, das aus den Fasern besteht. Der Linsenblasenraum ist mit diesem Kügelchen fast vollständig ausgefüllt und so bleibt nur eine ganz schmale Lücke übrig.

Die Kornea besteht aus 2 Schichten von Plattenzellen. Der Entwicklungszustand der Substantia propria ist beinahe dergleiche wie vorher. Das Retinalblatt ist dick und lässt erst drei Schichten aus zelligen Elementen unterscheiden (Fig. 18) (Nervenzellen-, innere und äussere Körnerschichten). Das Pigment-

blatt zeigt keine Veränderungen. In diesem Stadium findet man zuerst die Nervenfaserbildung (Fig. 19) in der Augenstielwand. Auch sieht man hier zum erstenmal die Bildung des Chondrokraniums.

7) Stadium 7 (26,5 mm lange Larve).

Die Nasenhöhle kommuniziert durch die Choana mit der Mundhöhle. Der vordere Bogengang ist schon vom Utriculus vollständig abgeschnürt.

Fig. 17.

Hintere Ansicht desselben Modells.
A. Auge. A.s. Augenstiel.

In diesem Stadium ist das Wachstum des Auges (Fig. 20, 21) ganz bedeutend zu erkennen.

Fig. 18.

Frontaler Durchschnitt des rechten Auges. (Stadium 6, Vergr. ca. 80 mal). C.b. Chorioidealblatt. P.b. Pigmentblatt. Z.s. Zellenschicht.

Fig. 19.

Frontaler Durchschnitt des rechten Auges. (Stadium 6, Vergr. ca. 45 mal). N.f. Nervenfaser. C.c. Chondrocranium.

Die Masse der beiden Augen sind:

Das linke Auge.

Der dorsoventrale Durchmesser	ca. 0,74 mm (34 mm),
Der nasotemporale Durchmesser	ca. 0,68 mm (34 mm),
Der anteroposteriore Durchmesser	ca. 0,58 mm (29 mm),
Die Länge des Augenstiels	ca. 0,62 mm (31 mm),
Die Dicke desselben	ca. 0,06 mm (3 mm).

Das rechte Auge.

Der dorsoventrale Durchmesser	ca. 0,72 mm (36 mm),
Der nasotemporale Durchmesser	ca. 0,68 mm (34 mm),
Der anteroposteriore Durchmesser	ca. 0,58 mm (29 mm),
Die Länge des Augenstiels	ca. 0,62 mm (31 mm),
Die Dicke desselben	ca. 0,06 mm (3 mm).
Der Winkel zwischen beiden Augenstielen	ca. 130°.

Fig. 20.

Laterale Ansicht des Modells des rechten Auges. Stadium 7, 50 mal vergrößert modelliert und auf 25 mal verkleinert reproduziert.

Fig. 21.

Hintere Ansicht desselben Modells.

Der Augenstiel verläuft nach aussen oben, mit der Konkavität nach aussen unten gerichtet; seine Krümmung ist äusserst stark geworden. Seine Verbindungsstelle mit dem Augenbecher hat sich bedeutend weiter zur Mitte des letzteren verschoben. Der Durchmesser der Linse beläuft sich auf ca. 0,2 mm (1 mm), und ihre Gestalt ist wieder kuglig geworden.

Mikroskopisch: Die Kornea zeigt keine beträchtlichen Veränderungen verglichen mit dem vorigen Stadium. Die Linse ist sehr gut ent-

Fig. 22.

Frontaler Durchschnitt des rechten Auges. (Stadium 7, Vergr. ca. 80 mal). Z.s. Zellschicht, r.S. retikuläre Schicht.

wickelt und die Innenschicht ihrer Hinterwand ist nach innen stark hervorgetrieben. Die Distalfläche dieser Wand steht beinahe in Berührung mit der Proximalfläche der Vorderwand derselben. Die Retina und der Augenbecherrand haben sich gegen die Linse genähert. Das Retinalblatt hat an Dicke zugenommen, und die Differenzierung der drei Zellschichten ist viel deutlicher geworden (Fig. 22). Die retikulären Schichten sind auch erkennbar und die innere retikuläre ist schon viel breiter als die äussere. Das Pigmentblatt enthält Pigmentkörner und besitzt im allgemeinen ein bräunliches Aussehen. Die Chorioidea ist ebenso auch stark pigmentiert. Der Augenstiel enthält noch ein ganz schmales Kanälchen.

Die Knorpelbildung der Schädelseitenwand ist äusserst fortgeschritten, doch sieht man noch das weit offen gebliebene Foramen opticum.

In diesem Stadium kann man noch keine Spur des Skleralknorpels vorfinden.

8) Stadium 8 (30 mm lange Larve).

Die Masse beider Augen sind:

Das linke Auge.

Der dorsoventrale Durchmesser	ca. 0,75 mm (49 mm),
Der nasotemporale Durchmesser	ca. 0,81 mm (53 mm),
Der anteroposteriore Durchmesser	ca. 0,68 mm (45 mm),
Die Länge des Augenstiels	ca. 1,00 mm,
Die Dicke desselben	ca. 0,06 mm (4 mm).

Das rechte Auge.

Der dorsoventrale Durchmesser	ca. 0,75 mm (49 mm),
Der nasotemporale Durchmesser	ca. 0,78 mm (51 mm),
Der anteroposteriore Durchmesser	ca. 0,74 mm (48 mm),
Die Länge des Augenstiels	ca. 1,00 mm,
Die Dicke desselben	ca. 0,06 mm (4 mm).

Der Durchmesser der Linse beträgt ca. 0,3 mm (2,0 mm). In der Skleralwand der beiden Augen findet man bereits drei und vier Stücke des Skleralknorpels. Auf die einzelnen Knorpelstücke werde ich später noch näher eingehen.

Mikroskopisch: In diesem Stadium hat der Augenstiel seine Stielhöhle verloren und ist vollständig von Nervenfasern eingefasst (Fig. 23). Der Nervus opticus dringt in den Augenhintergrund fast in der Mitte der medialen Seite des Bulbus ein.

