

Über den Bau und die Entwicklung der Linse.

(II. Theil: Die Linse der Reptilien und Vögel.)

Von

Carl Rabl

(Prag).

Mit Tafel XI—XVI und 72 Figuren im Text.

III. Reptilien.

A. Entwicklung. Meine Beobachtungen über die Entwicklung der Linse der Reptilien sind lange nicht so vollständig, wie jene über die Entwicklung der Linse der Selachier und Amphibien; immerhin sind sie vollständig genug, um keine sehr empfindliche Lücke zu lassen. Sie beziehen sich auf *Lacerta agilis* und *viridis* und auf *Tropidonotus natrix*. Ich folge in der Beschreibung zunächst den Beobachtungen an *Lacerta agilis*.

Die erste Andeutung einer Linsenplatte sehe ich an einem Embryo mit 15 Urwirbeln als eine nicht scharf begrenzte Verdickung des Ektoderms. Zwischen ihr und der Augenblase findet sich ein sehr enger, ganz zellenfreier Spaltraum. In Beziehung auf die Entwicklung der anderen Sinnesorgane verhielt sich dieser Embryo so, wie der jüngste *Pristiurus*-Embryo, der eine Linsenplatte zeigte; er besaß also eine mäßig tiefe Nasengrube und eine sehr tiefe, aber noch weit offene Gehörgrube.

Wann sich die Linsenplatte einzusenken beginnt, kann ich nicht sagen. Bei einem Embryo mit 16 Urwirbeln war sie noch ganz flach¹.

¹ An einem Embryo mit 18 Urwirbeln beobachtete ich einmal eine interessante Missbildung. Während sonst bei Embryonen dieses Stadiums das Hirnröhre mit Ausnahme des vorderen Neuroporus schon vollständig geschlossen ist, war es hier noch sehr weit offen und zeigte auch nicht die geringste Tendenz, sich zu schließen. Es lag also eine *Cranioschisis* oder, richtiger, eine *Ence-*

Ein Embryo mit 23 Urwirbeln besaß schon eine ziemlich tiefe Linsengrube und im Stadium von 24 Urwirbeln bot diese das Bild der Fig. 1, Taf. XI. Die Grube wendet sich etwas dorsalwärts. Ihre Wand ist ungemein dick und die Zellkerne stehen in ihr weitaus der Mehrzahl nach an der basalen Seite. Allerdings finden sich auch Kerne, welche mehr dem Lumen genähert sind, aber es sind dies größtentheils solche, welche die Spuren einer eben abgelaufenen oder einer beginnenden Theilung an sich tragen. Ich halte daher das Epithel für einschichtig.

Zwischen dem Linsensäckchen und dem inneren Blatte der sekundären Augenblase findet sich ein minimaler Spaltraum, der ganz frei von Zellen ist. Das Mesoderm hält sich überhaupt sehr weit von der Linsenanlage entfernt und die Augenblase berührt in großer Ausdehnung sowohl dorsal- als ventralwärts von derselben das Ektoderm. Darin giebt sich eine Übereinstimmung mit *Pristiurus*, aber ein Unterschied gegenüber dem *Axolotl* zu erkennen.

Bei einem Embryo mit 27 Urwirbeln (Fig. 2, Taf. XI) erscheint das Linsensäckchen schon sehr viel größer und es kann jetzt wohl keinem Zweifel mehr unterliegen, dass seine Wand einschichtig ist. Fast alle Kerne stehen an der basalen Seite und nur solche, welche, wie gesagt, Spuren einer Theilung erkennen lassen, sowie die Theilungsfiguren selbst finden sich auch an der dem Lumen zugewendeten Seite der Wand. Auch jetzt ist das Säckchen etwas nach der dorsalen Seite gerichtet.

Bei einem zweiten Embryo mit 27 Urwirbeln war die Einstülpungsöffnung viel enger, als in dem eben erwähnten Fall. In dem ersten Fall war sie bei einer Schnittdicke von 0,0075 mm auf fünf Schnitten zu sehen, in dem zweiten dagegen nur auf einem einzigen. Diesen habe ich in Fig. 3, Taf. XI abgebildet. — Es bestehen also ganz ähnlich, wie beim *Axolotl* individuelle Verschiedenheiten in der Entwicklung der Linse bei sonst gleichalterigen Embryonen.

phalosis vor. Diese Hemmungsbildung ging aber keineswegs mit einer mangelhaften Entwicklung der Hirnplatten einher; vielmehr waren diese eben so mächtig ausgebildet, wie bei normalen Embryonen. Um so merkwürdiger war es, dass der Embryo in Beziehung auf die Ausbildung seiner Sinnesorgane gegenüber anderen, gleichalterigen, aber normalen Embryonen sehr beträchtlich im Rückstande war. Denn es fehlte nicht nur jede Spur einer Linsenplatte und Nasengrube, sondern es war auch an Stelle der Gehörgrube nur eine räumlich sehr beschränkte Ektodermverdickung vorhanden. Es lag also wohl eine Correlation von Hemmungsbildungen vor.

Bei einem Embryo mit 28 Urwirbeln war die Einstülpungsöffnung ungefähr so groß, wie in dem in Fig. 3 abgebildeten Fall.

Im Stadium von 29 Urwirbeln war die Linsenanlage schon fast ganz vom Ektoderm losgelöst (Fig. 4, Taf. XI); nur auf einem Schnitt bestand noch eine geringfügige Verbindung zwischen beiden. In diesem Stadium hat sich auch das Gehörbläschen schon vom Ektoderm getrennt, während, wie wir gesehen haben, beim Axolotl dasselbe schon vor der Bildung der Linsenplatte vom Ektoderm abgeschnürt ist. Das Linsenbläschen ist jetzt auf dem Schnitt mehr viereckig als rund, und dem entspricht auch die Form seiner Höhle. Wie früher sind auch jetzt die Theilungsfiguren durchwegs dem Lumen genähert. Die bisher spaltförmige Höhle zwischen Linse und innerem Blatte der Augenblase hat sich etwas erweitert und bietet dieselbe Form wie bei Selachier- oder Amphibienembryonen korrespondirenden Alters.

Im Stadium von 31 Urwirbeln zeigt das Linsenbläschen im Vergleich mit den eben geschilderten Verhältnissen kaum etwas Besonderes.

Bei zwei Embryonen mit 33 Urwirbeln war das Linsenbläschen kugelig und bot auf dem Querschnitt das Bild der Fig. 5. Die Wand des Bläschens war überall ungefähr von gleicher Dicke und zeigte allenthalben Theilungsfiguren in großer Menge. Der Raum zwischen Linse und Augenblase hatte an Umfang bedeutend gewonnen.

Bald darauf beginnen sich die Zellen der medialen Wand des Linsenbläschens zu verlängern, und in Folge dessen bildet diese ein in das Lumen vorspringendes Polster. Dies ist schon im Stadium von 40 und noch besser im Stadium von 47 bis 48 Urwirbeln zu sehen (Fig. 6, Taf. XI). Dadurch wird das Lumen mehr und mehr verengt; in dem abgebildeten Fall hatte es auf dem Schnitt eine mondsichelförmige Gestalt. Die äußere oder laterale Wand des Bläschens stellt ein Epithel von erheblicher Dicke dar, in welchem die Kerne so dicht stehen, dass sie nicht alle in derselben Höhe Platz finden; jedoch ist die Mehrzahl derselben, wie früher, an der basalen Seite gelegen. In dieser Wand finden sich auch jetzt sehr zahlreiche, der freien Seite des Epithels genäherte Theilungsfiguren. Die Epithelgrenze liegt etwas hinter dem Äquator des Bläschens. Die Zellen lassen daselbst noch keine Anordnung zu meridionalen Reihen erkennen. — Die innere oder mediale Wand des Bläschens besteht aus den zu Fasern ausgewachsenen, konzentrisch über einander gelagerten Epithelzellen. An dem mit Kochenillealaun gefärbten Präparat sind die freien Enden der Fasern etwas dunkler tingirt, als die

basalen. Es macht sich also auch hier, wie bei den Selachiern und Amphibien, im ersten Stadium der Linsenfaserbildung ein Unterschied zwischen freiem und basalem Ende der Zellen bemerkbar. In der Linsenfaserwand kommen von jetzt an keine Theilungsfiguren mehr vor. — In diesem Stadium, sowie auch im Stadium von 40 Urwirbeln, ja wahrscheinlich noch früher findet man ziemlich zahlreiche Zellen in dem Raum zwischen Linse und Augenblase. Diese sind wohl zum größten Theil durch die fötale Augenspalte ins Innere des Auges gelangt. Eben so findet man einzelne Mesodermzellen zwischen Linse und Ektoderm. Diese dürften von dem Mesoderm stammen, das sich zwischen Ektoderm und Außenfläche der sekundären Augenblase einschleibt und allmählich gegen die Linse vordringt. — Das äußere Blatt der Augenblase enthält jetzt schon ziemlich reichliches Pigment und zwar findet sich dasselbe ausschließlich an der dem inneren Blatte zugewendeten, also freien Seite; je näher dem Umschlagsrand der beiden Blätter, um so stärker ist es entwickelt.

Hier findet sich leider in meinen Beobachtungen eine Lücke. Embryonen mit 47 bis 48 Urwirbeln dürften — von der Stirnwölbung im Bogen über den Rücken gemessen — eine Länge von 7 bis 8 mm besitzen. Der nächst ältere Embryo aber, den ich geschnitten habe, hatte eine Länge von 1,6 cm, und auch von ihm besitze ich nur eine Sagittal-, keine Querschnittserie. Dasselbe gilt von dem nächstfolgenden Embryo von 2 cm Länge. Der jüngste, von dem ich wieder eine Querschnittserie besitze, hatte eine Länge von 2,2 cm. Ich hatte eben seiner Zeit die Serien zu ganz anderen Zwecken, ohne Rücksicht auf die Entwicklung des Auges und speciell der Linse, angefertigt. Auf Sagittalschnitten wird das Auge und damit die Linse nie rein äquatorial getroffen, sondern stets etwas schief und zwar deshalb, weil die Augenachsen nicht frontal, sondern schief stehen, so dass sie sich, nach hinten verlängert, in einem nach vorn offenen Winkel schneiden würden.

Schon die Sagittalschnittserie durch den jüngsten der erwähnten Embryonen zeigt, dass sich die Zellen an der Epithelgrenze bereits zu meridionalen Reihen geordnet haben. Damit hängt es zusammen, dass die Linsenfaser in der Peripherie der Linsenfasermasse schon zu radiären Lamellen vereinigt sind. Aber diese radiären Lamellen sind noch sehr kurz und nehmen nur einen kaum nennenswerthen Antheil am Aufbau der Linse. Verfolgt man sie centralwärts, so sieht man, dass sie alsbald unregelmäßig werden und schließlich zu den ungeordneten Centralfasern führen. Diese bauen jetzt noch

weitaus den größten Theil der Linse auf. — In diesem Stadium beträgt der Äquatorialdurchmesser der Linse ungefähr 0,40 mm¹.

Bei dem Embryo von 2 cm Länge waren die Radiärlamellen schon erheblich länger, immerhin bildeten aber auch jetzt noch die Centralfasern und Übergangsfasern den Haupttheil der ganzen Linsenfasermasse. Die Linse hatte jetzt einen Äquatorialdurchmesser von 0,49 mm, also einen Radius von 0,245 mm; davon entfielen 0,095 mm auf die Centralfasermasse, 0,06 mm auf die Übergangsfasern, 0,05 mm auf die Radiärlamellen und 0,04 mm auf das Epithel. Die Centralfasermasse hatte also einen Durchmesser von 0,19 mm. Die Radiärlamellen waren jetzt schon gut zu zählen; es waren ihrer 112 vorhanden.

Aus der Querschnittserie durch den Embryo von 2,2 cm Länge ist ein Schnitt durch die Mitte der Linse auf Taf. XI, Fig. 7 abgebildet. Die Linse hat einen Äquatorialdurchmesser von 0,54 mm und eine Achse von 0,42 mm. Ihr Epithel ist in der Mitte der Vorderfläche am dünnsten; seine Dicke beträgt hier etwa 0,01 mm; gegen die Peripherie wird es allmählich dicker und seine Zellen erreichen etwas vor dem Äquator eine Höhe von 0,04 mm. Hinter dem Äquator nimmt die Höhe der Zellen wieder etwas ab und schließlich gehen sie in die Linsenfasern über. Wie die weitere Entwicklung lehrt, stellt die verdickte Zone des Epithels die Anlage des Ringwulstes dar. Dieselbe ist auf Taf. XI, Fig. 8 sammt ihrer Umgebung bei stärkerer Vergrößerung gezeichnet. Man erkennt, dass die Zellen der Ringwulstanlage schon zu dieser frühen Zeit eine deutliche polare Differenzirung zur Schau tragen, indem ihr äußeres Ende dunkler und mehr gekörnt erscheint, während ihr inneres, den Linsenfasern zugekehrtes heller ist und eine mehr faserige Beschaffenheit besitzt. Die Kerne der Zellen liegen etwas näher dem äußeren, als dem inneren Ende; dabei sind sie so dicht gestellt, dass nicht alle in einer Reihe Platz finden.

Die Linsenfasern zeigen den in der Fig. 7 angegebenen Verlauf. Die Centralfasern sind kurz, unregelmäßig, in der Regel aber doch mehr oder weniger spindelförmig; nach außen nehmen sie jedoch bald regelmäßigeren Formen an. Sie enthalten noch durchwegs Kerne, jedoch sind dieselben nicht in der ganzen Dicke der Linse gleich beschaffen. Die Kerne der Centralfasern sind kugelig, von da nach

¹ Alle im Folgenden angeführten Maße sind von den Schnitten abgenommen.

außen strecken sie sich allmählich in die Länge und erscheinen schließlich etwa drei- bis viermal so lang als breit. So erscheinen sie indessen nur auf Schnitten, welche mehr oder weniger genau durch die Mitte der Linse gehen; an Tangentialschnitten überzeugt man sich, dass die Kerne der jüngsten Fasern eigentlich kleine, plattgedrückte Scheiben vorstellen, die der älteren plattgedrückte Ellipsoide, und nur die der Centralfasern sind kleine Kugeln.

Den nächsten Embryo von 2,4 cm Länge habe ich wieder in Sagittalschnitte zerlegt. Die Linse hatte einen Äquatorialdurchmesser von 0,56 mm, also einen Radius von 0,28 mm. Von diesem Radius kamen 0,095 bis 0,10 mm auf die Centralfasern, ungefähr 0,06 mm auf die Übergangsfasern, 0,08 mm auf die Radiärlamellen und etwa 0,045 mm auf das Epithel. Die Zahlen für die Central- und Übergangsfasern waren also, wie nicht anders zu erwarten stand, gleich geblieben, die Radiärlamellen waren dagegen erheblich länger geworden und eben so zeigte auch die Ringwulstanlage eine etwas größere Dicke. Auch jetzt enthalten noch alle Fasern, auch die centralen, Kerne. Die Zahl der Radiärlamellen betrug, wie bei dem Embryo von 2 cm Länge, 112.

Nun folgt ein Embryo von 2,6 cm Länge, den ich wieder in Querschnitte zerlegt habe. Der Äquatorialdurchmesser der Linse betrug 0,60 mm, die Achse 0,465 mm, die Dicke des Ringwulstes 0,05 mm. Alle Fasern enthielten Kerne; aber die der Centralfasern waren schon ungemein klein, fast punktförmig und färbten sich außerordentlich intensiv.

Der nächste Embryo war 2,9 cm lang; ich hatte ihn in Sagittalschnitte zerlegt. Der Äquatorialdurchmesser der Linse betrug 0,64 mm, für die Central- und Übergangsfasern gelten dieselben Zahlen wie früher, während die Länge der Radiärlamellen mindestens 0,10 mm betrug. Der Ringwulst hatte eine Dicke von 0,06 mm. Die Zahl der Radiärlamellen war 120; an den centralen Enden der Radiärlamellen waren einige Theilungen derselben zu sehen. — Dieser Embryo war der jüngste, dessen Centralfasern die Kerne oder wenigstens das Chromatin verloren hatten. Von den Übergangsfasern schienen die meisten noch Kerne zu besitzen; diese sahen so aus, wie die der Centralfasern in früheren Stadien.

Auch den nun folgenden Embryo von 3,3 bis 3,4 cm Länge hatte ich in Sagittalschnitte zerlegt. Die Linse maß im Äquatorialdurchmesser 0,70 mm. Die Größenzunahme kam in erster Linie wieder auf Rechnung der Radiärlamellen. Der Ringwulst war kaum merk-

lich dicker geworden. Der Durchmesser der Centralfasermasse war ungefähr der gleiche wie bisher. In den Übergangsfasern begannen die Kerne zu schwinden. Die Zahl der Radiärlamellen betrug 119.

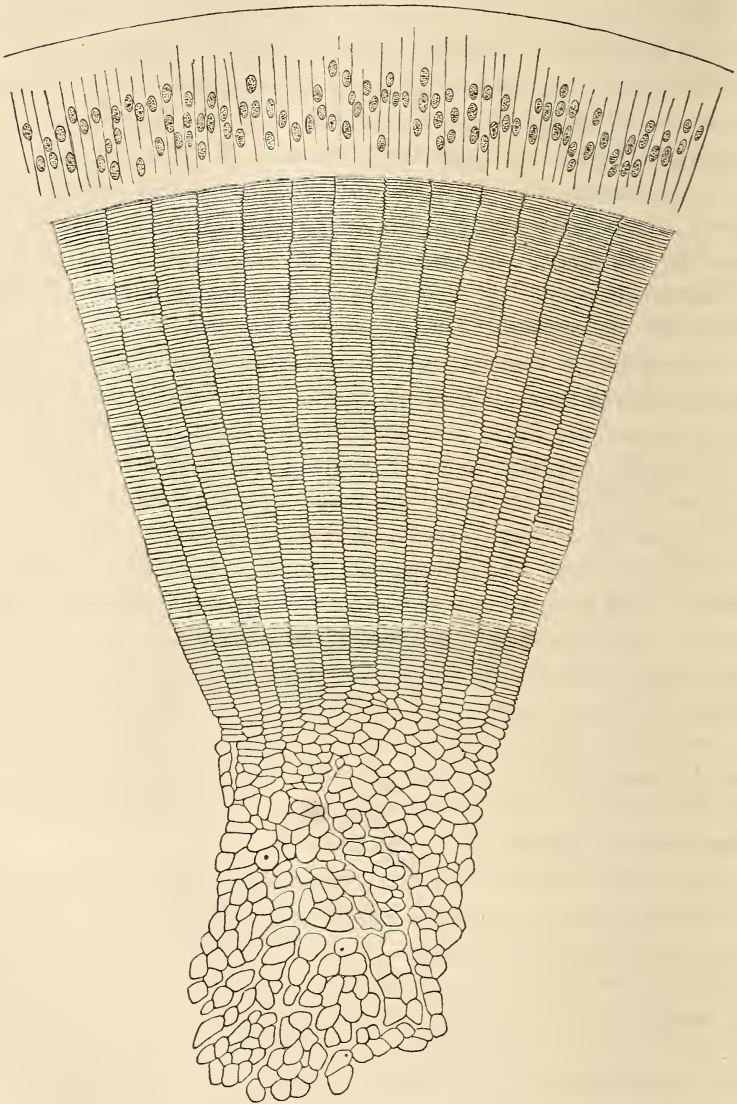
Der nächste Embryo hatte eine Länge von 3,6 cm; ich hatte den Kopf in Querschnitte zerlegt. Der Serie sind die Schnitte entnommen, nach denen die Figg. 9 und 10, Taf. XI gezeichnet sind. Der Äquatorialdurchmesser betrug 0,75 mm; die Achse 0,59 mm; der Ringwulst hatte eine größte Dicke von ungefähr 0,062 mm. Er hatte auch an Breite gewonnen, zeigte aber doch im Wesentlichen noch denselben Bau wie früher. Auch jetzt lassen seine Zellen eine deutliche polare Differenzirung erkennen. Aus der Figur ist zu ersehen, wie weit jetzt die Kernzone reicht; es sind nicht bloß die Centralfasern, sondern auch wohl die meisten Übergangsfasern frei von Kernen.

Nun folgt ein Embryo von 4,6 cm Länge, dessen Kopf in Sagittalschnitte zerlegt war. Die Linse hatte einen Äquatorialdurchmesser von 0,82 mm; die Dicke des Ringwulstes betrug ungefähr 0,07 mm. Die Centralfasermasse hatte denselben Durchmesser wie in allen früheren Stadien. Die Zahl der Radiärlamellen betrug 116. — Um die gegenseitigen Beziehungen von Centralfasermasse, Radiärlamellen und Ringwulst zur Anschauung zu bringen, habe ich in den Textfiguren 1 und 2 Sektoren aus solchen Äquatorialschnitten wiedergegeben. Der Schnitt der Fig. 1 (p. 264) trifft die Linse vor dem Äquator, also auch vor der Kernzone; der Schnitt der Fig. 2 geht ziemlich genau durch den Äquator und trifft daher auch die Kernzone; er ist, wie auf allen Sagittalschnitten durch den Kopf, nicht genau parallel dem Äquator durch die Linse geführt. Beide Bilder zeigen, einen wie wesentlichen und wichtigen Antheil die Radiärlamellen jetzt schon an dem Aufbau der Linse nehmen.

Das letzte Stadium, das ich untersuchte, betraf zwei Embryonen von 5,6 cm Länge; sie hatten schon ganz die Form und das Aussehen der entwickelten Thiere. Von dem Kopfe des einen der beiden hatte ich eine Sagittal-, von dem des andern eine Querschnittserie angefertigt. Der Querschnittserie ist der Schnitt entnommen, der auf Taf. XI, Fig. 11 abgebildet ist. Der Äquatorialdurchmesser der Linse betrug 0,86 mm, die Achse 0,69 mm; der Ringwulst hatte eine größte Dicke von 0,08 mm. Die Äquatorialschnitte zeigten, dass 121 Radiärlamellen vorhanden waren. Die Centralfasermasse war nicht größer, als bei allen jüngeren Embryonen.

Aus den mitgetheilten Thatsachen lässt sich ein ziemlich vollständiges Bild von der Linsenentwicklung der Eidechse gewinnen.

Wir dürfen sagen, dass von der Zeit an, zu der sich die Zellen an der Grenze des Linsenepithels zu meridionalen Reihen zu ordnen

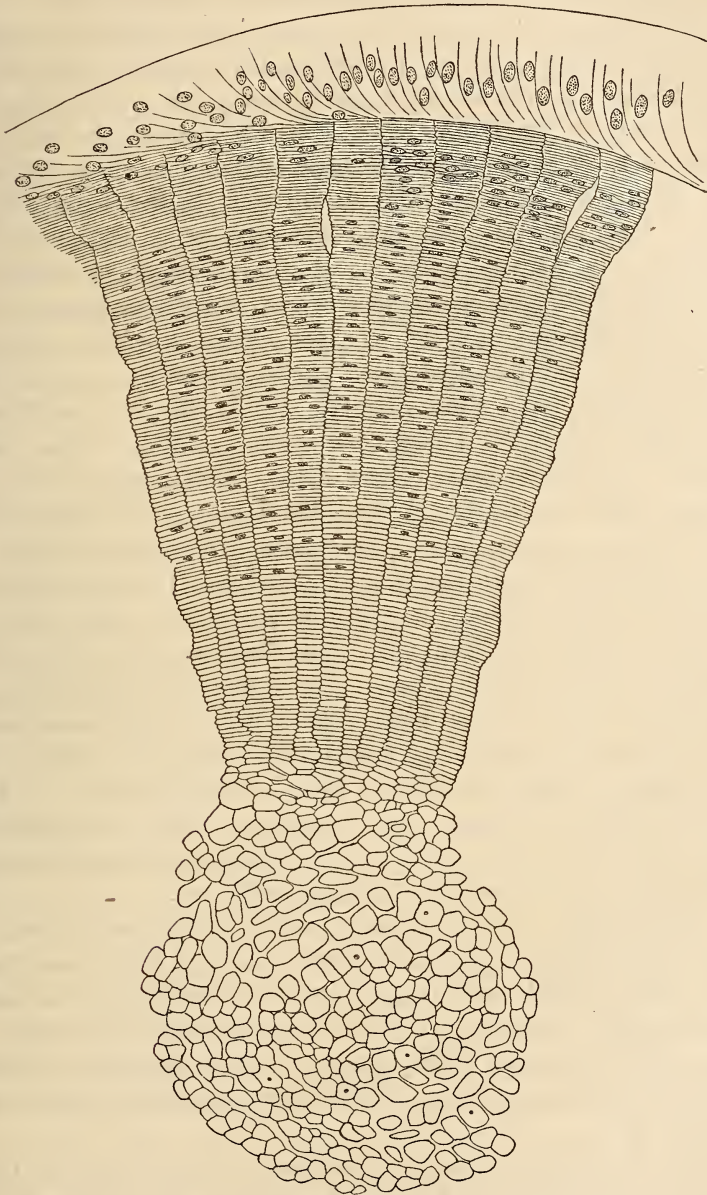


Textfig. 1.

Aus einem Äquatorialschnitte durch die Linse eines 4,6 cm langen Embryo von *Lacerta agilis*.

beginnen, die Centrifasermasse, welche den Kern der ganzen Linse bildet, nicht mehr an Umfang zunimmt. Sie hat bei allen Embryonen

von 2,0 bis 5,6 cm Länge ungefähr denselben Durchmesser. Das Wachstum der Linse erfolgt also von jener Zeit an ausschließlich



Textfig. 2.

durch Vergrößerung der Radiärlamellen. — Von besonderer Wichtigkeit

ist auch die Bildung des Ringwulstes aus dem Linsenepithel, sowie die Thatsache, dass die Zellen des Ringwulstes schon von den frühesten Stadien an eine polare Differenzirung erkennen lassen.

Die Bildung der Linse von *Lacerta viridis* stimmt, so weit ich aus meinen etwas dürftigen Beobachtungen schließen darf, in allen wesentlichen Punkten mit jener von *Lacerta agilis* überein. Bei einem Embryo mit 25 bis 26 Urwirbeln war die Linsengrube auf beiden Seiten noch offen; bei einem Embryo mit 28 Urwirbeln war sie auf einer Seite geschlossen, auf der andern noch offen; bei einem Embryo mit 33 Urwirbeln war das Linsenbläschen schon vollkommen vom Ektoderm abgelöst und stellte ein annähernd kugeliges Gebilde dar, dessen Wände überall gleich dick waren. Das Ektoderm war über dem Linsenbläschen verdickt. In dem Raum zwischen Linse und Augenblase, sowie zwischen Linse und Ektoderm lagen ziemlich viele Mesodermzellen. Bei einem Embryo mit 34 bis 35 Urwirbeln war die mediale Wand des Linsenbläschens schon etwas dicker als die laterale. — Weiter reichen leider meine Beobachtungen hier nicht. Dagegen habe ich noch zwei ältere Embryonen von *Lacerta vivipara* und einen von *Anguis fragilis* untersucht. Der jüngere Embryo der erstgenannten Art hatte eine Länge von 2 cm. Der Äquatorialdurchmesser der Linse betrug ungefähr 0,59 mm, die Dicke des Ringwulstes 0,04 mm, die Zahl der Radiärlamellen 105, also erheblich weniger als bei *Lacerta agilis*. — Der ältere der beiden Embryonen war 3,5 cm lang. Seine Linse hatte einen Äquatorialdurchmesser von 0,70 mm, die Dicke des Ringwulstes betrug 0,05 mm, die Zahl der Radiärlamellen, wie früher, 105. — Der Embryo von *Anguis fragilis* hatte eine Länge von 5,5—6,0 cm. Der Äquatorialdurchmesser der Linse betrug 0,59 mm, die Dicke des Ringwulstes ungefähr 0,036 mm, die Zahl der Radiärlamellen 90.

Vollständiger als in Beziehung auf die letztgenannten Arten sind meine Beobachtungen über die Entwicklung der Linse von *Tropidonotus natrix*, jedoch auch lange nicht so vollständig, wie hinsichtlich *Lacerta agilis*. Ich habe im Ganzen sieben Stadien untersucht, von denen sich die ersten sechs ziemlich eng an einander anschließen, während das letzte einem erheblich weiter entwickelten Embryo entnommen ist.

Bei dem jüngsten von mir untersuchten Embryo hatte die Linsenanlage das Aussehen der Fig. 12, Taf. XI, stand also ungefähr auf derselben Stufe wie in den Stadien der Fig. 2 oder 3 von *Lacerta agilis*. Ich halte auch bei der Ringelnatter das Epithel der Linsen-

grube für einschichtig; denn wenn auch eine nicht geringe Zahl von Kernen dem Lumen des Säckchens genähert liegt, so sind das doch wieder zum großen Theil solche Kerne, die eben aus einer Theilung hervorgegangen sind oder sich zu einer solchen anschicken. Weitaus die Mehrzahl der Kerne ist auch hier an der basalen Seite der Wand gelegen. — Bei einem etwas älteren Embryo war die Linse schon im Begriff, sich vom Ektoderm abzuschütren; auf der einen Seite war die Einstülpungsöffnung nur noch auf einem Schnitte zu sehen, auf der anderen war sie schon ganz geschlossen; aber auch hier bestand noch ein breiter Zusammenhang mit dem Ektoderm. — In dem folgenden Stadium war die Öffnung auf beiden Seiten vollständig geschlossen, das Linsenbläschen hing aber noch mit dem Ektoderm zusammen. Es erschien auf dem Querschnitte kreisrund, und seine mediale Wand war schon um eine Spur dicker als die laterale. — Das folgende Stadium habe ich in Fig. 13 abgebildet. Die Verbindung des Linsenbläschens mit dem Ektoderm hatte sich auf beiden Seiten vollständig gelöst. Die mediale Wand war ungefähr $2\frac{1}{2}$ mal so dick als die laterale; ihre Zellen hatten also begonnen zu Fasern auszuwachsen. Weitaus die Mehrzahl der Kerne stand an der basalen Seite. In beiden Wänden war die Menge der Theilungsfiguren eine überaus große. Unter ihnen gab es namentlich in der Linsenfaserwand nicht wenige, deren Achse senkrecht gegen die Oberfläche gerichtet war. Und doch bleibt die Wand bekanntlich auch später einschichtig. Es ist dies von einiger Wichtigkeit in allgemein entwicklungsgeschichtlicher Beziehung. Wie mir scheint, hat man nämlich bisher bei der Beurtheilung gewisser entwicklungsgeschichtlicher Vorgänge etwas allzu starken Nachdruck auf die Stellung der Theilungsachsen gelegt; ich kann mich selbst von diesem Fehler nicht frei sprechen. Freilich wissen wir nicht, in welcher Weise sich später die Tochterzellen, die aus solchen Theilungen hervorgehen, wieder in das einschichtige Epithel einordnen; indessen ist es möglich, dass die Theilungsebene nicht immer senkrecht auf der Theilungsachse steht. — Eine andere Erscheinung, die an einzelnen Schnitten durch das Linsenbläschen in diesem Stadium auffällt, besteht darin, dass zuweilen in der Höhle, und zwar besonders häufig mehr oder weniger dicht an der lateralen Wand, einzelne im Zerfall oder in Degeneration begriffene Zellkerne gelegen sind. In solchen degenerirenden Kernen ist das Chromatin zu sehr stark lichtbrechenden, rundlichen Körnern zusammengeballt, ganz ähnlich, wie ich es früher von Torpedo und vom Axolotl beschrieben

habe. Diese degenerirenden Kerne stammen wahrscheinlich von Tochterknäueln oder jungen Tochterkernen ab, die bei der Theilung dem Lumen etwas zu nahe gekommen sind. Einmal habe ich auch in der That einen Tochterknäuel im Begriff getroffen, aus der Wand des Bläschens ins Lumen zu treten. Ich glaube nicht, dass dieser Austritt der Kerne erst in Folge der Fixirung geschieht, denn sonst könnte man an ihnen nicht alle möglichen Stufen der Degeneration bis zum völligen Schwunde der chromatischen Substanz finden. Bei dieser Gelegenheit möchte ich auf die gewiss allen Embryologen bekannte Thatsache hinweisen, dass man auch im Lumen des Hirn- und Rückenmarksrohres gar nicht selten junge oder in Degeneration begriffene Zellkerne findet. Irgend eine tiefere Bedeutung kann ich aber dieser Erscheinung trotz ihrer weiten Verbreitung nicht zuschreiben.