Die Kornea besteht aus einer oberen kubischen- und einer unteren platten Zellschicht. Die Substantia propria ist ziemlich gut entwickelt und stellt eine dünne Schicht mit spärlichen Plattenzellen dar. Die Epithelzellen der Vorderwand der Linse sind kubisch, doch je seitlicher sie stehen, desto länger werden sie und in der Nähe des hinteren Pols nehmen sie schliesslich eine vollkommen zylindrische Form an. Die Zellkerne liegen in der hinteren Hälfte der Linsenfasern und bilden zusammen eine Kernzone.

Die Retina hat bedeutend an Dicke zugenommen und dadurch nähert sie sich der Linse, so dass sie mit dem proximalen Ende der Linsenwand beinahe in Berührung zu stehen scheint. Die innere retikuläre Schicht und Sehzellschicht sind deutlich differenziert.

Die Iris scheint beinahe völlig ausgebildet zu sein, sie ist so stark pigmentiert, dass sie ganz schwärzlich aussieht, und steht mit der Linse in Berührung. Die Pigmentepithelzellen haben reichliche Pigmentkörner, besonders in der Nähe der Aussenfläche. Die Chorioidea enthält die länglichen platten Pigmentzellen und in der Nähe ihrer Aussenfläche findet man einige kleine Stücke vom auftretenden Skleralknorpel. Alle Knorpelstücke sind von den Chorioidealzellen umhüllt.

Das Chondrokranium ist äusserst gut entwickelt, doch steht das Foramen opticum noch ziemlich weit offen.

Das Vorkommen des Skleralknorpels.

In diesem Stadium findet man zuerst drei und vier kleine Stücke von Skleralknorpel vor (Fig. 24, 25). In Bezug auf die Stellen seines ersten Auftretens glaube ich, dass eine bestimmte Regel herrscht, weil er an beiden Augen ganz symmetrisch vorkommt. Im folgenden werde ich auf die Modelle etwas näher eingehen.

Fig. 23.

Frontaler Durchschnitt des rechten Auges.
(Stadium 8, Vergr. ca. 80 mal). N.f.
Nervenfasern.

Das linke Auge (Modell 8).

Am linken Auge sieht man 3 Knorpelstücke, die alle im allgemeinen längliche Form haben und im ganzen um den Opticus herum fast radiär stehen. Die Eintrittsstelle des Opticus in die Skleralwand liegt beinahe in der Mitte der medialen Bulbuswand.

Fig. 24.

Hintere Ansicht des Modells des linken Auges. Stadium 8, ca. 66 mal vergrößert modelliert und auf 33 mal verkleinert reproduziert. K.s. Knorpelstück. N.o. Nervus opticus.

Fig. 25.

Hintere Ansicht des Modells des rechten Auges. Stadium 8, 66 mal vergrößert modelliert und auf 33 mal verkleinert reproduziert.

a) Das erste Stück befindet sich nasal vom Opticus, ca. 0,03 mm davon entfernt; seine Längsachse steht fast horizontal in anteroposteriorer Richtung. Das Stück weist folgende Masse auf:

Länge ca. 0,21 mm (13,8 mm), Breite ca. 0,16 mm (10,8 mm), Dicke ca. 0,05 mm (0,35 mm).

b) Das zweite Stück liegt dorsal und etwas nasal vom Opticus, seine Längsachse steht schräg von hinten oben nach vorn unten gerichtet. Die Aussenfläche des Knorpelstückes ist mit ziemlich dicker chorioidealer Pigmentzellenschicht überzogen. Sein hinteres Ende liegt dorsal ca. 0,4 mm vom Opticus entfernt. Die Masse sind:

Länge ca. 0,27 mm (17,8 mm), Breite ca. 0,21 mm (13,8 mm), Dicke ca. 0,06 mm (4,0 mm).

c) Das dritte Stück repräsentiert eine kurze Platte und liegt gerade temporal vom Opticus, sein Nasalende steht ca. 0,06 mm vom Opticus entfernt. Die Masse des Stückes sind:

Länge ca. 0,12 mm (7,9 mm), Breite ca. 0,21 mm (14,0 mm), Dicke ca. 0,07 mm (4,6 mm).

Das rechte Auge (Modell 8).

Die Eintrittsstelle des Opticus ist beinahe gleich wie beim linken Auge.

Im rechten Auge findet man 4 Knorpelstücke.

a) Das erste Stück liegt nasal vom Opticus und steht mit der Längsachse fast horizontal, von hinten unten nach vorn oben wenig geneigt. Sein hinteres Ende steht ca. 0,06 mm vom Opticus entfernt. Die Masse sind:

Länge ca. 0,3 mm (19,8 mm), Breite ca. 0,18 mm (11,8 mm), Dicke ca. 0,05 mm (3,3 mm).

b) Das zweite Stück befindet sich an dorsaler und etwas nasaler Seite des Opticus. Seine Längsachse steht von hinten unten nach vorn oben gerichtet. Das hintere Ende steht ca. 0,3 mm vom Opticus entfernt.

Länge ca. 0,27 mm (17,8 mm), Breite ca. 0,12 mm (0,8 mm), Dicke ca. 0,05 mm (3,3 mm).

c) Das dritte Stück liegt gerade an temporaler Seite des Opticus und seine Längsachse steht ein wenig von vorn unten nach hinten oben gerichtet.

Länge ca. 0,24 mm (15,4 mm), Breite ca. 0,23 mm (15,2 mm), Dicke ca. 0,06 mm (4,0 mm).

d) Das vierte Stück ist das kleinste, dessen anteroposteriorer Durchmesser nur ca. 0,03 mm, der dorsoventrale ca. 0,08 mm und die Dicke ca. 0,06 mm beträgt. Dieser kleine Knorpelklumpen liegt temporodorsal vom Opticus sehr weit davon entfernt.

Fig. 26.

Frontaler Durchschnitt des rechten Auges.
(Stadium 8, Vergr. ca. 80 mal). I. Iris.
S.k. Skleralknorpel. M.f. Muskelfasern.