Bei einem etwas älteren Embryo einer Ringelnatter stand die Linse ungefähr in dem Stadium, das ich in Fig. 6 von der Eidechse abgebildet habe. Vielleicht war die Entwicklung der Linsenfasern sogar noch etwas weiter gediehen. Das Epithel zeigte in so fern eine Eigenthümlichkeit, als seine Dicke am Äquator und darüber hinaus bis zum Übergang in die Linsenfasern kontinuierlich anstieg. Eine Andeutung dieses Verhaltens war übrigens schon in dem in Fig. 13 abgebildeten Fall zu sehen. Später tritt diese Erscheinung noch etwas deutlicher hervor, und man könnte sich daher vielleicht versucht fühlen, in ihr eine Andeutung einer Ringwulstbildung zu erblicken. Indessen halte ich eine solche Auffassung nicht für richtig; denn bei einem typischen Ringwulst nimmt die Dicke des Epithels nach hinten zu wieder ab; hier aber steigt sie kontinuierlich an. Auch begegnet man einer ähnlichen Dickenzunahme bei Linsen, die es nie zur Ausbildung eines Ringwulstes bringen. Übrigens ist dieser Zustand von ganz kurzer Dauer. Bei dem letzten, von mir untersuchten Ringelnatterembryo, dessen Linse in Fig. 14 bei schwacher Vergrößerung wiedergegeben ist, war sie vollständig geschwunden und das Epithel an der ganzen Vorderfläche bis zum Äquator von der gleichen Dicke; am Äquator ging es, ohne dass es zuerst zur Bildung eines Ringwulstes gekommen wäre, direkt in die Linsenfasern über. Der Embryo dürfte in Beziehung auf seine allgemeine Organisation ungefähr auf derselben Höhe gestanden haben, wie der Eidechsenembryo, dessen Linse in Fig. 9 abgebildet ist. Der Unterschied dieser beiden Linsen springt sofort in die Augen; er betrifft nicht bloß den feineren Bau, indem bei der Schlange auch nicht die

leiseste Spur eines Ringwulstes zu sehen ist, sondern auch die äußere Form, indem die Linse der Schlange nahezu kugelig, die der Eidechse vorn sehr stark abgeplattet ist, sowie denn überhaupt hier der Unterschied zwischen Äquatorialdurchmesser und Achse ein sehr auffallender ist. — An der Grenze des Epithels haben sich die Zellen schon zu meridionalen Reihen geordnet, wie aus dem Anschnitt der Linse, der in Fig. 15 abgebildet ist, hervorgeht. Es muss also auch schon zur Bildung von Radiärlamellen gekommen sein; indessen ist davon begreiflicherweise auf einem Meridionalschnitt nichts zu sehen.

Über die Entwicklung der Reptilienlinse liegt in der Litteratur verhältnismäßig wenig vor. KESSLER¹ hat einige Stadien von *Lacerta* — die Art ist nicht genannt — und eines von *Vipera berus* untersucht. Die Wand des Linsenbläschens soll Anfangs, wie dies KESSLER auch für das Huhn angiebt, mehrschichtig sein. Die Umbildung dieses mehrschichtigen Epithels in ein einschichtiges soll an der äußeren Wand des Bläschens in derselben Weise erfolgen, wie beim Huhn. Ich werde darüber im nächsten Kapitel referiren. Dagegen sollen »die Entwicklungsvorgänge in der proximalen Wand der Linsenblase einen etwas abweichenden Verlauf« nehmen. Es sollen nämlich die Zellen, nachdem sie bereits spindelförmig ausgewachsen sind, noch in drei bis vier Schichten über einander liegen, während sich beim Huhn zu dieser Zeit schon eine Kernzone herzustellen begonnen hat. Die Umbildung der Zellen zu Fasern soll auch »nicht gleichzeitig und gleichmäßig, wie beim Hühnchen« erfolgen, sondern in der Weise, dass zunächst nur die peripherischen, in der Nähe des Äquators liegenden Zellen zu Fasern auswachsen, während die centralen »zum Theil spindelförmig, zum Theil unregelmäßig geformt und gebläht erscheinen«. »Man könnte versucht sein,« fährt KESSLER fort, »letzteres als Wirkung mangelhafter Härtung anzusehen; dagegen spricht aber nicht nur das übrige Aussehen der Präparate, welche entschieden als gelungen gehärtet bezeichnet werden dürfen, sondern auch der Umstand, dass bei den eben so behandelten entsprechenden Stadien vom Hühnchen und den anderen Thieren solche gebläht aussehende Formen sich nicht vorfinden, sowie der andere, dass dieselben bei älteren Stadien von der Eidechse, in denen doch das gehörige Durchdringen der Erhärtungsflüssigkeit wahrscheinlich noch schwieriger ist, gleichfalls fehlen.« Aus diesen Angaben schließe

¹ LEONHARD KESSLER, Zur Entwicklung des Auges der Wirbelthiere. Leipzig 1877.

ich, dass KESSLER schon nahe daran war, den Unterschied zwischen centralen und zu radiären Lamellen geordneten Fasern zu erkennen. Dieser Unterschied ist ja, wie aus meinen Fig. 7 und 9, Taf. XI, hervorgeht, bis zu einem gewissen Grade auch an Meridionalschnitten erkennbar. Entschieden unrichtig aber ist es, wenn KESSLER sagt: »Die Faserbildung schreitet nur sehr langsam centralwärts vor; auch bei schon recht alten Embryonen findet man immer noch eine Anzahl nicht umgebildeter Elemente; um diese centrale Masse liegen die Fasern, nach der Peripherie hin stetig an Länge zunehmend . . . in äußerst regelmäßiger concentrischer Anordnung; jede Faser reicht mit ihrem distalen sowohl als mit ihrem proximalen Ende bis an die Linsenachse« etc. KESSLER musste also annehmen, dass sich die Fasern zunächst an der Peripherie bilden, dann im Centrum, später aber wieder an der Peripherie.

KORÁNYI¹ hat die Linsenbildung der Eidechse an drei Embryonen untersucht. Der jüngste, von 2,6 mm Länge, zeigte eine Linsengrube, deren Wand aus cylindrischen Zellen bestand, »die in mehreren Reihen zu liegen kamen«. Bei dem zweiten Embryo, von 3,5 mm Länge, war die Linsenanlage noch nicht ganz abgeschnürt; auch von ihr giebt KORÁNYI an, dass die Wand der Blase aus »mehreren Reihen cylindrischer Zellen« bestand. Bei dem dritten Embryo von 4 mm Länge war die Linse vom Ektoderm ganz abgeschnürt.

Auch C. K. HOFFMANN² giebt an, dass die Wand des Linsenbläschens bei *Lacerta* Anfangs aus zwei bis drei Schichten besteht. Das Epithel soll später einschichtig werden, mit Ausnahme des Ringwulstes, an dem es auch später noch mehrschichtig bleiben soll. Von den Zelltheilungsfiguren der jungen Linse bemerkt HOFFMANN ganz richtig, dass sie »durchaus ventricular« gelegen sind und Anfangs sowohl in der medialen, als in der lateralen Wand vorkommen. Später aber hat sie auch HOFFMANN nur in der lateralen Wand gefunden. »Sobald nämlich die Zellen der hinteren Lage (d. h. der medialen Wand) sich je in Fasern von axialer Richtung zu verlängern anfangen, hören in dieser Schicht die Mitosen auf, und Hand in Hand damit verkleinert sich auch allmählich der ursprünglich ziemlich große Linsenhohlraum.« Die Abbildungen, die HOFFMANN seiner

¹ A. KORÁNYI, Beiträge zur Entwicklung der Krystalllinse bei den Wirbelthieren. Intern. Monatsschr. f. Anat. u. Histol. Bd. III. 1856.

² C. K. HOFFMANN, BRONN's Klassen und Ordnungen des Thierreichs. Bd. VI. III. Abth. 1890.

Beschreibung beigiebt, sind leider so schematisch, dass man ihnen keine Beweiskraft zuerkennen kann.

Nach dem Gesagten stimmen alle bisherigen Untersucher darin überein, dass die Wand des Linsenbläschens der Reptilien Anfangs aus mehreren Schichten von Zellen besteht, während ich die Auffassung vertrete, dass sie von allem Anfang an einschichtig ist. Nun ist es, wie ich gern zugebe, oft recht schwer mit Sicherheit zu sagen, ob ein Epithel einschichtig oder mehrschichtig ist. Wenn ich das Epithel des Linsenbläschens der Eidechse und der Ringelnatter für einschichtig halte, so stütze ich mich, wie ich hier nochmals kurz zusammenfassen will, auf folgende Gründe: erstens liegen weitaus die meisten Kerne an der basalen Seite der Wand des Bläschens; zweitens sind die Kerne, welche nicht diese Lage haben, der großen Mehrzahl nach solche, die entweder Spuren einer beginnenden oder einer eben abgelaufenen Theilung zeigen, oder die in voller Theilung begriffen sind; drittens — und dies hängt mit dem zweiten Argumente zusammen — liegen in einschichtigen Epithelien die Kerne, wenn sie sich theilen, stets an der freien Seite des Epithels. Dies ist so konstant, dass es geradezu ein Mittel an die Hand giebt, in zweifelhaften Fällen die Frage, ob ein Epithel einschichtig oder mehrschichtig sei, mit Sicherheit zu entscheiden. Nun sind auch im Linsenbläschen der Reptilien die Theilungsfiguren nie an der basalen, sondern stets mehr oder weniger weit an der freien Seite gelegen. — Diese Argumente wurden von keinem der bisherigen Untersucher beachtet und daher sind alle, wie ich glaube, in denselben Fehler verfallen.

B. Bau. Die Linse der Reptilien zeigt eine außerordentliche Mannigfaltigkeit der Form, eine Mannigfaltigkeit, wie sie in ähnlicher Weise nur bei den Vögeln wiederkehrt. Ich gebe zunächst eine Übersicht der untersuchten Arten:

1. Ordnung: Crocodylia, Krokodile.

Alligatoridae Alligator mississippiensis.

2. Ordnung: Chelonia, Schildkröten.

Emydæ Emys europæa, Teichschildkröte.

Chersidae Testudo graeca, griech. Schildkröte.

3. Ordnung: Saurii, Echsen.

Rhynchocephalia Hatteria punctata.

- Ascalabotae, Geckonen . *Platydactylus mauritanicus*.
- Lacertidae, Eidechsen . {
 Lacerta viridis, Smaragdeidechse.
 Lacerta faraglioneensis, Faraglione-Eidechse.
 Lacerta agilis, Zauneidechse.
 Lacerta muralis, Mauereidechse.
- Chamaeleonidae, Chamäleons {
 Chamaeleo vulgaris.
- Scincoideae, Sandeichsen {
 Gongylus ocellatus, Walzeneidechse.
 Anguis fragilis, Blindschleiche.
- Ptychopleurae, Seitenfalter {
 Pseudopus Pallasii, Scheltopusik.

4. Ordnung: Ophidia, Schlangen.

- Pythonidae, Riesenschl. {
 Eryx jaculus, Rollschlange.
 Python molurus, Tigerschlange.
- Colubridae, Nattern. . . {
 Tropidonotus natrix, Ringelnatter.
 Trop. natrix var. *sparsus*.
 Elaphis quateradiatus, Streifennatter.
 Zamenis viridiflavus, Zornnatter.
- Viperidae, Ottern *Vipera aspis*.

Alle untersuchten Thiere waren erwachsen oder nahezu erwachsen, mit Ausnahme des Alligators, von dem ich zwei junge, 25,3 cm lange Exemplare untersuchte, sowie einiger junger griechischer Schildkröten von 9 bis 10 cm Länge. Von letzterer Art habe ich aber auch ein erwachsenes, 16,5 cm langes Exemplar untersucht.

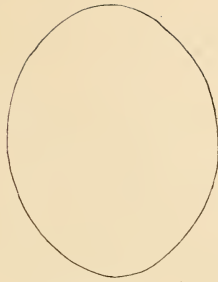
Die Linsen wurden fast durchwegs so konservirt, dass der rein präparirte Bulbus zunächst auf eine halbe Stunde in die Fixirungsflüssigkeit (Platinchlorid-Sublimat oder Pikrinsäure-Sublimat) gelegt, dann im Äquator durchschnitten, und nun die vordere Bulbushälfte allein noch ungefähr 24 Stunden in der betreffenden Flüssigkeit gelassen wurde. Nur von *Eryx jaculus* wurden die Bulbi gleich in toto fixirt. — Die Linsen von *Hatteria*, *Python* und *Elaphis* stammten von alten Spiritusexemplaren.

Die im Folgenden mitgetheilten Skizzen sind alle bei der gleichen Vergrößerung gezeichnet; sie sind sämtlich so orientirt, dass die äußere Fläche nach links, die innere nach rechts gewendet ist.

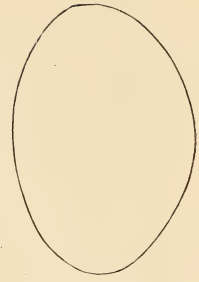
Die Linsen der beiden jungen Alligatoren (Fig. 3) fielen zunächst durch ihre Größe auf; ihre äußere Fläche war viel weniger gewölbt, als ihre innere, und der Krümmungsradius der ersteren mehr als ein



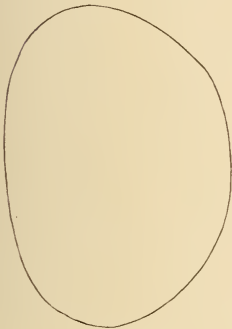
Textfig. 3.
Alligator mississippiensis.



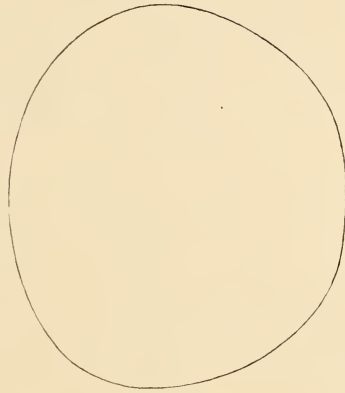
Textfig. 4.
Teichschildkröte (*Emys europaea*).



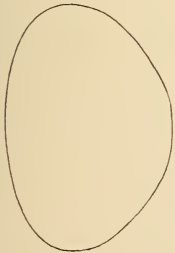
Textfig. 5.
Griechische Schildkröte
(*Testudo graeca*).



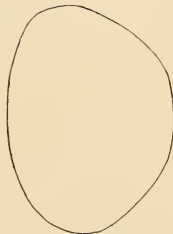
Textfig. 7.
Smaragdeidechse (*Lacerta viridis*).



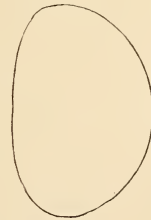
Textfig. 6.
Gecko (*Platydactylus mauritan.*)



Textfig. 8.
Faraglione-Eidechse (*Lacerta faragl.*).

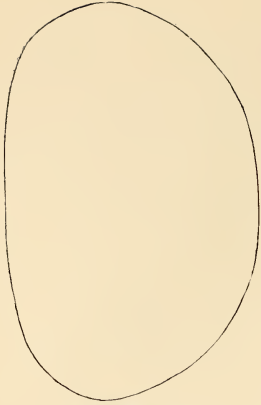


Textfig. 9.
Zauneidechse (*Lacerta agilis*).

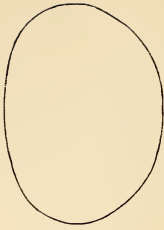


Textfig. 10.
Mauereidechse (*Lacerta muralis*).

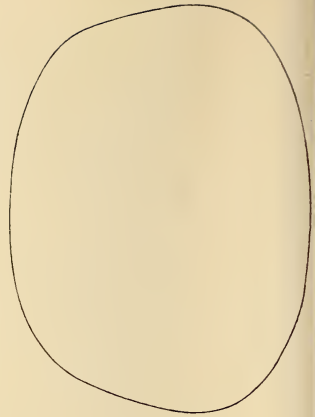
Alle Figuren bei gleicher Vergrößerung.



Textfig. 11.
Scheltopusik (*Pseudopus Pallasii*).



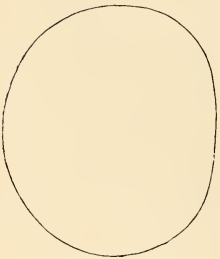
Textfig. 12.
Walzeneidechse (*Gongylus ocellat.*).



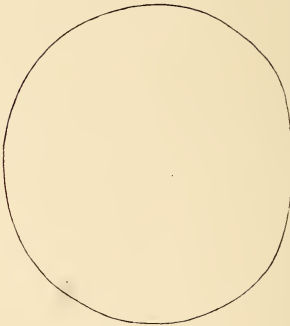
Textfig. 14.
Chamäleon (*Chamaeleo vulgaris*).



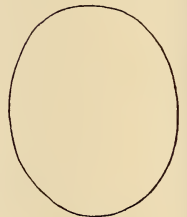
Textfig. 13.
Blindschleiche (*Anguis fragilis*).



Textfig. 15.
Ringelnatter (*Tropidonotus natrix*).



Textfig. 16.
Zornnatter (*Zamenis viridiflav.*).



Textfig. 17.
Viper (*Vipera aspis*).

Alle Figuren bei der gleichen Vergrößerung.

Drittel länger, als der der letzteren. Der Äquator war abgerundet, aber immerhin leidlich gut markirt.

Bei Emys (Fig. 4) besitzen beide Flächen der Linse ungefähr den gleichen Krümmungsradius; jedenfalls ist die Differenz, wenn eine solche besteht, keine große. Bei Testudo (Fig. 5) ist die äußere Fläche viel flacher als die innere, und die ganze Linse viel weniger dick, als bei Emys. Der Äquator tritt bei beiden Arten deutlich hervor.

Die Linse des Gecko (Fig. 6) zeigt eine gewisse Ähnlichkeit mit der des Alligators, nur ist sie mehr kugelig und der Äquator in Folge dessen weniger scharf markirt. Immerhin ist auch hier der Wölbungsunterschied der beiden Flächen deutlich erkennbar.

Die Linsen der vier untersuchten Eidechsenarten (Fig. 7 bis 10) tragen die Familienähnlichkeit ihrer Träger deutlich zur Schau; sie bilden eine gegen die bisher betrachteten Formen gut begrenzte Gruppe. Überall ist der Unterschied zwischen äußerer und innerer Fläche sehr groß; der Äquator bildet stets einen breiten, mehr oder weniger abgerundeten Wulst. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Arten sind gering; so ist z. B. die Linse von *Lacerta viridis* (Fig. 7) und in geringerem Grade auch die von *Lacerta muralis* (Fig. 10) in der Mitte der Vorderfläche etwas flacher, als bei *Lacerta agilis* (Fig. 9), und *faraglionensis* (Fig. 8).

Die Linsen des Scheltopusiks (Fig. 11), der Walzeneidechse (Fig. 12) und der Blindschleiche (Fig. 13) zeigen mehr oder weniger stark den Eidechsencharakter. Beim Scheltopusik und der Blindschleiche ist die Linse außen nahezu plan und der Wulst, den der Äquator hervorwölbt, ist bei keiner Eidechse so mächtig entwickelt, als beim Scheltopusik.

Ganz eigenartig ist die Linse des Chamäleons (Fig. 14) geformt; ihre äußere Fläche ist weniger ausgedehnt, als ihre innere und der Wulst, welcher beide am Äquator mit einander verbindet, fällt nach hinten steiler ab als nach vorn; in dieser Hinsicht verhält sich also die Linse des Chamäleons genau entgegengesetzt der der Eidechsen und Verwandten. Während daher bei diesen die Äquatorialebene vor das Centrum der Linse fällt, fällt sie beim Chamäleon hinter dasselbe.

Eine Sonderstellung unter den Linsen der Reptilien nehmen diejenigen der Schlangen ein. Sie scheiden sich selbst wieder in zwei Gruppen. Die eine wird von den Linsen des kleinäugigen *Eryx jaculus* repräsentirt und charakterisirt sich dadurch, dass beide Flächen der Linse ziemlich gleichmäßig abgeflacht sind, die andere umfasst die Linsen der Nattern und Vipern und charakterisirt sich durch die

starke Vorwölbung der Vorderfläche. Diese ist bei *Tropidonotus natrix* (Fig. 15) und *Zamenis viridiflavus* (Fig. 16) geradezu kugelig, während die Hinterfläche fast plan erscheint; bei *Vipera aspis* dagegen (Fig. 17) sind beide Flächen ungefähr gleich stark gewölbt. Alle Schlangenslinsen haben mit einander gemein, dass der Äquator in keiner Weise markirt ist. Dadurch unterscheiden sie sich schon äußerlich von den Linsen aller anderen Reptilien.

Im Folgenden sind die Maße einiger Linsen und die aus denselben berechneten Indices zusammengestellt:

	Äquatorialdurchm. in mm	Achse in mm	Index
<i>Alligator mississippiensis</i>	4,43	3,52	1,25
<i>Emys europaea</i>	2,45	1,90	1,28
<i>Testudo graeca</i>	2,54	1,51	1,64
<i>Platydactylus mauritanicus</i>	3,47	3,09	1,12
<i>Lacerta viridis</i>	2,92	2,06	1,41
» <i>faraglionensis</i>	2,25	1,53	1,47
» <i>agilis</i>	2,09	1,51	1,38
» <i>muralis</i>	1,94	1,28	1,51
<i>Pseudopus Pallasii</i>	3,60	2,30	1,56
<i>Gongylus ocellatus</i>	1,98	1,43	1,38
<i>Anguis fragilis</i>	1,38	0,93	1,48
<i>Chamaeleo vulgaris</i>	3,68	2,72	1,35
<i>Tropidonotus natrix</i>	2,27	1,94	1,17
<i>Zamenis viridiflavus</i>	2,87	2,60	1,10
<i>Vipera aspis</i>	1,92	1,53	1,25

Der Index ist also bei den Schlangen am kleinsten, bei den Sauriern mit Ausnahme des Gecko am größten.

Die mitgetheilten Zahlen sind keine Mittelwerthe, sondern beziehen sich immer nur auf je eine Linse der betreffenden Art.

Was die relative Größe der Linse, d. h. ihre Größe im Verhältnis zur Größe des ganzen Körpers, betrifft, so scheinen keine ganz fixen Beziehungen zu bestehen. Allerdings trifft man gewöhnlich innerhalb einer eng begrenzten Gruppe, etwa einer Familie, bei den größten Arten die größten, bei den kleinsten die kleinsten Linsen; so besitzt beispielsweise unter den Eidechsen die größte Form, *Lacerta viridis*, die größten, die kleinste, *Lacerta muralis*, die kleinsten Linsen. Ähnliches gilt von den Nattern; die Zornnatter (*Zamenis viridiflavus*) besitzt viel größere Linsen, als die viel kleinere Ringelnatter. Aber

es bestehen auch sehr auffallende Ausnahmen von dieser Regel; so besitzt unter den Scincoiden die Blindschleiche viel kleinere Linsen, als der erheblich kleinere Gongylus, und eben so ist es seit Langem bekannt, dass manche Schlangen, wie z. B. *Eryx jaculus*, durch auffallend kleine Augen und Linsen ausgezeichnet sind.

Sehr merkwürdig ist die außerordentliche Größe der Linsen des kleinen Gecko. Ein *Platydactylus mauritanicus* hat etwa die Größe einer mittelgroßen *Lacerta agilis* und doch haben seine Linsen ein Volum, das das der Linsen dieser Eidechse sicher um mehr als das Sechsfache übertrifft. Es müssen also wohl noch ganz besondere Momente für die Größe der Linse maßgebend sein. Ich werde auf diesen Gegenstand später wieder zurückkommen.

Es wäre auch von Interesse, auf das Verhältnis zwischen Größe der Linse und Größe des ganzen Auges und weiterhin auf das Verhältnis zwischen Größe des Auges und Größe des ganzen Körpers zu achten. Leider habe ich aber versäumt, darüber etwas Genaueres zu notiren.

Die Linse des Alligators besitzt hinten eine ziemlich lange horizontale, vorn eine ungefähr eben so lange vertikale Naht. Die Linsen von *Emys* und *Testudo* besitzen keine Naht. Beim Gecko ist allem Anscheine nach auch keine Naht vorhanden; wenn eine solche vorhanden sein sollte, so kann sie jedenfalls nur sehr kurz sein. Bei allen anderen, von mir untersuchten Sauriern fehlen die Nähte bestimmt. Die Linsenfasern treten also, wie bei allen Formen ohne Nähte, sich allmählich verschmälernd, vorn und hinten direkt an die Linsenachse heran. Bei den Schlangen sind vorn und hinten kurze Linsennähte vorhanden; wie überall, steht die vordere Naht senkrecht auf der hinteren. — Wie bei den Selachiern und Amphibien sieht man auch bei den Reptilien dort, wo Linsennähte vorkommen, von ihnen regelmäßig gestellte Strahlen auslaufen, die auch hier nichts Anderes als Spalten vorstellen, die bei der Konservierung entstanden sind und mehr oder weniger tief zwischen die Radiärlamellen der Linse eindringen.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen über Form, Größe und Aussehen der Linse wende ich mich wieder zur Beschreibung ihres feineren Baues. Da aber dieser in den einzelnen Ordnungen der Reptilien, namentlich was das Verhalten des Epithels betrifft, ungemein große und tiefgreifende Verschiedenheiten aufweist, so geht es nicht gut an, eine einheitliche Beschreibung zu geben und ich werde daher die einzelnen Gruppen getrennt besprechen.

Ich beginne mit der Beschreibung des Linsenepithels des Alligators. Von abgelösten Epithelfetzen der Alligatorlinse erhält man Bilder, welche in hohem Grade an die früher beschriebenen Bilder der Froschlinse erinnern. Ich habe es daher unterlassen, eine Abbildung davon zu geben. Das Epithel ist wieder in der Mitte der Vorderfläche am dünnsten, die Zellareale am größten und die Kerne sind demnach hier am weitesten von einander entfernt. Gegen den Äquator wird das Epithel dicker, die Zellen nehmen allmählich Cylinderform an und setzen schließlich eine Bildung zusammen, ähnlich jener, welcher wir am Äquator der Batrachierlinse begegnet sind. Nur sind die Zellen beim Alligator sehr viel höher; während sie z. B. bei *Rana esculenta*, wo sie unter allen Batrachiern am höchsten sind, nur eine Höhe von 0,025 mm besitzen, messen sie beim Alligator 0,06 mm. — Es ist dies der Anfang eines Ringwulstes, wie wir ihn später in viel vollkommenerer Form bei den Sauriern antreffen werden.

Beim Frosch und der Kröte waren die Kerne der Cylinderzellen tief unten an der Linsenfaserseite der Zellen, die wir bekanntlich im Hinblick auf die Entwicklung der Linse als freie bezeichnen müssen, gelegen. Beim Alligator sind sie etwas von dieser Seite abgedrängt, aber immerhin liegen sie ihr noch näher, als der basalen. Sie sind ungemein dicht gestellt, finden daher nicht alle in gleicher Höhe Platz und enthalten ein sehr feinmaschiges Chromatingerüst. Die Zellgrenzen sind auf Meridionalschnitten überaus scharf und man erkennt leicht, dass die Zellen so gebogen sind, dass sie ihre Konkavität nach hinten kehren. Gegen die Epithelgrenze nehmen sie eine schiefe Stellung an und gehen schließlich in die Linsenfaser über. An einigen Epithelfetzen konnte ich mich überzeugen, dass sich die Zellen hier ganz ähnlich, wie bei den Selachiern und Amphibien zu meridionalen Reihen zusammenordnen; jedoch bin ich nicht im Stande zu sagen, wie viele Zellen hier zu einer solchen Reihe zusammentreten. Die Epithelgrenze liegt beim Alligator dicht hinter dem Äquator.

Ganz ähnlich wie beim Alligator verhält sich das Epithel auch bei den Schildkröten; nur ist es an der ganzen Vorderfläche erheblich höher. Bei *Emys europaea* beträgt seine Höhe in der Nähe des vorderen Poles 0,01 mm, am Ringwulst 0,04 mm; die Differenz ist also geringer als bei den anuren Amphibien. Nichtsdestoweniger ist der Ringwulst erheblich besser entwickelt als die damit vergleichbare Bildung der Amphibien. Die Kerne der Zellen liegen stets in der

Nähe der Linsenfaserseite derselben; sie enthalten ein zartes Gerüst, dessen Balken am Ringwulst der Mehrzahl nach quer verlaufen, so dass die Kerne dadurch mehr oder weniger quergestreift erscheinen. — Einen Schnitt durch den Ringwulst und die Kernzone von *Emys* habe ich auf Taf. XII, Fig. 3 bei schwacher Vergrößerung abgebildet; einzelne Zellen des Ringwulstes sind in Fig. 8 bei starker Vergrößerung zu sehen. Auch bei *Emys* sind, wie beim Alligator, die Zellen so gebogen, dass sie ihre Konkavität nach hinten kehren. Die Epithelgrenze liegt hier genau am Äquator.

Testudo graeca zeigt ganz ähnliche Verhältnisse. Bei einem jungen, 9 oder 10 cm langen Exemplar betrug die Dicke des Epithels in der Mitte der Vorderfläche 0,01 mm, am Ringwulst 0,07 mm; bei einem erwachsenen, 16,5 cm langen Exemplar dort 0,007, hier 0,11 mm. Es hatte also die Dicke am vorderen Pol abgenommen, am Ringwulst zugenommen. Die Zellen des Ringwulstes waren bei dem erwachsenen Exemplar gerade gestreckt; nur in seiner vorderen Hälfte zeigten sie eine leichte Biegung mit nach hinten gerichteter Konvexität. Lage und Aussehen der Kerne waren die gleichen, wie bei *Emys*. Dagegen lagen bei dem jungen Exemplar die Kerne der Mehrzahl nach etwa in halber Höhe der Zellen.

An einer Äquatorialschnittserie durch eine Linse von *Emys*, welche sammt dem Ciliarkörper geschnitten war, konnte ich ein eigenthümliches Verhalten des Ringwulstes beobachten, das mir von einiger Wichtigkeit zu sein scheint. Jedem Ciliarfortsatz entsprechend fand sich nämlich an der Oberfläche des Ringwulstes ein seichter, aber ganz deutlicher Eindruck und die Zellen des Ringwulstes waren so gestellt, dass sie mit ihren unteren Enden gegen die Zwischenräume zwischen den einzelnen Ciliarfortsätzen konvergirten.

Die Linsen von *Hatteria*, welche ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, stammten von einem alten Spiritusexemplar und waren sehr schlecht erhalten. Ich kann daher über sie nur sehr wenig berichten. Das Epithel war bis auf unförmliche Reste vollkommen zerstört; aber ich glaube doch, aus diesen Resten den Schluss ziehen zu dürfen, dass auch bei *Hatteria* ein Ringwulst vorhanden ist.

Der Gecko schließt sich in dem Verhalten des Linsenepithels viel inniger an die Krokodile und Schildkröten, als an die höher stehenden Saurier an. Das Epithel ist in der Mitte der Vorderfläche ungemein dünn, kaum 0,005 mm dick, wird dann gegen die Peripherie ganz allmählich höher und erreicht am Ringwulst eine Höhe von 0,062 mm. Es ist also hier mehr als zwölfmal so hoch als am

vorderen Linsenpol. Einige Zellen des Ringwulstes sind auf Taf. XII, Fig. 7 bei starker Vergrößerung wiedergegeben. Mit der Höhe der Zellen nimmt ihre Breite allmählich ab; die Zellareale werden also vom vorderen Linsenpol gegen den Ringwulst kleiner. Die Kerne, die in meinen Präparaten, vielleicht in Folge der nicht sehr gelungenen Konservierung, gelappt erscheinen, liegen in allen Zellen, mit Ausnahme der ganz flachen, ziemlich dicht an der Linsenseite; nur ab und zu macht ein Kern davon eine Ausnahme. Die Zellen des Ringwulstes sind, wenigstens zum Theil, mäßig nach hinten gebogen, kehren also ihre Konkavität nach vorn. An der hinteren Grenze des Ringwulstes stellen sie sich schief. Die Epithelgrenze entspricht ziemlich genau dem Äquator. Wie ich an einem Tangentialschnitt sehe, ordnen sich hier die Zellen zu meridionalen Reihen. Ich bin aber nicht im Stande, darüber etwas Genaueres mitzutheilen.

Alle anderen Saurier zeichnen sich durch einen mächtigen Ringwulst aus; aber die einzelnen Familien und Arten zeigen hierin nicht unerhebliche Verschiedenheiten. Was zunächst die Eidechsen betrifft, so bietet das Epithel bei den vier untersuchten Arten folgende Eigenthümlichkeiten. Wie bei allen bisher untersuchten Formen ist es in der Mitte der Vorderfläche, nahe dem vorderen Linsenpol, am dünnsten; die Zellen sind hier so flach, dass ihre Dicke kaum mit Sicherheit zu messen ist. Ich schätze sie auf 0,0008 bis 0,001 mm. Die Dickenzunahme erfolgt, wenn auch allmählich, so doch sehr rasch, so dass die Höhe der Zellen z. B. bei einer *Lacerta viridis* in einer Entfernung von etwa 0,5 mm vom Pol bereits 0,015 mm und noch etwas weiter außen schon 0,03 mm beträgt. Bei mäßig weiter Pupille, also ungefähr von einem Durchmesser von 1,25 mm, ist dieses Epithel noch unbedeckt. — Nun wachsen die Zellen sehr rasch in die Höhe und bauen dadurch allmählich den Ringwulst auf. Dieser erreicht bei allen Arten etwas vor dem Äquator seine größte Höhe; er ist also der Linse nicht direkt von außen her aufgesetzt, sondern von außen und vorn. Nachdem der Ringwulst seine größte Dicke erreicht hat, nehmen die Zellen wieder an Höhe ab und diese Abnahme schreitet kontinuierlich bis zur Epithelgrenze fort. Wie mir scheint, erfolgt die Abnahme etwas rascher, als die Zunahme; groß ist aber der Unterschied nicht. Alle geschilderten Eigenthümlichkeiten sind an Fig. 2, Taf. XII, welche den Ringwulst von *Lacerta viridis* bei schwacher Vergrößerung zeigt, gut sichtbar. Ein Vergleich mit Fig. 3, welche den Ringwulst der Teichschildkröte bei derselben

Vergrößerung zeigt, lehrt die große Verschiedenheit zwischen beiden kennen.