Mikroskopisch: Die Skleralwand verdickt sich an den Stellen, wo die Knorpelstücke aufgetreten sind. Der Skleralknorpel ist ziemlich reichlich mit hyaliner Grundsubstanz versehen; die Form der Knorpelzellen ist entweder rundlich oder oval und die Anordnung der Zellen ist ganz unregelmässig. Die Zelle besitzt einen ziemlich grossen Kern. In diesem Stadium haben sowohl die Knorpelzellen als auch die Grund-

substanz noch keine Pigmentkörner. Auf Schnitten sieht man ohne Ausnahme, dass die Augenmuskelfasern an der Oberfläche des Knorpelstückes sich ansetzen (Fig. 26).

9) Stadium 9 (80 mm langes Exemplar).

Das rechte Auge hat folgende Masse :

Der dorsoventrale Durchmesser	ca. 1,66 mm (110,0 mm),
Der nasotemporale Durchmesser	ca. 1,36 mm (89,8 mm),
Der anteroposteriore Durchmesser	ca. 1,24 mm (81,8 mm),
Die Länge des Opticus	ca. 2,0 mm
Die Dicke desselben	ca. 0,1 mm (6,6 mm),
Der Durchmesser der Linse	ca. 0,64 mm (42,2 mm).

Der äusserst gut entwickelte Skleralknorpel weist schon in diesem Stadium einen vollkommenen Knorpelbecher auf (Fig. 27). Seine Wand ist ziemlich dick und liegt auf dem grössten Teil der hinteren Hälfte des Augapfels ausgebreitet.

Fast in der Mitte des Becherbodens findet man einen äusserst grossen Kanal (Canalis opticus), dessen Rand uneben ist, wengleich man hier weder Knorpelfortsätze noch Knorpelinseln vorfinden kann. Der Kanal ist beinahe rundlich, hat einen Durchmesser von ca. 0,3 cm (2 cm) und dient zum Durchtritt sowohl des Sehnerven als auch der Blutgefässe. Der Opti-

cus macht eine leichte Biegung, bevor er in die Netzhaut eintritt (Fig. 28). Von diesem Kanal verzweigt sich in ventrotemporaler Richtung ein feiner Gefässkanal (ca. 0,1 mm weit). Auch sieht man oben und etwas hinten vom Opticuskanal, davon ca. 0,25 mm entfernt, ein kleines Gefässkanälchen mit einem Durchmesser von ca. 0,15 mm. Noch ein kleines, 0,06 mm weites Gefässkanälchen befindet sich an der dorsalen Seite des Opticuskanals, davon etwa 0,35 mm entfernt.

Fig. 27.

Proximale Ansicht des Modells des rechten Auges. Stadium 9, 66 mal vergrössert modelliert und auf 33 mal verkleinert reproduziert. N.o. Nervus opticus. B.g. Blutgefäss.

Ausserdem findet man noch 3 ganz kleine Kanälchen; das eine steht temporal vom Opticuskanal, ca. 0,35 mm davon entfernt, das zweite ventral vom letzteren, ca. 0,53 mm davon entfernt und endlich befindet sich das dritte an ventronasaler Seite, ca. 0,44 mm davon entfernt.

Fig. 28.

Die Ansicht des Modells des Sehnerven, das die Verhältnisse seiner Biegung zeigt. N.o. Nervus opticus.

Die Becherwand ist am dicksten am Boden und verdünnt sich allmählich nach allen Seiten hin. Sie endet mit einem keilförmigen spitzen Rand. Die Gestalt des Knorpelbeckers ist nicht rundlich, sondern ellipsoidisch in senkrechter Richtung verlängert, so dass sein nasotemporaler Durchmesser ca. 1,3 mm und der dorsoventrale 1,6 mm beträgt; seine grösste Dicke beläuft sich auf ca. 0,12 mm.

Mikroskopisch: Der Skleralknorpel (Fig. 29) besteht aus hyaliner Grundsubstanz und relativ reichlichen Knorpelzellen, die zweierlei Formen aufweisen, eine rundliche und eine ovale. Manche von diesen Zellen und die Grundsubstanz enthalten eine kleine Menge von Pigmentkörnern. Die Knorpelzellen sind durch die gesamte Dicke des

Knorpels hindurch in ganz verschiedenen Richtungen angeordnet. Im Vergleiche mit dem vorigen Stadium sind die Zellkerne bedeutend verkleinert, wodurch die Zellen ziemlich protoplasmareich wurden. Die Form der Kerne ist sehr verschieden, rundlich, länglichrund, halbmondförmig und dreieckig.

Die Linse ist rundlich, das Epithel besteht aus einschichtigen Plattenzellen, aber je weiter wir seitlich kommen, desto länger werden sie. Die Kerne bilden beinahe im mittleren Teil der Linsenfasern eine Kernzone.

Die Retina ist jetzt äusserst gut entwickelt, indem jede zellige Schicht aus einigen Zellenlagen besteht, so die äussere Körnerschicht aus 2-3, die innere aus 3-4 und die Nervenzellenschicht aus 1-2 Zellen-schichten. Jetzt kann man ausser den Zellschichten auch noch die Nervenfaserschicht klar unterscheiden. Die Pigmentepithelschicht zeigt sich als bräunlich-schwarz; die Pigmentkörner kommen meistens in der Nähe der Aussenfläche vor.

Die Chorioidea ist ebenfalls stark pigmentiert und verdickt sich an den Stellen, wo sie von Blutgefässen durchzogen wird. Die Iris ist auch gut entwickelt und berührt dicht die Linse.

Fig. 29.

Frontaler Durchschnitt des rechten Auges. (Stadium 9. Vergr. ca. 45 mal). S.k. Skleralknorpel. N.o. Nervus opticus. I. Iris. K.g. Kornealgefäße. S.p. Substantia propria. K.e. Kornealepithel.

man in der Substantia propria schon die einfache Verteilung der Blutkapillaren.

Die frühzeitige Hornhautvaskularisation.

Wenn man das Modell 9 (Fig. 30) betrachtet, so findet man die Blutkapillaren, die vom peripherischen Umkreis der Hornhaut in die letztere eintreten und danach entlang der Randzone bogenförmig verlaufen. Dieser äussere Gefässring ist an der temporalen Seite auf eine kurze Strecke unterbrochen. Innen davon sieht man noch einen damit parallel ziehenden, ebenfalls temporal ein wenig unterbrochenen kleinen Gefässring. Zwischen diesen beiden Ringen bestehen zahlreiche Anasto-

Die Kornea besteht aus 3-4 Zellschichten, den oberflächlichen, platten und tiefen kubischen Zellen. Die Substantia propria ist so verdickt, dass sie fast gleich dick wie die Epithelschicht ist, und enthält spärliche lange platte Zellen; ihre Innenfläche ist mit Endothel überzogen. Im peripherischen Teil der Kornea findet man geringe Pigmentkörner. In diesem Stadium findet

Fig. 30.