Bevor ich aber auf die Beschreibung des feineren Baues des Ringwulstes eingehe, will ich noch das Verhalten der Zellen an der Epithelgrenze besprechen. Es gelingt ziemlich leicht, sich gute Präparate von der Epithelgrenze zu verschaffen. Man braucht bloß eine gehärtete und gefärbte Linse aus Alkohol auf kurze Zeit in Wasser zu legen, um den Ringwulst mit einer Nadel oder feinen Pincette von den Linsenfasern abheben zu können. Ist das Präparat gut gelungen, so grenzt es sich nach hinten mit einer scharfen, geraden Linie ab. Ich habe solche Präparate von *Lacerta viridis* und *muralis* angefertigt und von beiden die gleichen Bilder erhalten; ein Präparat von der erstgenannten Art ist der Fig. 1, Taf. XII zu Grunde gelegt. Nach links zu sind die Zellen noch unregelmäßig polygonal, wobei ganz besonders häufig dreieckige Formen vorkommen. Dann aber, in der Mitte des Bildes, ordnen sie sich rasch zu meridionalen Reihen, indem sie zugleich sehr breit und flach werden. Ihr Dicken-durchmesser oder, richtiger, der Durchmesser in der Richtung des Meridians beträgt kaum den fünften Theil des Durchmessers in querer oder äquatorialer Richtung. Trotz der principiellen Übereinstimmung dieses Bildes mit dem der Amphibien springt doch der Unterschied zwischen beiden sofort in die Augen. Bei den Amphibien sind äquatorialer und meridionaler Durchmesser der Zellen an der Epithelgrenze ungefähr gleich groß, bei den Eidechsen aber außerordentlich verschieden. Wie viele Zellen zur Bildung einer meridionalen Reihe zusammentreten, ist schwer zu sagen; an dem abgebildeten Stück sind acht bis zehn zu sehen. Aber es ist zu bedenken, dass sich zuletzt die Zellgrenzen sehr schief stellen, so dass sie von der Oberfläche nicht oder nicht mehr deutlich zu sehen sind. Ferner kommt noch in Betracht, dass, wie wir noch an Schnitten kennen lernen werden, die Zellkerne rasch tiefer rücken, so dass es bei der Untersuchung eines Präparates von der Oberfläche her sehr schwer, wenn nicht geradezu unmöglich wird, zu sagen, wie die Kerne auf einander folgen. Übrigens ist die Frage nach der Zahl der Zellen einer meridionalen Reihe nur von nebensächlicher Bedeutung; das Wichtigste ist, dass auch bei den Sauriern an der Epithelgrenze eine Zone meridionaler Reihen nachzuweisen ist.

Die Zellkerne stehen in diesen Reihen ziemlich unregelmäßig hinter einander; wenn sie auch zuweilen in einer Reihe regelmäßig

alterniren, so lässt sich doch oft in der benachbarten keinerlei Gesetzmäßigkeit erkennen.

Die Epithelgrenze liegt bei den Eidechsen stets ziemlich weit hinter dem Äquator.

Der Ringwulst besteht aus Fasern, die nach dem Gesagten nichts Anderes sind, als verlängerte Epithelzellen. Die Fasern sind mehr oder weniger radiär gestellt und man hat sie daher bekanntlich auch als Radiärfasern bezeichnet. Sie besitzen nicht durchwegs den gleichen Bau. Am vorderen und hinteren Ende des Ringwulstes sind sie einfacher gebaut, als in der Mitte. Vorn, wo sich der Ringwulst in das gewöhnliche Epithel fortsetzt, sind sie meistens mehr gerade gestreckt und, wenn sich auch schon ein Unterschied zwischen freier und basaler Seite erkennen lässt, so ist derselbe doch noch gering; hinten, also in der Nähe der Epithelgrenze, sind die Fasern etwas dicker und sehr gewöhnlich so gebogen, dass sie ihre Konkavität nach vorn kehren; der Unterschied zwischen freier und basaler Seite ist hier deutlicher als vorn. In der Mitte, dort also, wo der Ringwulst den höchsten Grad seiner Ausbildung erfährt, sind die Fasern gleichfalls gewöhnlich so gekrümmt, dass die Konkavität nach vorn sieht; jedoch trifft man auch Stellen, wo die Fasern mehr S-förmig gebogen sind, oder aber gar keine deutliche Krümmung erkennen lassen.

Die Zellkerne liegen stets dem äußeren oder Kapselende der Fasern, also der basalen Seite der Zellen, näher als dem inneren. Sie entfernen sich vom vorderen Ende des Ringwulstes an immer mehr von der Oberfläche, sind in der Mitte des Ringwulstes am tiefsten gelegen und nähern sich gegen das Hinterende wieder mehr der Oberfläche. Sie bilden also auf einem Meridionalschnitt einen Bogen (vgl. Fig. 2, Taf. XII), der nicht genau der Oberfläche parallel läuft. In der Mitte des Ringwulstes liegen sie ungefähr an der Grenze zwischen äußerem und mittlerem Drittel, oder auch zwischen erstem und zweitem Viertel der Fasern. Sie haben indessen nicht durchwegs die gleiche Lage (vgl. Fig. 2, 4, 5 u. 6); manchmal entfernt sich ein Kern etwas weiter von der Oberfläche und kommt in halbe Höhe des Ringwulstes zu liegen; ja es kann sogar vorkommen, dass er der inneren Fläche näher liegt als der äußeren. Jedoch sind das nur seltene Ausnahmen.

Die Kerne sind fast ausnahmslos kugelig, färben sich mit Hämatoxylin oder Kochenillealaun weniger intensiv als die Kerne des niedrigen Epithels der Vorderfläche und die Kerne der eigentlichen

Linsenfasern, und enthalten ein zartes Gerüst mit einzelnen nucleolenartigen Verdickungen.

Wie namentlich die Untersuchung des Ringwulstes von *Lacerta muralis* und *faraglionensis* ergibt, reicht jede Faser von der äußeren bis zur inneren Oberfläche desselben, und es kann daher keinem Zweifel unterliegen, dass der Ringwulst einem einschichtigen Epithel gleichzusetzen ist. Eben so wenig kann es zweifelhaft sein, dass jede Faser nur einen einzigen Kern enthält.

Das Protoplasma der Fasern färbt sich außen stets dunkler als innen, ein Umstand, der allein schon für eine polare Differenzierung der Fasern spricht. Zuweilen färbt sich eine einzelne Faser dunkler als die unmittelbar benachbarten. Die Intensität der Färbung nimmt von außen gegen den Kern rasch ab; unterhalb des Kerns wird aber das Protoplasma wieder dichter und tingirt sich wieder stärker, um weiter nach unten abermals rasch zu verblassen (vgl. Fig. 4 u. 5). — Der innere, vom Kern bis zu den eigentlichen Linsenfasern reichende Abschnitt der Fasern zeigt bei den verschiedenen Eidechsenarten einen verschieden hohen Grad der Differenzierung. Am einfachsten ist er bei *Lacerta muralis* beschaffen. Ich habe einige Fasern aus der Mitte des Ringwulstes dieser Eidechse in Fig. 6 abgebildet. Man bemerkt, dass das Gefüge des Protoplasmas nach unten lockerer wird, dass es sich in dünne Balken oder zarte Fäden auflöst, welche helle Räume umschließen, die augenscheinlich von einer klaren, homogenen Substanz erfüllt sind. Gar nicht selten sind diese Enden kolbenförmig angeschwollen, oder sie können auch, wiewohl selten, abwechselnd dünner und dicker werden.

Dem unteren Ende der Fasern sitzt sehr häufig, manchmal ganz allgemein, ein kleines kugeliges Gebilde auf, das ganz den Eindruck eines Sekrettröpfens macht und in seinem hellen, vollkommen wasserklaren Inhalt eine größere oder geringere Menge von Körnchen enthalten kann. Diese Tropfen sind sehr oft durch eine scharfe Linie von der eigentlichen Faser abgegrenzt.

Alle diese Eigenthümlichkeiten sind bei *Lacerta faraglionensis* noch weiter ausgebildet als bei *Lacerta muralis*. Hier sind die Fasern in der Mitte des Ringwulstes ausnahmslos kolbig angeschwollen oder von Stelle zu Stelle spindelförmig aufgetrieben. Die Auftreibungen wechseln mit dünneren Stellen oder Vertiefungen ab, in die sich die Kolben oder Spindeln benachbarter Fasern legen. Auf diese Weise wird eine möglichst vollständige Raumerfüllung erzielt. An der Fig. 5, welche solche Fasern aus der Mitte des Ringwulstes der ge-

nannten Eidechse zeigt, sieht man überdies in der Mitte der Fasern einen dickeren Protoplasmastrang nach abwärts ziehen, von dem un-
gemein zarte Fäden auslaufen, die die Kolben oder Spindeln nach
verschiedenen Richtungen durchsetzen. Dasselbe gilt auch von den
Ringwulstfasern von *Lacerta agilis* und *viridis*. Von der letzteren
Art sind einige Fasern in Fig. 4 abgebildet; sie stammen aber nicht
aus der dicksten Stelle des Wulstes. Die spindelförmigen Anschwel-
lungen beginnen hier schon in geringer Entfernung vom Kern; dann
können schwächere Stellen folgen, darauf abermals Auftreibungen,
die schließlich in die Endkolben übergehen. Die Fasern sind außer-
ordentlich innig durch einander geschoben, und darauf ist es wohl
zu beziehen, dass man ihre Kontouren nicht kontinuierlich über die
ganze Länge derselben verfolgen kann. Wie bei *Lacerta faraglionensis*
zeigt auch bei *Lacerta viridis* der ganze centrale Theil des
Ringwulstes in Folge des geschilderten Baues seiner Fasern ein
eigenthümlich blasiges Aussehen.

Einen weiteren Einblick in den feineren Bau der Ringwulst-
fasern erhält man durch die Untersuchung von Querschnitten der-
selben, wie man solche auf Tangentialschnitten durch den Äquator
einer Linse bekommt. Drei solche Schnitte durch den Ringwulst von
Lacerta agilis sind auf Taf. XII, Fig. 13 *a—c* abgebildet. Der erste
(Fig. 13 *a*) ist (bei einer Schnittdicke von 0,0075 mm) der vierte aus
einer solchen Serie. Die Zellen sind sehr scharf und durch dicke
Wände von einander abgegrenzt, so dass das Bild einige Ähnlichkeit
mit dem eines pflanzlichen Gewebes erhält. Die Querschnitte der
Fasern stellen zumeist unregelmäßige, fünf- oder sechseckige Felder
dar, in denen man ab und zu einen Zellkern trifft; in den übrigen
bemerkt man in der Mitte oder ungefähr in der Mitte eine derbere
Protoplasma-Anhäufung, die von groben Körnchen durchsetzt ist, und
von welcher zarte, gleichfalls von Körnchen durchsetzte Balken aus-
gehen, die radiär gegen die Peripherie ziehen. Der zweite Schnitt
(Fig. 13 *b*) ist der achte der Serie; er zeigt keine Kerne mehr, sondern
lediglich die erwähnten polygonalen Felder mit centraler Protoplasma-
anhäufung und radiären Ausläufern. Der dritte Schnitt (Fig. 13 *c*)
ist der 16. der Serie und trifft schon die Fasern nahe ihrem unteren
Ende. Statt der polygonalen Felder sieht man hier kreisrunde oder
ovale, durch helle Zwischenräume von einander getrennte und durch
relativ dünne Wände nach außen abgeschlossene Gebilde, in denen
aber die Anordnung des Protoplasmas noch wesentlich dieselbe ist
wie auf den früheren Schnitten. Die Bilder sind leicht verständlich,

wenn man sich die Verhältnisse vergegenwärtigt, die man auf Meridionalschnitten beobachtet (vgl. Fig. 4). Es wurde oben erwähnt, dass man gewöhnlich in der Mitte der Fasern einen derberen Strang verlaufen sieht, von dem feinere Fäden nach der Peripherie ziehen. Dieser derbere Strang ist auf den Schnitten der Fig. 13 *a—c* als centrale Protoplasmamasse zu sehen. Was das Bild der Fig. 13 *c* betrifft, so kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, dass wir die großen Kreise auf kolbige oder spindelförmige Anschwellungen, die kleinen Kreise und Ellipsen dagegen auf schwächere Stellen der Fasern zu beziehen haben, wie solche mit jenen Anschwellungen abwechseln.

Die Dicke des Ringwulstes ist bei den einzelnen Eidechsenarten verschieden. Bei *Lacerta muralis* beträgt sie 0,16 mm, bei *Lacerta faraglionensis* 0,224 mm, bei *Lacerta agilis* 0,23 mm und bei *Lacerta viridis* 0,25 mm. Sie ist also bei der kleinsten Form am kleinsten, bei der größten am größten.

Sehr merkwürdig verhalten sich in Beziehung auf den Bau des Ringwulstes die mit den Eidechsen verwandten fußlosen oder stummelfüßigen Formen, wie die Blindschleiche (*Anguis fragilis*), die Walzeneidechse (*Gongylus ocellatus*) und der Scheltopusik (*Pseudopus Palasii*). Am einfachsten ist der Ringwulst der Blindschleiche gebaut. Seine Fasern sind verhältnismäßig kurz und die Kerne derselben liegen dem inneren Ende näher als dem äußeren; auch stehen sie lange nicht so dicht, wie bei den Eidechsen, was damit zusammenhängt, dass die Fasern relativ breit sind. Der äußere Abschnitt der Fasern ist also hier länger als der innere. Dieser zeigt auch nie die eigenthümliche blasige Beschaffenheit, welche die Ringwulstfasern der Eidechsen charakterisirt. Dadurch nähert sich das Bild etwas dem der tiefer stehenden Reptilien, und man darf vielleicht sagen, dass der Ringwulst der Blindschleiche im Vergleich mit dem der Eidechsen einen rudimentären Charakter zur Schau trägt. — Dem inneren Ende der Fasern sitzen, namentlich gegen die hintere Grenze des Ringwulstes, wieder jene eigenthümlichen Gebilde auf, von denen früher gesagt wurde, dass sie eine gewisse Ähnlichkeit mit den Sekretropfen von Drüsenzellen besitzen. Nur sind dieselben bei der Blindschleiche weniger kugelig als vielmehr in die Länge gestreckt, und zugleich, wie übrigens meistens auch bei den Eidechsen, durch eine scharfe Linie vom inneren Faserende abgesetzt. Dadurch bekommt es den Anschein, als ob der centrale Abschnitt der Fasern in zwei Theile gegliedert wäre.

Wie bei den bisher betrachteten Formen ist auch bei der Blindschleiche der Ringwulst schief von außen und vorn her auf die Linsenfasermasse aufgesetzt, und dies bringt es mit sich, dass es auf Äquatorialschnitten zuweilen aussieht, als ob die Kerne des Ringwulstes nicht in der Nähe des unteren Endes, sondern vielmehr in der Mitte der Fasern lägen. Wie bei den Eidechsen sind auch bei der Blindschleiche die Fasern so gebogen, dass sie ihre Konkavität nach vorn kehren. — Die Dicke des Ringwulstes beträgt 0,08 mm.

Viel besser ist der Ringwulst bei *Gongylus ocellatus* entwickelt. Seine Fasern sind nicht bloß erheblich länger als bei der Blindschleiche, sondern — und dies springt bei der Untersuchung der Präparate zunächst in die Augen — es liegen auch die Kerne der Fasern sehr weit außen, zum Theil fast dicht unter der Kapsel, so dass also der innere Abschnitt der Fasern ungleich länger ist als der äußere. Übrigens stehen auch hier nicht alle Kerne in gleicher Höhe, und es kommt hier häufiger als sonst vor, dass einzelne Kerne sehr weit aus der Reihe ihrer Genossen heraustreten. Trotz der großen Länge des inneren Abschnittes der Fasern ist derselbe aber doch bei Weitem nicht so hoch differenzirt als bei den Eidechsen; man kann vielmehr nur eine Andeutung jener blasigen Bildungen erkennen, welche für den Ringwulst der Eidechsen so charakteristisch sind. — Die Dicke des Ringwulstes beträgt bei *Gongylus* 0,13 mm.

Ein höchst interessantes Verhalten zeigt der Ringwulst des Scheltopusik. Ich habe ein Stück desselben auf Taf. XII, Fig. 10 abgebildet. Der Ringwulst zeichnet sich hier durch die überaus zahlreichen blasigen oder kolben- und spindelförmigen Anschwellungen der Fasern aus, die durch die ganze Dicke des Ringwulstes ziemlich gleichmäßig vertheilt sind. Es kann hier eine Faser schon unmittelbar unter der Kapsel oder in sehr geringer Entfernung davon mit einer Anschwellung beginnen; aus einer solchen Anschwellung setzt sie sich dann gewöhnlich als ein sehr dünner, dem Anscheine nach sehr kompakter Strang weiter nach abwärts fort, schwillt dann noch ein zweites oder selbst ein drittes Mal an und geht schließlich in einen langen, schmalen Kolben über, der bis an die Unterfläche des Ringwulstes reicht. Es ist mir übrigens nie gelungen, eine einzelne Faser auch wirklich vom einen bis zum anderen Ende zu verfolgen. Ich habe mir damit viel Mühe gegeben und unter Anderem auch eine Serie ziemlich dicker Schnitte hergestellt, die in Glycerin aufgehellt wurde. Aber auch dabei habe ich nicht mehr erfahren, als an den in gewöhnlicher Weise in Dammarlack eingeschlossenen

Schnitten. Nichtsdestoweniger halte ich es für überaus wahrscheinlich, dass auch hier jede Faser von der äußeren bis zur inneren Fläche des Ringwulstes reicht. Ich schließe dies nicht bloß aus der Analogie mit dem Verhalten der anderen Saurier und nicht bloß daraus, dass auch beim Scheltopusik am Anfang und Ende des Ringwulstes zweifellos jede Faser die beiden Oberflächen erreicht, sondern namentlich daraus, dass die Zahl der Kerne im Allgemeinen sehr gut mit der Zahl der Faserenden an der äußeren Oberfläche übereinstimmt. Es ist daher sehr wahrscheinlich, dass auch hier jede Faser nur einen einzigen Kern enthält. Die Kerne sind beim Scheltopusik viel mehr im Ringwulst zerstreut als bei den anderen Sauriern. Sie sind auch hier der Mehrzahl nach kugelig oder mäßig oval, und liegen theils in den spindelförmigen Anschwellungen, theils, wiewohl seltener, in den strangförmigen Einziehungen der Fasern.

Die Anschwellungen haben im Wesentlichen denselben Bau, wie bei den übrigen Sauriern. Auch hier findet man ein feines Gerüst von Fäden, die nach allen Richtungen die Fasern durchsetzen. Ungemein reich sind die Fasern an Körnchen, die, wie es scheint, zum großen Theil an oder in den Fäden des Gerüstes sitzen. — Die Dicke des Ringwulstes beträgt 0,31 mm.

Weitaus den mächtigsten Ringwulst unter allen von mir untersuchten Sauriern besitzt das Chamäleon. Derselbe unterscheidet sich zunächst schon dadurch von dem aller anderen Saurier, dass er erst hinter dem Äquator seine größte Dicke erreicht; diese beträgt 0,58 mm. Von da nimmt seine Dicke nach vorn sehr langsam, nach hinten sehr rasch ab. Im feineren Bau hält der Ringwulst ungefähr die Mitte zwischen dem der Eidechsen und dem des Scheltopusik. Wie hier, beginnt ein Theil der Fasern schon dicht unter der Kapsel mit einer spindelförmigen Anschwellung, während die übrigen ungefähr so aussehen, wie bei den Eidechsen. Am unteren Ende gehen die Fasern in mächtige Kolben über, welche eine eigenartig glasige Beschaffenheit besitzen. Im Übrigen erscheint der größte Theil der Fasern bei schwacher Vergrößerung ungemein fein granulirt, bei starker aber von einem äußerst zarten Fadenwerk durchsetzt. — Eine Stelle des Ringwulstes ist durch die Anordnung und Krümmung der Fasern besonders ausgezeichnet. Es ist das die Stelle, an welcher die vordere, fast plane Fläche der Linse nach hinten umbiegt (vgl. Textfig. 14 u. 20). Gegen diese Stelle konvergiren die äußeren Enden der Fasern von vorn und von hinten, und die Fasern, die noch der vorderen Linsenfläche angehören, sind hier in sehr dünne, lange Fortsätze ausgezogen.

Die Fasern besitzen hier eine fast ganz homogene Beschaffenheit und färben sich an den basalen Enden sehr intensiv mit Hämatoxylin.

Weitere Aufschlüsse über das Verhalten der Ringwulstfasern bekommt man durch die Untersuchung von Äquatorialschnitten. An solchen sieht man, dass sich die Fasern mit ihren kolbigen, unteren Enden von Stelle zu Stelle, und zwar wie es scheint, in regelmäßigen Abständen, gegen einander kehren, so dass es zur Bildung von eigenthümlichen Wirbeln kommt, ähnlich denen, welchen wir bei den Vögeln in viel ausgesprochenerem Grade begegnen werden, woselbst diese Erscheinung auch eine eingehendere Beachtung finden soll.

Die im Vorhergehenden mitgetheilten Werthe für die Dicke des Ringwulstes geben nur eine ganz ungenügende Vorstellung seiner Mächtigkeit. Eine bessere Vorstellung erhält man, wenn man die relativen Werthe berechnet. Ich bin dabei in der Weise vorgegangen, dass ich die Dicke des Ringwulstes auf einen Äquatorialdurchmesser von 100 berechnete. Da ich aber die Dicke des Ringwulstes nur an den Schnitten messen konnte, beim Einbetten der Präparate in Paraffin aber immer eine ziemlich beträchtliche Schrumpfung eintritt, so musste ich die Äquatorialdurchmesser noch einmal an den Schnitten messen. Dabei erhielt ich folgende Zahlen:

	Dicke des Ringwulstes in mm	Äquat. Durchm. in mm	Verhältnis
Alligator mississippiensis	0,06	: 3,60	= 1,66 : 100
Emys europaea	0,04	: 2,22	= 1,80 : 100
Testudo graeca	0,11	: 2,22	= 4,95 : 100
Platydictylus mauritan.	0,062	: 3,03	= 2,04 : 100
Lacerta viridis	0,25	: 2,54	= 9,84 : 100
» faraglionensis	0,224	: 1,97	= 11,37 : 100
» agilis	0,23	: 1,80	= 12,77 : 100
» muralis	0,16	: 1,87	= 8,55 : 100
Pseudopus Pallasii	0,31	: 3,02	= 10,26 : 100
Gongylus ocellatus	0,13	: 1,76	= 7,38 : 100
Anguis fragilis	0,08	: 1,20	= 6,66 : 100
Chamaeleo vulgaris	0,58	: 3,20	= 18,12 : 100

Aber auch diese Berechnung giebt noch keine ganz brauchbare Vorstellung von der relativen Mächtigkeit des Ringwulstes. Denn es ist klar, dass sich derselbe bei gleicher Dicke über eine größere oder kleinere Fläche ausbreiten und daher auch einen größeren oder

geringeren Antheil an dem Aufbau der ganzen Linse nehmen kann. Ich habe daher ein Verfahren eingeschlagen, welches in früherer Zeit die praktischen Geometer benutzten, um den Flächeninhalt schwer zu berechnender Areale zu bestimmen, ein Verfahren, das dann bekanntlich von AL. v. HUMBOLDT angewendet wurde, um die Vertheilung von Wasser und Land auf der Erde zu ermitteln, und das später auch vielfach von den Physiologen in Anwendung gezogen wurde. Ich habe von jeder Linse einen Meridionalschnitt, der möglichst genau durch die Achse ging, auf einen Karton gezeichnet und in die Skizze den Ringwulst eingetragen; dann habe ich die Zeichnung ausgeschnitten und zuerst im Ganzen, dann den Ringwulst für sich gewogen. Aus den gefundenen Gewichten habe ich das Verhältnis des Ringwulstes zu der ganzen Linse berechnet. Dasselbe stellte sich folgendermaßen:

Verhältnis des Ringwulstes zur ganzen Linse auf dem Meridionalschnitt:

<i>Emys europaea</i>	1,80 : 100
<i>Testudo graeca</i>	4,94 : 100
<i>Lacerta viridis</i>	12,88 : 100
» <i>agilis</i>	13,93 : 100
<i>Pseudopus Pallasii</i>	14,28 : 100
<i>Gongylus ocellatus</i>	10,81 : 100
<i>Anguis fragilis</i> ungef.	7,9 : 100
<i>Chamaeleo vulgaris</i>	33,73 : 100

Das heißt also: Auf einem Meridionalschnitt beträgt der Ringwulst bei *Emys europaea* $\frac{1}{55}$ der ganzen Linse, bei *Testudo graeca* $\frac{1}{20}$, bei *Anguis fragilis* ungefähr $\frac{1}{11}$, bei *Gongylus ocellatus* ungefähr $\frac{1}{9}$, bei *Lacerta viridis* nicht ganz $\frac{1}{8}$, bei *Lacerta agilis* und *Pseudopus Pallasii* etwa $\frac{1}{7}$ und beim Chamäleon $\frac{1}{3}$.

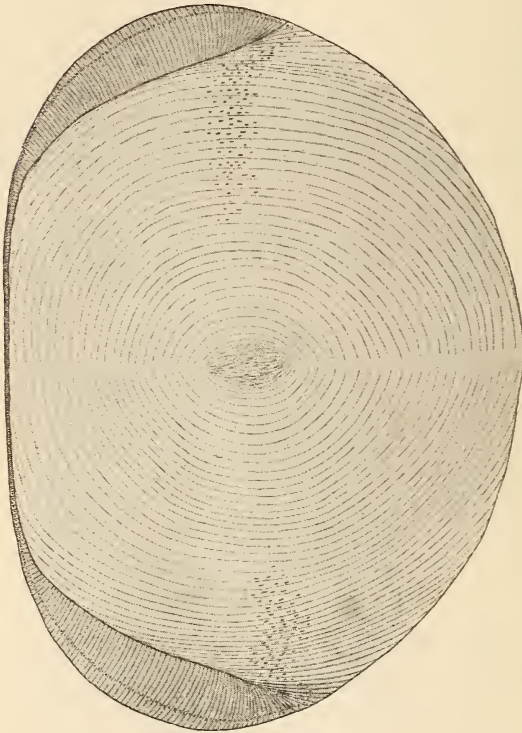
Eine gute Vorstellung von der verschiedenen Mächtigkeit des Ringwulstes der Reptilien geben auch die beifolgenden Skizzen, welche Meridionalschnitte durch die Linsen von *Testudo graeca*



Textfig. 18.
Linse von *Testudo graeca*.

(Textfig. 18), *Lacerta viridis* (Textfig. 19) und *Chamaeleo vulgaris* (Textfig. 20) zur Anschauung bringen. Ich bemerke dazu, dass das Epithel in der Nähe des vorderen Linsenpoles zu dick gezeichnet ist, und dass, was sich eigentlich von selbst versteht, die Linien nicht einzelne Fasern, sondern nur den Verlauf derselben zur Darstellung bringen sollen.

Die Linse der Schlangen unterscheidet sich von der aller anderen



Textfig. 19.

Linse von *Lacerta viridis*.

Reptilien durch den gänzlichen Mangel eines Ringwulstes. Obwohl sich aber hierin alle Schlangen ganz gleich verhalten, scheiden sie sich doch nach der Beschaffenheit des Linsenepithels wieder in zwei sehr differente Gruppen. Die eine wird durch die kleinäugige Rollschlange (*Eryx jaculus*) repräsentirt, die andere durch die Nattern (*Colubridae*) und Vipern (*Viperidae*).

Bei *Eryx jaculus* verhält sich das Epithel wesentlich so, wie bei den urodelen Amphibien; in der Mitte der Vorderfläche ist es ungemein dünn, etwa 0,001 mm dick, also

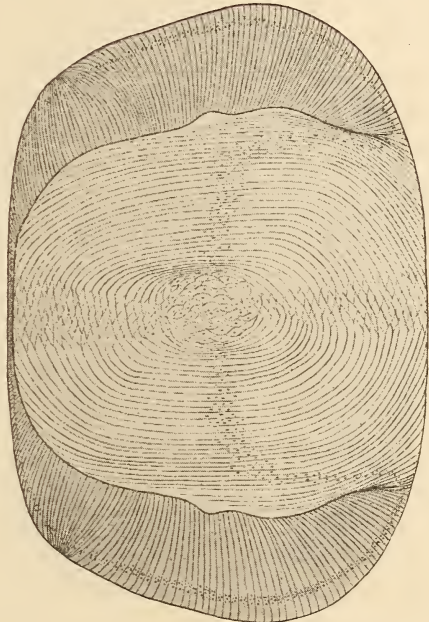
nicht dicker als bei den Eidechsen. Erst gegen die Peripherie wird es allmählich dicker und am Äquator oder vielleicht schon etwas vor demselben erreicht es seine größte Dicke; aber auch diese beträgt nur 0,009 mm, ist also nicht den vierten Theil so groß, als bei *Emys europaea*, wo wir das niedrigste Epithel unter allen Reptilien angetroffen haben; ja sie ist nicht einmal so groß, wie beim Axolotl. Wenn ich den Äquatorialdurchmesser auf 100 ansetze, so würde die relative Dicke 0,75 betragen, also noch tief unter der des

Alligators stehen. Von einem Ringwulst oder auch nur einer Andeutung eines solchen kann also hier nicht die Rede sein.

Ganz anders ist es bei den Nattern und Vipern. Hier ist das Epithel gerade dort am dicksten, wo es sonst am dünnsten ist: in der Mitte der Vorderfläche. Es hat hier bei der Zornnatter (*Zamenis viridiflavus*) eine Höhe von 0,12 mm, bei der Ringelnatter (*Tropidonotus natrix*) eine solche von 0,1 mm, bei der von mir untersuchten Ringelnattervarietät (*Tropidonotus sparsus*) eine solche von 0,115 mm und bei *Vipera aspis* eine solche von 0,036 mm. Auf eine Achse von 100 berechnet, würde das bei *Zamenis* 5,21, bei der *Viper* 2,81 ergeben. Es ist daher klar, dass die Kugel-form der Linse dieser Schlangen nur zum allergeringsten Theil auf Rechnung dieser Epithelformation gesetzt werden kann, dass sie vielmehr in erster Linie auf der Form der Linsenfasermasse selbst beruhen muss.

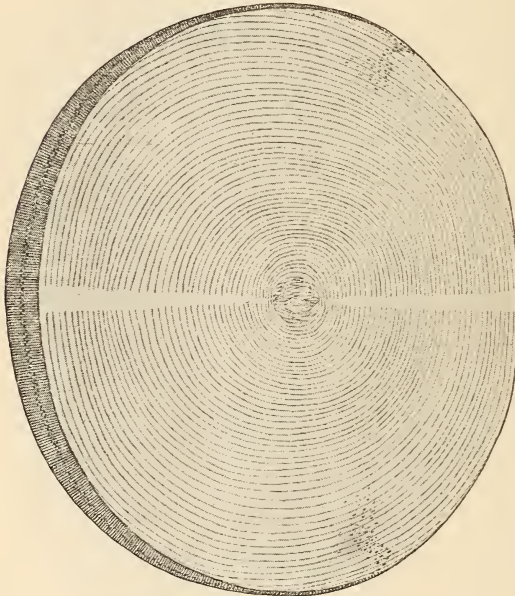
Im Detail verhält sich das Epithel der Nattern folgendermaßen: Von der Mitte der Vorderfläche an wird es ganz langsam gegen den Äquator und darüber hinaus niedriger und bildet sich erst, wenn es auf eine Höhe von 0,014—0,015 mm herabgesunken ist, in die

Linsenfasern um. Die Zellen sind am vorderen Linsenpol und in seiner Umgebung sehr schlanke Cylinderzellen (Fig. 14, Taf. XII), deren Höhe die Breite um das Zehn- bis Zwölffache übertrifft. Am Äquator sind sie kurz prismatisch und ihre Höhe übertrifft die Breite nur etwa um ein Drittel. Die Kerne sind durchwegs kugelig, passen sich also der Form der Zellen nicht an und liegen am Äquator und in der Peripherie der Vorderfläche dicht unter der Kapsel, also tief an der basalen Seite. Gegen die Mitte der Vorderfläche rücken sie allmählich gegen die freie Seite und können sogar in der Nähe des



Textfig. 20.
Linse von *Chamaeleo vulgaris*.

vorderen Poles dieser näher, als der basalen liegen. Auch liegen sie hier nicht in einer Reihe, wie am Äquator, sondern entfernen sich bald mehr, bald weniger weit von der Oberfläche (Fig. 14). Der Zelleib ist nach den Seiten sehr scharf begrenzt, ohne dass eine Membran vorhanden wäre. In der Umgebung des Poles sind die Cylinderzellen ungemein mannigfaltig geformt; man trifft spindel- oder flaschenförmige, oder auch ganz unregelmäßig gestaltete Elemente bunt durch einander. Bei der Konservierung entsteht zuweilen zwischen der Kapsel und dem Epithel in der Nähe des vorderen Linsen-



Textfig. 21.