Laterale Ansicht des Modells des rechten Auges. Stadium 9, 66 mal vergrössert modelliert und auf 33 mal verkleinert reproduziert. K.g. Kornealgefäße.

mosen, wodurch hier ein ziemlich kompliziertes Randschlingennetz zustande kommt. Im zentralen Teil der Hornhaut kann man noch keine Blutgefässe vorfinden. Einige Gefässfortsätze streben vom inneren Gefässring nach der Hornhautmitte zu. Alle diese befinden sich im dorsalen Teil der Hornhaut und ziehen entweder nach unten oder nach aussen zu.

Mikroskopisch: In Bezug auf die Lagerung der Kornealgefässe in

Fig. 31.

Frontaler Durchschnitt des rechten Auges. (Stadium 9, Vergr. ca. 45 mal). S.k. Skleralknorpel. K.g. Kornealgefässe.

der Schicht der Substantia propria kann man 2 Arten (Fig. 29, 31) unterscheiden. Die Kapillaren der ersten Art liegen im oberflächlichen Drittel und die der zweiten in den tieferen zwei Dritteln. Die Wand der Kapillaren ist aus einer Lage Endothelzellen aufgebaut.

10) Stadium 10 (179 mm langes Exemplar).

Dieses Exemplar ist das grösste unter den von mir untersuchten Tieren, doch ist es noch bedeutend kleiner als die bisher von anderen

Autoren untersuchten. Die Gestalt des Bulbus ist eine unregelmässig-birnförmige; die Masse sind:

Der dorsoventrale Durchmesser	ca. 2,0 mm (80,0 mm),
Der nasotemporale Durchmesser	ca. 2,24 mm (98,5 mm),
Der anteroposteriore Durchmesser	ca. 2,0 mm (80,0 mm),
Die Länge des Opticus	ca. 3,5 mm,
Die Dicke desselben	ca. 0,11 mm (4,4 mm).

Der gut entwickelte Knorpelbecher (Fig. 32) hat eine ziemlich dicke Wand, welche im Bodenteil am stärksten ist, während sie sich nach dem Becherrand zu allmählich verdünnt; sie endet aber nicht auf allen Seiten mit gleicher Dicke, denn der Ventralrand ist viel dicker als der Dorsal-

rand. Der halbkugelige Becher dehnt sich auf die hintere Hälfte des Bulbus aus und sein nasotemporaler Durchmesser ist am längsten. Auf dem Becher sieht man 6 Kanälchen von verschiedener Weite, von denen sich 5 auf seiner temporalen Hälfte befinden.

Fig. 32.

Proximale Ansicht des Modells des rechten Auges. Stadium 10.40 mal vergrößert modelliert und auf 20 mal verkleinert reproduziert. N.o. Nervus opticus. B.g. Blutgefässe.

nach nasoventral hin, einen Winkel von etwa 60° zwischen sich und der äusseren Basisfläche des Bechers bildend. Dann tritt er in den Kanal, ungefähr in der Mitte der hinteren Ausmündung desselben ein. Im vorderen Ausmündungsteil kommt er zum nasalen Drittel und tritt nach einer leichten Biegung (Fig. 33, 35) in die Netzhaut ein. Man findet noch zwei Blutgefässe; das eine läuft an der Ventralseite des Opticus zu demselben parallel, das andere an der Temporalseite von unten nach oben damit kreuzend hin. Genau genommen ist die Lage des Opticuskanal jedoch nicht in der Mitte des Becherbodens, wie die folgenden Masse es klar darstellen :

Die Lage der hinteren Ausmündung des Canalis opticus sclerae :

Der grösste Kanal ist der Canalis opticus, welcher fast in der Mitte des Bechers liegt. Seine Form ist rundlich, aber der Rand ist ganz höckerig, wenngleich man darin keine isolierten Knorpelinseln sieht, wie es beim vorigen Stadium der Fall ist.

Der Kanal besitzt durchschnittlich einen Durchmesser von 0,4 mm (16 mm), der dorsoventrale Durchmesser ist etwas klein. Er dient für den Durchtritt des Sehnerven und zweier anderer Blutgefässe. Vor dem Eintritt zum Opticuskanal läuft der Opticus schräg von temporodorsal

Fig. 33.

Topographische Ansicht des Modells des Nervus opticus. N.o. Nervus opticus.

- a) Die Distanz zwischen dem Temporalrand des Canalis und dem Distalrand des Knorpelbechers ca. 1,6 mm (64 mm).
- b) Die Distanz zwischen dem Nasalrand des Canalis und dem Distalrand des Knorpelbechers ca. 1,9 mm (76 mm).
- c) Die Distanz zwischen dem Ventralrand des Canalis und dem Distalrand des Knorpelbechers ca. 1,5 mm (60 mm).
- d) Die Distanz zwischen dem Dorsalrand des Canalis und dem Distalrand des Knorpelbechers ca. 1,3 mm (52 mm).

Die Lage der vorderen Ausmündung des Canalis opticus sclerae :

- a) Die Distanz zwischen dem Temporalrand des Canalis und dem Distalrand des Knorpelbechers ca. 1,4 mm (56 mm).
- b) Die Distanz zwischen dem Nasalrand des Canalis und dem Distalrand des Knorpelbechers ca. 1,7 mm (68 mm).
- c) Die Distanz zwischen dem Ventralrand des Canalis und dem Distalrand des Knorpelbechers ca. 1,3 mm (52 mm).
- d) Die Distanz zwischen dem Dorsalrand des Canalis und dem Distalrand des Knorpelbechers ca. 1,1 mm (44 mm).

Die zwei Gefässkanäle befinden sich nebeneinander auf der dorsalen Fläche des Bechers, von Canalis opticus ca. 0,2 mm, ein anderer Gefässkanal auf der ventralen Fläche, davon ca. 0,6 mm und noch ein anderer Gefässkanal auf der ventronasalen Fläche, davon ca. 0,4 mm entfernt.