Linse von *Zamenis viridiflavus*.

poles ein Raum, der von einer klaren Flüssigkeit erfüllt ist, in der eine große Menge von Körnchen suspendirt sein kann. Diese Körnchen sind in der Regel in Reihen geordnet, die senkrecht gegen die Kapsel ziehen (vgl. Fig. 14). Dies ist gewiss nur eine Folge davon, dass sich das Epithel bei der Konservierung von der Kapsel zurückgezogen hat. — Das Protoplasma der Zellen färbt sich mit Hämatoxylin oder Kochenillealaun ziemlich gleichmäßig und

sieht bei schwacher Vergrößerung fast ganz homogen aus; bei starker Vergrößerung kann man aber an ihm eine zarte Längsstreifung wahrnehmen.

Die von mir untersuchte Viper verhält sich in allen geschilderten Eigenthümlichkeiten fast genau eben so, abgesehen davon, dass, wie schon erwähnt, die Zellen am vorderen Linsenpol viel niedriger sind. Auch haben die Zellen hier viel weniger mannigfaltige Formen und ihre Kerne liegen fast ganz an der freien Seite. Aber schon in geringer Entfernung vom Pol rücken sie mehr in die Mitte und in der

Peripherie der Vorderfläche liegen sie, wie bei den Nattern, dicht unter der Kapsel.

An der Epithelgrenze sind die Zellen bei den Schlangen eben so, wie bei allen anderen Wirbelthieren, in meridionale Reihen geordnet; nur ähnelt das Bild mehr dem der Amphibien, als dem der Eidechsen.

Die Umbildung der Epithelzellen zu den Linsenfasern geht bei jenen Formen, welche einen wenig entwickelten Ringwulst besitzen, wie beim Alligator und den Schildkröten, sehr einfach vor sich. Wie dies gewöhnlich zu geschehen pflegt, nehmen die Zellen an der Epithelgrenze zunächst eine schiefe Stellung an und wachsen dann an ihrem inneren und bald darauf auch an ihrem äußeren Ende bandartig aus. Die Kernzone zeigt dabei beim Alligator ein etwas anderes Verhalten, als bei Emys. Beim Alligator zieht sie von der Epithelgrenze nur eine sehr kurze Strecke nach hinten, biegt dann nach vorn um und wendet sich schließlich in einem großen, nach vorn konkaven Bogen centralwärts. Bei Emys dagegen (Fig. 3) zieht sie zunächst dicht unter der Oberfläche der Linse sehr weit nach hinten, biegt dann in spitzem Winkel nach vorn um und wendet sich schließlich in der Gegend der Äquatorialebene allmählich tiefer. Bei Testudo endlich zieht sie gleich von der Epithelgrenze an in die Tiefe (Textfig. 18).

Bei den Formen mit mächtig entwickeltem Ringwulst, den Eidechsen und ihren Verwandten, erfährt die Umbildung der Epithelzellen zu den Linsenfasern eine interessante Modifikation. Zunächst erscheinen auf Meridionalschnitten die hintersten Zellen des Ringwulstes mehr oder weniger sichelförmig mit starker, nach vorn gerichteter Konkavität. Dann werden die Zellen mehr dreieckig, mit nach außen gerichteter, schmaler Basis und nach innen und vorn gerichteter Spitze. Dabei zieht sich die Spitze in einen Fortsatz aus, der sich unter den nächst vorderen Zellen nach vorn schiebt. So wachsen die Zellen mehr und mehr zu Fasern aus, die sich nun zunächst gerade strecken und schließlich eine mit der Konkavität nach abwärts sehende Krümmung erfahren. Die jüngsten Fasern sind dabei am Kapselende verdickt, so dass sie auf dem Schnitt eigentlich langgestreckten Dreiecken ähnlich sehen. — Alle diese Eigenthümlichkeiten sind auf dem Schnitt durch die Linse von *Lacerta muralis*, der auf Taf. XII, Fig. 12 bei 570facher Vergrößerung gezeichnet ist, sehr deutlich zu sehen. Das Protoplasma der Zellen und jungen Fasern erscheint ungemein fein granulirt. Die Kerne wenden sich

an der Epithelgrenze in die Tiefe, strecken sich dabei mehr und mehr in die Länge und werden schließlich ganz platt. Die Kernzone zieht ungefähr parallel mit der unteren Fläche des Ringwulstes (Fig. 2) nach vorn bis gegen den Äquator und wendet sich hier, indem sich die Kerne zerstreuen, in die Tiefe.

Wesentlich das gleiche Bild, wie von den Eidechsen, erhält man auch von der Blindschleiche und mit einer ganz geringfügigen Modifikation von *Gongylus*. Dagegen bietet der Scheltopusik ein etwas anderes Bild (Fig. 11). Hier sieht die Epithelgrenze fast wie umgekrämpelt aus und dadurch entsteht unter dem Hinterende des Ringwulstes ein ziemlich ansehnlicher Hohlraum, der mit einem grobkörnigen Gerinnsel erfüllt ist. Mit dieser Umkrämpelung des Randes hängt es wohl auch zusammen, dass man hier eine nicht unbedeutliche Menge halbkreisförmig oder parabolisch gekrümmter Zellen oder junger Fasern findet. Auch mögen damit zum Theil die eigenthümlichen bauchig aufgetriebenen Zellformen, denen man hier begegnet, zusammenhängen. In mehreren der jungen Fasern dieser Figur, sowie auch der Fig. 12, vermisst man die Kerne; dies hat lediglich in der geringen Dicke der Schnitte (0,0075 mm) den Grund.

Das Chamäleon zeigt in dem geschilderten Verhalten eine große Ähnlichkeit mit dem Scheltopusik; nur zeichnen sich die Zellen und jungen Fasern hier durch eine ganz besondere Größe und Massigkeit aus.

Die Schlangen verhalten sich in Beziehung auf die Art der Umbildung des Epithels zu den Linsenfasern wesentlich so, wie die urodelen Amphibien, und die Bilder, welche man davon an Meridionalschnitten erhält, erinnern so sehr an das früher vom Salamander gegebene, dass ich es unterlassen konnte, solche Präparate von den Schlangen zu zeichnen. Stets wachsen die Zellen zuerst an ihrem unteren Ende in die Länge und die Kernzone zieht von der Epithelgrenze zunächst eine Strecke weit nach hinten, um sich mehr oder weniger weit hinter der Äquatorialebene in die Tiefe zu senken. Darin stimmen alle Schlangen mit einander überein, mögen die Linsen so flach, wie bei *Eryx*, oder so kugelig, wie bei den Nattern sein. Bei *Zamenis* zieht die Kernzone zwar gleichfalls zuerst nach hinten, biegt aber dann nach vorn um, um sich indessen auch hier noch hinter der Äquatorialebene in die Tiefe zu senken. Bei *Vipera aspis* und *Eryx jaculus* liegt die Epithelgrenze vielleicht noch etwas vor dem Äquator, bei den Nattern dagegen hinter demselben. Nirgends aber ist, wie schon erwähnt, der Äquator äußerlich markirt.

Gerade so, wie im Verhalten des Epithels bieten die Reptilien auch in dem Verhalten der Linsenfasern eine viel größere Mannigfaltigkeit als die Selachier und Amphibien. Wie schon aus den früher über die Entwicklung der Linse von *Lacerta agilis* mitgetheilten Thatsachen hervorgeht, haben wir auch an der Reptilienlinse Centralfasern, Übergangsfasern und Haupt- oder Grundfasern zu unterscheiden. Die Centralfasern sind ungeordnet, bei den Übergangsfasern beginnt eine regelmäßige Anordnung Platz zu greifen und die Hauptfasern bauen die radiären Lamellen auf. Die letzteren bilden stets die Hauptmasse der ganzen Linse.

Es ist mir wiederholt gelungen, von Reptilienlinsen vollständige, ungebröckelte Schnitte zu erhalten, und ich habe mich an diesen überzeugt, dass die Masse der Centralfasern stets eine geringe ist. Diese Centralfasermasse liegt keineswegs immer genau im Centrum der Linse; sie kann vielmehr mehr oder weniger weit nach hinten verschoben sein. Bei den Nattern scheint dies sogar die Regel zu sein (vgl. Textfig. 21). Sie besteht aus Zellen, welche ihrer Form nach kaum auf die Bezeichnung von Fasern Anspruch machen können. Ihre Querschnitte sind rundlich oder polygonal, meistens aber ganz unregelmäßig, und ihre Länge beträgt zuweilen nicht viel mehr als ihre Dicke. Die größten Centralfasern besitzt das Chamäleon, wie denn überhaupt die Centralfasermasse hier mächtiger ist, als bei den anderen von mir untersuchten Sauriern. In allen Fällen, in denen die Centralfasern gut erhalten sind und die Linse im Inneren nicht gebröckelt ist, sind noch deutliche Kernreste in den Centralfasern zu erkennen, wenn man als solche die hellen ovalen Räume bezeichnen will, die sich in ihnen an Stelle der Kerne finden. Aber nur beim Chamäleon nehmen diese Kernreste noch die Farbe an, während sonst überall die chromatische Substanz vollkommen geschwunden ist. Dadurch nimmt die Linse des Chamäleon eine Sonderstellung nicht bloß unter den Linsen der Saurier, sondern unter denen der Reptilien überhaupt ein.

Die Übergangsfasern setzen, wie bei den Embryonen, eine verhältnismäßig schmale Zone zusammen. In dieser nehmen die Fasern allmählich prismatische Formen an und beginnen sich zu Lamellen zusammenzuordnen. Diese beginnenden Lamellen weisen zahlreiche Theilungen auf. Auch die Übergangsfasern enthalten stets Kernreste, die sich aber, mit Ausnahme des Chamäleons, nirgends mehr färben.

Dessgleichen enthalten auch die zu Radiärlamellen vereinigten Hauptfasern stets Kernreste. Aber auch hier besitzen nur die des

Chamäleons noch durchwegs chromatische Substanz; sonst ist diese in der Mehrzahl der Fasern vollständig geschwunden. Die Erscheinungen des Chromatinschwundes und der Rück- oder Umbildung der Kerne sind in Beziehung auf ihre größeren Verhältnisse meist leicht zu verfolgen. Man sieht, dass sich das Chromatin mit zunehmendem Alter der Fasern immer mehr zusammenzieht, so dass sich um dasselbe ein heller, vollkommen farbloser Hof bildet, dessen Größe in demselben Maße wächst, als sich das Chromatin verdichtet. Schließlich schrumpft dieses auf ein kleines, kugeliges, scheinbar homogenes, ungemein intensiv gefärbtes Korn zusammen, das in dem ovalen, hellen Hofe gewöhnlich eine excentrische Lage hat und das alsbald spurlos verschwindet. Nur in seltenen Fällen konnte ich auch in den hellen Höfen tieferer Fasern bis gegen die Übergangszone hin noch ein punktförmiges, aber ganz blasses Korn nachweisen.

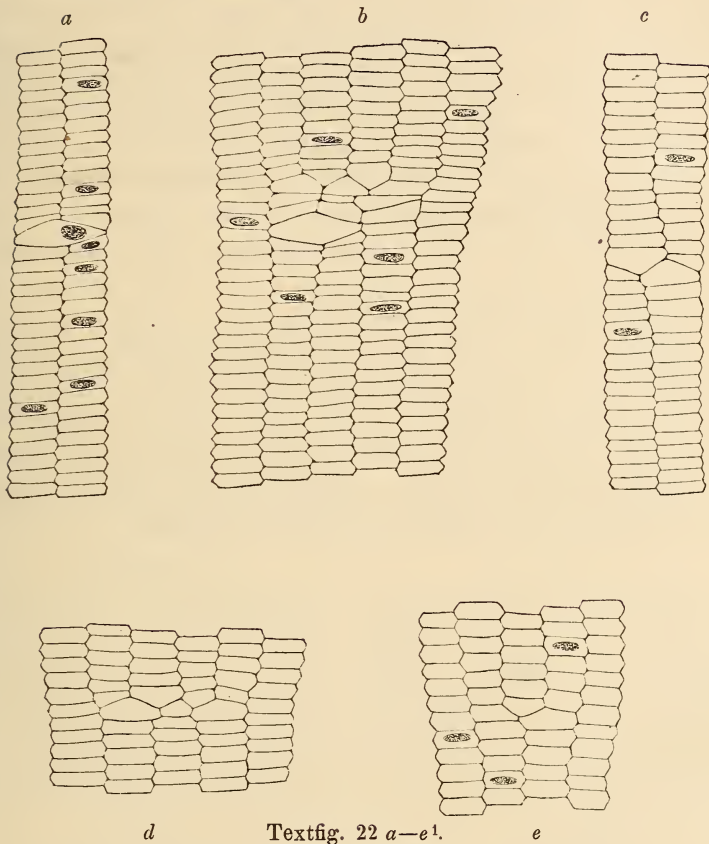
Die Radiärlamellen zeigen mit wenigen Ausnahmen eine viel größere Regelmäßigkeit in der Anordnung und dem Verlauf, als bei den Amphibien. Ich gebe zunächst eine Übersicht ihrer Zahl bei den von mir untersuchten Arten und bemerke dazu, dass die in Klammern angeführten Zahlen sich auf ein zweites, bezw. drittes oder viertes Exemplar derselben Art beziehen:

Zahl der Radiärlamellen:

Alligator mississippiensis	955 (905)
<i>Emys europaea</i>	241 (238)
<i>Testudo graeca</i>	199 (170, 174, 178) ¹
<i>Hatteria punctata</i>	287
<i>Platydactylus mauritanicus</i>	260
<i>Lacerta viridis</i>	139 (132, 134)
» <i>agilis</i>	114 (119, 123, 128)
» <i>muralis</i>	107
» <i>faraglioneensis</i>	101
<i>Pseudopus Pallasii</i>	190
<i>Gongylus ocellatus</i>	103
<i>Anguis fragilis</i>	93 (102)
<i>Chamaeleo vulgaris</i>	174
<i>Eryx jaculus</i>	201

¹ Die erste Zahl bezieht sich auf ein erwachsenes, 16,5 cm langes, die anderen (in Klammern) auf junge, 9—10 cm lange Thiere.

Python molurus	ca. 1100
Tropidonotus natrix	244 (ca. 254)
» natrix, var. sparsus	254
Zamenis viridiflavus	276 (283)
Elaphis quaterradiatus	315.



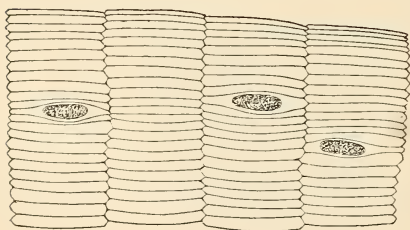
d Textfig. 22 a—e¹.
Alligator mississippiensis. e

An dieser Übersicht fällt vor Allem auf, dass die Zahl der Radiärlamellen bei den untersuchten Reptilien eine verhältnismäßig geringe ist; eine Ausnahme machen nur der Alligator und unter den Schlangen Python. Sonst hält sich die Zahl fast durchwegs zwischen 100 und 300. Naheverwandte Arten, wie z. B. die vier untersuchten Eidechsenarten und die drei Natternarten zeigen in der Zahl der

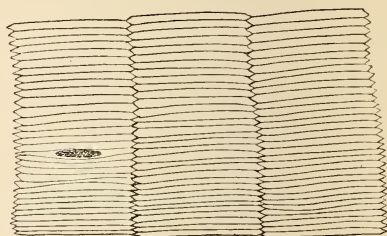
¹ Die Textfiguren 22—27 sind bei derselben Vergrößerung gezeichnet, wie früher die entsprechenden Querschnittsbilder der Linsenfasern der Selachier und Amphibien.