Fig. 34.

Laterale Ansicht des Modells des rechten Auges. Stadium 10.40 mal vergrößert modelliert und auf 20 mal verkleinert reproduziert. K.g. Kornealgefäße.

In Bezug auf die Kornealgefäße kann man bei einem 40 fach vergrößert hergestellten Wachsmode (Fig. 34) folgendes ersehen.

Die Kornealgefäße bilden ziemlich dichte Netzwerke im peripherischen Teil der Kornea, besonders im temporalen Teil. Aus diesen Kapillarschlingen gehen so viele Kapillarfortsätze aus, die teils einige kleine Kapillarringe bilden, teils frei endigen. Einer von diesen Kapillarfortsätzen ist schon zur Mitte der Kornea vorgedrungen. In diesem

Stadium kann man nicht mehr einen doppelt geformten Randschlingerring wie beim vorigen Stadium erkennen. Dagegen sind die Gefäßnetze

Fig. 35.

Frontaler Durchschnitt des rechten Auges. (Stadium 10, Vergr. ca. 20 mal). S.k. Skleralknorpel. N.o. Nervus opticus. Ch. Chorioidea. R. Retina. I. Iris.

ventral, wo sie im vorigen Stadium am dicksten waren, bedeutend schwächer ausgebildet.

achse parallel zu seiner Oberfläche (Fig. 35). Hier und da sieht man ganz spärliche pigmentierte Knorpelzellen.

Mikroskopisch: In der Mittelschicht des Knorpels ist die Grundsubstanz reichlicher zu finden, worin die Knorpelzellen in verschiedenen Formen liegen. Die Zellen sind auch in verschiedenen Richtungen angeordnet, doch in der Nähe der Oberfläche des Knorpels neigen sie sich mit ihrer Längs-

Bezüglich der Linse findet man keine besonderen Veränderungen im Vergleiche mit dem vorigen Stadium. Was die Retina anbetrifft, so sind beide Körnerschichten viel deutlicher differenziert; man kann sogar eine Ganglienzellschicht ganz klar unterscheiden. Die Chorioidea hat bedeutend an Dicke zugenommen, besonders in der Nähe des Becherbodens, worin einige Blutgefäße enthalten sind. Die Iris ist stark pigmentiert und sieht wie die Chorioidea schwärzlich aus.

Die Kornea (Fig. 36, 37) besteht nun aus 3-4 schichtigen niedrigen Epithelzellen und man kann darin keine Pigmentkörner vorfinden. Die Substantia propria ist ziemlich gut entwickelt und hat nun die doppelte Dicke der Epithelschicht.

In der Randzone der Substantia sieht man

Fig. 36.

Frontaler Durchschnitt der Kornea des rechten Auges. (Stadium 10, Vergr. ca. 95 mal). K.g. Kornealgefäße.

Fig. 37.

Frontaler Durchschnitt der Kornea des rechten Auges. (Stadium 10, Vergr. ca. 200 mal). K.g. Kornealgefäße. K.e. Kornealepithel. S.p. Substantia propria.

spärliche Pigmentkörner und man kann auch in der Schicht nach der Lage zwei Arten von Kapillaren unterscheiden. Bei der ersten Art erkennt man die dicht subepithelial durchziehenden Kapillaren, während bei der zweiten die letzteren im oberflächlichen Drittel der Substantia vorkommen.

III. Vergleichung und Zusammenfassung.

1. a) Augenblase und Augenbecher.

Bei der 8,5 mm langen Larve von *Megalobatrachus* kommt gerade die primäre Augenblase zum Vorschein. Bezüglich der Art und Weise der Bildung derselben sieht man ähnlich wie bei den anderen Amphibien nichts besonderes als dass sie durch die Ausbuchtung der äusseren Vorderhirnwand entsteht; dabei verbindet sie sich auf breiter Basis mit der letzteren. Manche Zellen der Blasenwand enthalten spärliche Pigmentkörner. Die Augenblasenwand hat beinahe gleiche Dicke an allen Stellen; dieser Befund stimmt nicht mit der Angabe von Alexander (1) bei *Siredon pisciformis* überein, wonach sie eine viel dünnere Dorsalwand als die ventrale besitzt. Die Blasenhöhle kommuniziert durch die weite Augenstiellöhle mit dem Vorderhirnventrikel.

Bei der 11 mm langen Larve ist die Augenblase schon zum Augenbecher umgestaltet und dessen äussere Wand bedeutend verdickt und leicht nach innen eingezogen, während die innere äusserst dünn ist. Die Grundsicht des Ektoderms, die auf der äusseren Wand des Bechers liegt, ist ziemlich deutlich verdickt und deutet die Linsenplatte an; die Deckschicht beteiligt sich dabei durchaus nicht an der Linsenbildung.

b) Augenstiel und Sehnerv.

Die breite Basis der primären Augenblase ist bedeutend kleiner bei 11 mm langer Larve und stellt den Augenstiel dar, der sich immer mehr verschmälert und innen einen ganz schmalen Stielkanal enthält. Erst bei 23,5 mm langer Larve findet man die Faserzüge des Sehnerven in der Stielwand, wenngleich der Stiel noch ein offenes Stielkanälchen enthält. Bei 30 mm langer Larve findet man zum ersten Mal einen vollkommen ausgebildeten, soliden Nervus opticus. Bei 80 mm und 179 mm langen Exemplaren zeigt der Opticus eine Biegung, bevor er in die Netzhaut eintritt.

c) Kornea.

Bei den jüngeren Larven besteht das Epithel der Kornea aus zweischichtigen Plattenzellen, die Substantia propria ist kaum sichtbar. Bei 30 mm langer Larve besteht das Epithel aus einer äusseren kubischen und einer inneren platten Zelle. Bei 80 mm langem Exemplar findet man erst ein aus 3-4 Zellschichten bestehendes Hornhautepithel. Die Substantia propria ist ausserordentlich gut entwickelt, hat ungefähr gleiche Dicke wie die Epithelschicht, und man sieht darin spärliche Pigmentkörner. In der oberflächlichsten Schicht der Propria von Amphibien fand auch Lauber (12) die Einlagerung von Pigment. In der Randzone der Kornea findet man bereits aufgetretene Blutgefässe. Auf der Innenfläche der Kornea kann man das Endothel deutlich erkennen. Bei 179 mm langem Exemplar besteht die Epithelschicht aus 3-4 niedrigen Zellschichten. Die Propria ist so gut entwickelt, dass sie nun die doppelte Dicke des Epithels beträgt, und die langen Plattenzellen sind in 4-5 Reihen angeordnet. Die Kornealgefässe sind sehr stark entwickelt, so dass ein Fortsatz schon zur Mitte der Kornea vorgedrungen ist.

d) Linse.

Die Linsenplatte, die erst bei 11 mm langer Larve aufgetreten ist, wandelt sich bei 19 mm langer Larve zur Linsenblase um. Bei 20,5 mm langer Larve sieht man die etwa ellipsoidisch umgeformte Linse, die bei 26,5 mm langer Larve wieder eine rundliche Gestalt bekommt. Diese vorübergehende Umgestaltung der Linse fand Rabl (6) schon bei *Siredon pisciformis*. Bei 30 mm langer Larve ist der Linsenraum mit Linsenfasern vollkommen ausgefüllt. Bei 80 mm langem Exemplar liegen die Kerne der Linsenfasern im hinteren Teil derselben, fast in der Nähe des Äquators beisammen und bilden eine Kernzone.

e) Pigmentschicht.

Bei 11 mm langer Larve besteht das Pigmentblatt noch aus 1-2 schichtigen pigmentfreien kubischen Zellen. Bei 19 mm langer Larve sieht man erst das aus einschichtigen Plattenzellen bestehende Pigmentblatt, welches hier und da mit feinen Pigmentkörnern versehen ist. Bei 26,5 mm langer Larve nimmt der Pigmentgehalt so stark zu, dass das Blatt braun aussieht. Bei 30 mm langer Larve bekommt es eine schwärzlich-braune Farbe durch starke Pigmentation. Bei 80 mm langem Exemplar ist die Ablagerung der Pigmentkörner bemerkenswert, indem die letzteren grösstenteils in der Nähe der Aussenfläche des Blattes angehäuft sind. Bei 179 mm langem Exemplar ist es bedeutend stärker pigmentiert und sieht diffus schwärzlich aus.

f) Chorioidea.

Bei 23,5 mm langer Larve findet man erst das Chorioidealblatt, welches an der Aussenseite des Pigmentblattes als eine pigmenthaltige Plattenzellenschicht auftritt. Bei 30 mm langer Larve ist es gut entwickelt. Bei 80 mm langem Exemplar kann man in der ziemlich verdickten Chorioidea eingelagerte Blutgefässe vorfinden.

g) Retina.

Bei 11 mm langer Larve zieht die laterale Wand der Augenblase nach innen ein und bildet erst ein aus mehreren Zellschichten bestehendes Retinalblatt. Bei 23,5 mm langer Larve kann man erst kaum 3 Zellschichten unterscheiden, bei 26,5 mm langer Larve ausserdem deutlich noch zwei retikuläre Schichten.

In der Retina des Anfangsstadiums von Amphibien sah Rabl (21) eine schwache Pigmentierung; bei *Megalobatrachus* dagegen kann man keine Pigmentkörner konstatieren. Bei 30 mm langer Larve nimmt die Retina bedeutend an Dicke zu, und man kann eine gut entwickelte innere retikuläre Schicht und zum erstenmal die Sehzellenschicht erkennen. Bei 80 mm langem Exemplar ist die Retina fast vollkommen differenziert und trägt deutlich eine 2-3 schichtige äussere Körner-, eine 3-4 schichtige innere Körner-, eine 1-2 schichtige Nervenzellen-, eine Sehzellen- und eine Nervenfaserschicht. Bei 179 mm langem Exemplar sieht man ausser den obigen Schichten noch eine aus einschichtigen Zellen bestehende Ganglienzellenschicht.

h) Iris.

Bei 11 mm langer Larve ist der Augenbecher noch ganz seicht und der Pupillarrand nur schwach angedeutet. Bei 19 mm langer Larve erkennt man deutlich den Pupillarrand, wo aber noch keine Pigmentkörner vorhanden sind. Bei 23,5 mm langer Larve erst kommt eine schwache Pigmentierung in Iris vor. Bei 30 mm langer Larve berührt der Irisrand sich mit der Linse. Bei 80 mm langem Exemplar findet man die Verteilung der Blutgefässe im Randteil der Iris.

Das Vorkommen des Skleralknorpels.

Die frühzeitige Knorpelbildung in der Sklera von Amphibien wurde bis jetzt von Stadtmüller (23), Okajima (18), Tsuzaki (18, 25) und Yano (28) u.a. verfolgt

Stadtmüller hat geäussert, dass bei *Salamandra maculosa* (verschiedene Stadien), *Salamandra atra* (28 mm lange Larve), *Triton spec.* (31 mm lange Larve), *Salamandra perspicillata*, *Desmognatus fuscus* und

Amblystoma (34 mm lange Larve) der frühzeitige Skleralknorpel immer ringförmig auftritt.

Okajima und Tsuzaki (18) ebenfalls betonen, dass bei den Larven von *Diemictylus pyrrhogaster*, *Hynobius nebulosus* und *Onychodactylus japonicus* der Skleralknorpel zuerst in ringförmiger Anordnung zum Vorschein kommt.

Tsuzaki (25) beobachtet bei 14 mm langer Larve von *Diemictylus pyrrhogaster* ein Knorpelstück, welches an der Ventralwand des Augenhintergrundes aufgetreten ist.

Nach Yano (28) kommt bei jungen Tieren von *Hyla*, *Rhacophorus*, *Polypedates*, *Rana* und *Bufo* der Skleralknorpel immer stückweise im temporoventralen Abschnitt des Augenhintergrundes vor. Er sagt dabei, dass er in der Nähe oder entsprechend der Insertionszone der Augenmuskeln einige zerstreute neue Knorpel Elemente vorgefunden habe. Und über die Verhältnisse zwischen den Augenmuskeln und dem Skleralknorpel sind Gegenbaur (4) und Yano (28) der gleichen Meinung, so dass beim gewaltigen Zug der Augenmuskeln der Bulbus einen passenden Widerstand darbieten müsste.

Bezüglich der Reihenfolge des Erscheinens von Knorpelstücken sah Yano (28) bei *Bufo*, dass das Stück zuerst im temporalen Abschnitt des Augenhintergrundes und dann am dorsalen und nasalen auftritt.

Bei mir tritt der Skleralknorpel zuerst bei der Larve von 30 mm Gesamtlänge stückweise an der temporalen, dorsalen und nasalen Wand des Augenhintergrundes auf einmal auf und an der ventralen findet man kein Knorpelstück. Dieser Befund weicht von den Angaben nach Tsuzaki und Yano ab.

Auf Schnitten findet man ohne Ausnahme an der Aussenfläche aller Knorpelstücke die ansetzenden Augenmuskelfasern. Über das Vorhandensein des innigen Verhältnisses zwischen den Augenmuskeln und Stellen, wo das Knorpelstück zuerst auftritt, bin ich auch der gleichen Ansicht wie Gegenbaur und Yano.

Alle diese frühen Knorpel enthalten keine Pigmentkörner. Bei 80 mm langem Exemplar ist der Knorpelbecher schon ziemlich gut ausgebildet und ungefähr in der Mitte des Becherbodens findet sich ein unregelmässig rundlicher *Canalis opticus*; ausserdem findet man einen kleinen Gefässkanal an der dorsalen und einen anderen an der ventralen Wand. Der Knorpel enthält jetzt geringe Pigmentkörner. Bei 179 mm langem Exemplar ist der Knorpelbecher sehr gut entwickelt. Fast in der Mitte des Becherbodens steht ein geräumiger *Canalis opticus*, dessen Rand höckerig ist, aber keine isolierte Knorpelinsel trägt, die Yano (27)

beim erwachsenen Tiere von *Megalobatrachus* beobachtet hatte. Ausser dem Opticuskanal sieht man zwei Gefässkanäle an der Dorsal-, einen an der Ventral- und noch einen an der Nasalwand des Bechers.

In Bezug auf die Lage und Zahl der Gefässkanäle scheint es mir, dass es sich je nach den Stadien sehr verschieden verhält. Der Knorpel in diesem Stadium enthält ganz geringe Pigmentkörner.

Frühzeitige Hornhautvaskularisation.

Rejsek (20) beschrieb zuerst die Hornhautvaskularisation bei Urodelen, worauf dann viele Untersuchungen folgten, von denen die Arbeiten von Lauber (13), Ito (7) und Tsuzaki (24) besonders hervorzuheben sind.

Ito untersuchte beim erwachsenen *Megalobatrachus* die Verbreitung und Lagerung der Hornhautgefässe eingehend und fand, dass die Gefässe in der Hornhaut durch die komplizierten Anastomosen arkadenförmig ausgebreitet sind. Nach ihm liegen sie in der Schicht zwischen dem oberflächlichen Drittel und den tiefen zwei Dritteln der Substantia propria.

Tsuzaki (24) sah beim *Diemictylus*, dass die ventralen zwei Drittel der Hornhaut von Blutgefässen versorgt werden, indem sie von ventral vorn nach oben dorsal in den arkadenförmigen Anastomosen verlaufen.

Was die Lage der Gefässe betrifft, so stimmt seine Angabe mit derselben von Ito (7) vollkommen überein.

In meinem Falle findet man zuerst bei 80 mm langem Exemplar eine frühzeitige Vaskularisierung in der Randzone der Hornhaut, während keine Gefässe im mittleren Teil derselben vorkommen. Die vom Rande eingedrungenen Gefässe bilden zwei Gefässringe, einen äusseren und einen inneren, die beide an der Temporalseite auf kurze Strecke unterbrochen sind. Aus dem inneren Gefässring ziehen einige Gefässfortsätze von vorn oben nach hinten unten hin. Aus obigen Befunden scheint es mir höchst wahrscheinlich, dass die Gefässfortsätze zuerst nach dem Hornhautzentrum zu eintreten und dann sich miteinander verbinden, um endlich beim ausgewachsenen ein in ganzer Hornhaut ausbreitendes umfangreiches Netz zu bilden, wie es schon von früheren Autoren gesehen wurde.

Bezüglich der Tiefe der Lage von Gefässen stimmt es bei diesem Tiere mit der Angabe von Ito und Tsuzaki überein. Bei 179 mm langem Exemplar ist das Randschlingennetz der Gefässe äusserst kompliziert geformt und man kann nicht mehr die Gefässringe erkennen. Viele Gefässfortsätze

streben von allen Seiten der Hornhautrand nach dem Hornhautzentrum zu und bilden ein kompliziertes Randschlingennetz. Einer von diesen Fortsätzen erreicht schon die Mitte der Hornhaut. Hier verhält sich die Lage der Gefäße etwas anders als beim vorigen Exemplare, so dass man hier die dicht subepithelialen Gefäße anstatt der tiefen Kapillaren findet; auf Schnitten beobachtet man ebenso zwei Arten von Blutgefäßen, von denen die eine dicht subepithelial, die andere im oberflächlichen Drittel der Propria sich befindet, und keine Gefäße in den tiefen zwei Dritteln erkennbar sind. Dieser Befund stimmt mit der Angabe von Lauber (13) vollkommen überein.

Was die Lagerung der Gefäße anbelangt, so glaube ich, dass sie sich auch je nach den Individuen und den Entwicklungsstadien sehr verschieden verhält.

VI. Ergebnisse.

Die Hauptresultate der vorliegenden Untersuchungen lassen sich folgendermassen zusammenfassen.

1. Die Dicke aller Wandteile der primären Augenblase ist ungefähr gleich. Die Zellen der Augenstielwand beginnen sich bei 23,5 mm langer Larve teils zu Nervenfasern umzuwandeln, und bei 30 mm langer Larve ist der Opticus vollkommen ausgebildet. Der letztere erfährt eine Biegung, bevor er in die Netzhaut eintritt.

Die Linsenplatte entsteht bei 11 mm langer Larve durch die Verdickung der Grundsicht des Ektoderms. Die kuglige Linsenblase ist schon bei 19 mm langer Larve völlig geformt und erweist sich bei 20,5 mm langer Larve vorübergehend als ellipsoidisch, um bei 26,5 mm langer Larve wieder eine rundliche Form zu bekommen. Der Linsenblasenraum wird bei 30 mm langer Larve mit den Linsenfasern vollkommen ausgefüllt.

Das Kornealepithel wird zuerst bei 80 mm langem Exemplar mehrschichtig, wobei die Vaskularisierung der Kornea bereits begonnen hat. Die Chorioidea wird zuerst bei 23,5 mm langer Larve gebildet. Die Iris ist erst bei 80 mm langem Exemplar geformt. Das Pigmentblatt weist erst bei 19 mm langer Larve die Pigmentation auf. Die einzelnen Retinalschichten sind bei 26,5 mm langer Larve klar unterscheidbar.

2. Der Skleralknorpel kommt stückweise erst an der temporalen, dorsalen und nasalen Wand des Augenhintergrundes zum Vorschein; die Stellen, wo er vorkommt, entsprechen der Insertionszone der Augenmuskeln. Er enthält in früheren Stadien kein Pigment.

3. Die Vaskularisation der Hornhaut entsteht zuerst im Randteil derselben. Dann breiten sich die Blutgefäßfortsätze nach der Mitte der Hornhaut zu aus. Die Gefäßfortsätze verbinden sich miteinander und bilden ein arkadenförmiges Gefäßnetz. Die Tiefe der Lage von Gefäßen in der Substantia propria ist je nach den Stadien ganz verschieden, so dass man bei einem Tiere die tief gelegenen und beim anderen Tiere dafür die dicht subepithelial gelegenen Kapillaren vorfindet.

Zum Schluss möchte ich Herrn Prof. K. Okajima für seine freundliche Anregung und Unterstützung bei dieser Arbeit meinen herzlichsten Dank aussprechen.

Literatur.

1. Alexander, J., Zur Entwicklungsgeschichte des Wirbeltierauges. Anat. Anz. Bd. 51. 1918.
2. Barkau, J., Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Auges der Batrachier. Sitzber. Akad. Wiss. Wien, math.-nat. Kl. LIV. Abt. 1. 1866.
3. Götze, A., Kurze Mitteilungen aus der Entwicklungsgeschichte der Unke. Arch. f. mikr. Anat. Bd. IX. 1873.
4. Gegenbaur, C., Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere. Bd. 1. 1898.
5. Hertwig, O., Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen und der Wirbeltiere. 10. Aufl. 1915.
6. ———, Handbuch der vergl. u. experim. Entwicklungslehre. Bd. 2. II. Teil. 1909.
7. Ito, M., Die Gefäße und die Pigmentzellen der Hornhaut bei *Megalobatrachus japonicus*. Kyoto-Isen-Koyukaizasshi. Nr. 51. 1909.
8. Joseph, H., Einige Bemerkungen zu F. Maurer's Abhandlung: „Blutgefäße im Epithel.“ Arch. f. mikr. Anat. Bd. 52. 1898.
9. Kunitomo, K., Über Blutgefäße in der Epidermis von *Megalobatrachus japonicus*. Mitteil. d. med. Gesellsch. zu Tokyo. Bd. 17. 1903.
10. Kingsley, J. S., Comparative Anatomy of Vertebrates. 3rd Edit. 1912.
11. Leydig, F., Vaskularisiertes Epithel. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 52. 1898.
12. Lauber, H., Beiträge zur Anatomie des vorderen Augenabschnittes der Wirbeltiere. Anat. Hefte. Heft LIX. 1902.
13. ———, Anatomische Untersuchung des Auges von *Cryptobranchus japonicus*. Anat. Hefte. Heft LXIV. 1903.
14. de Lange, D., Mitteilungen zur Entwicklungsgeschichte des japanischen Riesensalamanders (*Meg. maximus* Schlegel). Anat. Anz. Bd. 43. 1913.
15. Murata, M., Über die Verbreitungsweise der Blutkapillaren in den inneren Organen von *Cryptobranchus japonicus*. Mitteil. d. med. Fakl. d. Kais. Jap. Univ. zu Tokyo. Bd. 9. Heft. 2. 1909.
16. Maurer, F., Blutgefäße im Epithel. Morph. Jahrb. Bd. 25. 1897.

17. Okajima, K., Untersuchung über die Sinnesorgane von *Onychodactylus*. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 94. 1909.
 18. Okajima, K., und Tsuzaki, T., Beiträge zur Morphologie des Skleralknorpels bei den Urodelen. Zeitschr. f. Anat. und Entw. Bd. 60. 1921.
 19. Osaki, D., Zur Frage des Vorkommens des Skleralknorpels bei *Diemictylus*. Folia anat. japon. Bd. 3. 1925.
 20. Rejsek, J., L'histologie de l'oeil de *Cryptobranchus japonicus*. Bibliographie anatomique. 1897.
 21. Rabl, C., Über den Bau und die Entwicklung der Linse. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. LXIII. 1898.
 22. Rüdinger, N., Über die Bildung der primären und sekundären Augenblasen bei *Triton alpestris*. Sitz. Ber. math.-physik. Kl. Akad. Wiss. Bd. XIX. 1889.
 23. Stadtmüller, F., Ein Beitrag zur Kenntnis des Vorkommens und der Bedeutung hyalinknorpeliger Elemente in der Sklera der Urodelen. Anat. Hefte. II. 154 (Bd. 51. H. 2.) 1914.
 24. Tsuzaki, T., Zur Morphologie des Skleralknorpels von *Diemictylus pyrrhogaster*. Folia anat. japon. Bd. I. 1922.
 25. Tsuzaki, T., Die Hornhautvaskularisation bei *Diemictylus pyrrhogaster*. Folia anat. japon. Bd. II. 1924.
 26. Wiedersheim, R., Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere. 7. Aufl. 1909.
 27. Yano, K., Zur Morphologie des Skleralknorpels und -knochens bei den Urodelen. Folia anat. japon. Bd. IV. 1926.
 28. Yano, K., Die Entwicklung und Morphologie des Skleralknorpels bei den Anuren. Folia anat. japon. Bd. V. 1927.
-