Radiärlamellen eine weitgehende Übereinstimmung und zwischen der Ringelnatter und ihrer Varietät besteht in dieser Hinsicht kaum eine Differenz.

Die Linse des Alligators ist nicht bloß durch die große Zahl der Radiärlamellen, sondern auch noch dadurch ausgezeichnet, dass man in ihr ungemein häufig auf Theilungen, Intercalationen und Unregelmäßigkeiten der mannigfachsten Art stößt; nur Verschmelzungen zweier Lamellen habe ich nie gefunden. Die merkwürdigsten Unregelmäßigkeiten zeigen uns die Textfig. 22*b* und *d*; es kommt hier zu einer Vermehrung der Lamellen, jedoch ist es schwer zu sagen, ob und wo eine Theilung oder Intercalation stattfindet. Eine ziemlich typische Intercalation führt uns die Fig. 22*e* vor Augen. In Fig. 22*c* sehen wir eine Eigenthümlichkeit, wie sie uns schon bei *Bufo* und *Rana* begegnet ist. Fig. 22*a* endlich zeigt uns eine Faser, welche die doppelte Breite gewöhnlicher Fasern besitzt und welche sich zugleich durch einen entsprechend großen Kern auszeichnet. Derartige Fasern kommen beim Alligator sehr oft vor; dagegen habe ich nie eine Faser gefunden, welche sich über drei Lamellen erstreckte. Nie kommt es vor, dass eine solche Faser eine Verschmelzung zweier Lamellen einleitet; vielmehr sind die beiden Lamellen, die sie verbindet, nach außen stets wieder getrennt.



Textfig. 23.

Emys europaea.

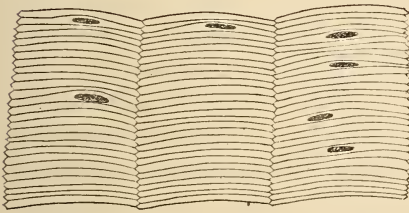
Textfig. 24.

Platydactylus mauritanicus.

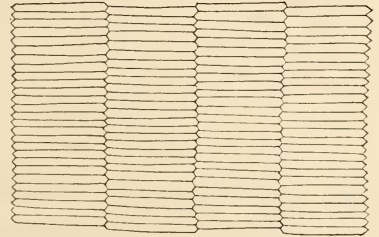
Ungleich regelmäßiger sind die Radiärlamellen der Schildkröten angeordnet. Bei *Testudo* habe ich zwar sowohl Theilungen, als Intercalationen, ja einmal sogar eine Verschmelzung zweier Lamellen gesehen, aber diese Unregelmäßigkeiten sind sehr viel seltener, als beim Alligator. Bei *Emys* habe ich weder eine Theilung, noch eine Intercalation finden können; freilich konnte ich hier die Lamellen nicht sehr weit centralwärts verfolgen. Die Fasern sind sehr breit und dünn (Textfig. 23); die dünnsten liegen unmittelbar unter der Oberfläche.

Bei *Hatteria* habe ich zweimal eine sichere Intercalation gesehen; im Übrigen ist aber auch hier die Anordnung der Radiärlamellen eine überaus regelmäßige. Die Breite der Fasern ist erheblich größer, als bei *Emys*, und übertrifft sogar die des *Triton cristatus* noch beträchtlich.

Bei den Eidechsen und ihren Verwandten erreicht die Regelmäßigkeit der Anordnung der Lamellen den höchsten Grad und die Bilder, die man von Äquatorialschnitten erhält, sind geradezu von überwältigender Schönheit. Nie habe ich hier eine Theilung oder Intercalation gesehen und die Lamellen verlaufen stets ungetheilt von der Übergangszone bis zur Oberfläche. Die Breite der Fasern ist überall eine sehr beträchtliche und wenn auch die absolute Breite bei *Hatteria* größer ist, so ist doch die relative Breite, d. h. die



Textfig. 25.
Lacerta faraglionensis.

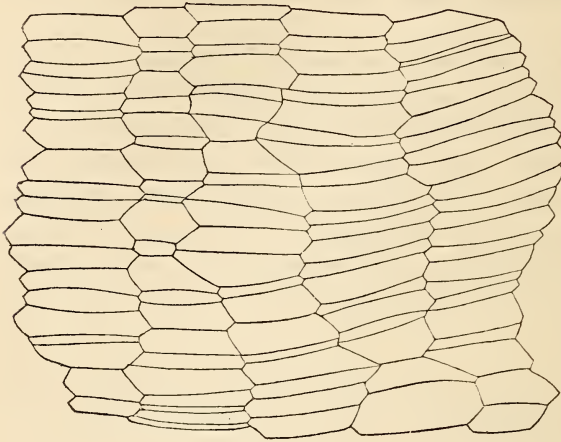


Textfig. 26.
Zamenis viridiflavus.

Breite im Verhältnis zur Größe der ganzen Linse, bei den Eidechsen entschieden viel größer. Dabei sind die Fasern ungemein dünn. Von den vier untersuchten Eidechsenarten besitzt *Lacerta faraglionensis* (Textfig. 25) die breitesten Fasern; nur um ein Geringes schmaler sind sie bei *Lacerta viridis*, und wieder um ein Geringes schmaler bei *Lacerta agilis* und *muralis*. Die Faserbreite des Gecko (Textfig. 24) ist trotz der außerordentlichen Größe der Linse geringer, als die der Mauereidechse; sie ist auch etwas geringer, als die des Scheltopusik. Etwas größer als diese, ist die des *Gongylus*, etwas geringer dagegen die der Blindschleiche; nichtsdestoweniger ist sie bei letzterer relativ größer, als bei *Pseudopus*, ja selbst größer, als bei den Eidechsen. Die Blindschleiche besitzt eben ungemein kleine Linsen.

Die merkwürdigsten Eigenthümlichkeiten zeigen die Linsenfasern des Chamäleons. Bei keinem Saurier, ja bei keinem Reptil überhaupt, finden sich so zahlreiche Unregelmäßigkeiten, wie hier; man

könnte geradezu von Verwerfungen der Lamellen sprechen. Oft wechselt die Breite innerhalb einer Lamelle von Faser zu Faser. Dieselben Unregelmäßigkeiten zeigen aber auch die Fasern in Beziehung auf ihre



Textfig. 27.
Chamaeleo vulgaris.

Dicke; wenn diese auch im Allgemeinen größer ist, als bei den anderen Sauriern, so wechseln doch Fasern von außerordentlicher Feinheit mit solchen von großer Dicke. Ein anschauliches Bild dieser Verhältnisse giebt die Textfigur 27. Unter diesen Umständen ist es natürlich

sehr schwer, die Breite der Fasern genau zu bestimmen; ich glaube aber doch nicht weit fehlzugehen, wenn ich sage, dass dieselbe im Mittel ungefähr so groß ist, wie bei der Blindschleiche.

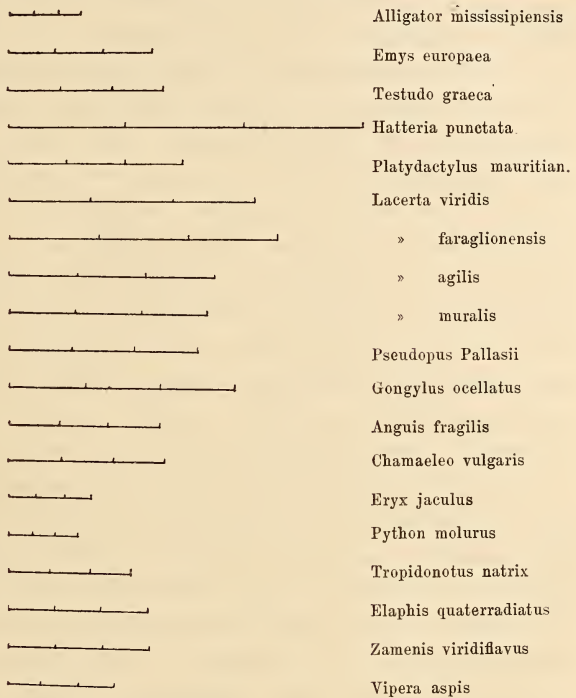
Die Schlangen haben durchwegs ziemlich schmale Fasern. Am breitesten sind sie bei *Elaphis* und *Zamenis* (Textfig. 26), dann folgt die Ringelnatter, darauf die Viper und die schmalsten Fasern besitzen *Eryx* und *Python*. Die Anordnung der Lamellen ist bei den Schlangen eine sehr regelmäßige; immerhin scheinen aber Unregelmäßigkeiten häufiger vorzukommen, als bei der Mehrzahl der Saurier; so habe ich z. B. bei *Eryx* einmal eine Theilung einer Lamelle gesehen und mehrmals habe ich bei verschiedenen Schlangen Unregelmäßigkeiten ähnlich der in Textfig. 22 c vom Alligator gezeichneten beobachtet.

Die nebenstehende Skizze (Textfig. 25) giebt eine Übersicht der Faserbreite der Reptilien bei 250facher Vergrößerung; um die Unterschiede schärfer hervortreten zu lassen, sind jedes Mal drei Faserbreiten aufgetragen.

Vieles von dem, was früher von den Radiärlamellen der Selachier und Amphibien gesagt wurde, gilt auch für die Reptilien und ich kann daher ganz kurz darüber hinweggehen. Ich bemerke nur, dass auch hier die Dicke der Lamellen, also auch die Breite der Fasern, von innen nach außen allmählich ansteigt (vgl. Textfig. 1 u. 2), dass

auch hier die Fasern in der Mitte ihres Verlaufes, also in der Äquatorialebene, am breitesten sind und nach den Enden sich verschmälern und dass endlich auch hier die oberflächlichsten Fasern die dünnsten sind. Ganz allgemein kommt es vor, dass sich die eine oder andere Lamelle, oder auch eine Gruppe von Lamellen stärker färbt, als die übrigen; man beobachtet dies sowohl bei der Färbung *in toto*, als bei der Schnittfärbung. Es dürfte dies vielleicht weniger auf chemischen Unterschieden der einzelnen Lamellen, als auf rein mechanischen Momenten beruhen.

Das Aussehen der Fasern ruft den Eindruck einer großen Plasticität derselben hervor. Die Grenzlinien, die man auf Äquatorialschnitten sieht, können gerade gestreckt, aber auch nach innen oder außen gebogen sein (vgl. Textfig. 23 bis 26). Zuweilen sind sie in einer Lamelle nach außen, in einer unmittelbar benachbarten nach innen



Textfig. 28.

gebogen. Ganz besonders plastisch scheinen die Linsenfasern des Chamäleons zu sein und ich möchte in diesem Sinne die überraschende Vielgestaltigkeit der Faserquerschnitte dieser Form deuten. Mit dieser Plasticität der Linsenfasern hängt die große Weichheit der ganzen Linse zusammen, die gewiss Jedem, der Reptilienlinsen in der Hand gehabt hat, aufgefallen ist. Man muss daher auch bei der Konservierung von Reptilienlinsen sehr behutsam vorgehen, um nicht hinterher Zerrbilder der Fasern zu bekommen.

Der Verlauf der Fasern innerhalb der Lamellen ist in jenen Linsen, welche Nähte besitzen, so, wie in den meisten Amphibien- und Selachierlinsen, und es gilt also auch für sie das früher für die

Selachier gegebene Schema. In den Linsen ohne Nähte, also in erster Linie in den Linsen der Saurier, ziehen die Fasern, mit Ausnahme der jüngsten, welche nicht bis an die Achse heranreichen, von der vorderen Hälfte der Achse zur hinteren; sie treten also direkt bis an die Achse heran. In beiden Fällen sind die Fasern in der Äquatorialebene am breitesten und werden nach vorn und hinten schmaler, im ersten Fall weniger, im zweiten mehr. Die Radiärlamellen sind in den Linsen mit Nähten windschief verbogen, in den Linsen ohne Nähte dagegen rein meridional gestellt.

Von der Krümmung der Fasern geben die Meridionalschnitte der Textfig. 18 bis 21 eine bessere Vorstellung, als sie eine ausführliche Beschreibung zu geben vermöchte. Ich hebe nur hervor, dass bei den Schlangen die Fasern ungemein stark und gleichmäßig gebogen sind und fast reine Kreisbogen beschreiben, die nur hinten etwas steiler abfallen als vorn. Höchst auffallend ist die Krümmung der Fasern beim Chamäleon; die Fasern ziehen fast gerade gestreckt in ungemein flachen Bogen durch die Linse und fallen nur vorn und hinten steil gegen die Achse ab. In der Nähe der Achse habe ich eine netzförmige Zeichnung wahrgenommen, die auch auf der Skizze wiedergegeben ist und die vielleicht auf ein eigenthümliches Verhalten der Faserenden zu beziehen sein dürfte.

Über die Kapsel habe ich nur wenig zu sagen (vgl. die Fig. 4 bis 10, Taf. XII). Sie ist bei allen Reptilien über dem Epithel und dem diesem zuzurechnenden Ringwulst dicker, als an der Hinterfläche. Aber sie ist nicht bei allen Formen gleich dick. Verhältnismäßig dick ist sie beim Alligator und bei Emys (Fig. 8 und 9); bei letzterer habe ich in der Mitte der Vorderfläche 0,0025 mm, am Äquator 0,004 mm und an der Hinterfläche 0,002 mm gemessen. Bei Testudo ist sie vorn 0,004 mm, am Äquator 0,003 mm und hinten höchstens 0,0015 mm dick; vorn besteht sie deutlich aus zwei Schichten: einer sehr dünnen äußeren und einer dicken inneren. Von den untersuchten Sauriern hatte nur der Gecko eine ähnlich dicke Kapsel; hier war zwischen der Mitte der Vorderfläche und dem Äquator kaum ein Unterschied zu merken; überall betrug die Dicke ungefähr 0,004 mm. An der Hinterfläche war sie aber auch hier ungemein dünn. Am Äquator machte sie den Eindruck, als ob sie geschichtet wäre (Fig. 7). Manchmal, wie z. B. bei Emys, färbt sich die Kapsel innen dunkler, als außen, wodurch gleichfalls der Eindruck einer Schichtung hervorgerufen werden kann. Bei den Eidechsen ist die Kapsel stets sehr dünn, so dünn, dass sie kaum mit Sicherheit zu messen ist. Am Äquator ist

sie ungefähr eben so dick, wie in der Mitte der Vorderfläche. Bei *Lacerta viridis* und *faraglionensis* schätze ich sie an beiden Stellen auf ungefähr 0,0018 mm; hinten beträgt die Dicke höchstens 0,001 mm. Bei *Pseudopus* ist die Kapsel vorn 0,004 mm dick, wird dann in demselben Maße dünner, als das Epithel dicker wird, und misst am Äquator etwa 0,0025 mm. Beim Chamäleon ist die Kapsel so dünn, dass ich sie nicht sicher messen konnte; ich schätze sie am Äquator auf höchstens 0,001 mm. Die Linsenkapsel der meisten Schlangen ist etwas dicker, als die der Saurier. Bei der Zornnatter beträgt die Dicke an der Vorderfläche 0,003 mm, am Äquator 0,004 mm, hinten höchstens 0,002 mm. Bei der Viper ist die Kapsel viel dünner; ihre Dicke beträgt vorn und am Äquator wenig über 0,001 mm. Viel dicker ist sie dagegen wieder bei *Eryx*; hier ist sie in der Nähe des vorderen Linsenpoles dicker als am Äquator, verhält sich also in dieser Hinsicht ähnlich wie bei *Pseudopus*; vorn beträgt der Durchmesser 0,0045 mm, am Äquator 0,003 mm; hinten ist er ungefähr so groß, wie bei der Zornnatter. Jedenfalls ist bei den Schlangen die Kapsel hinten dicker, als dies sonst zu sein pflegt.

Die Litteratur über die Linse der Reptilien ist außerordentlich dürftig. Der Erste, der eine genaue Beschreibung derselben gab, war HEINRICH MÜLLER. Er hat auch den Ringwulst der Reptilienlinse entdeckt und in seiner Arbeit »Über das Auge des Chamäleon«¹ kurz beschrieben. Der Ringwulst der Vögel war, wie noch im nächsten Kapitel aus einander gesetzt werden wird, damals schon lange bekannt. Über die Linse des Chamäleon schreibt H. MÜLLER: »An der Krystalllinse ist nächst der starken Wölbung (2,8 mm Achse bei 3,6 mm äquatorialem Durchmesser) dieselbe Formation bemerkenswerth, welche ich bei Vögeln beschrieben habe. Die konzentrische Faserung geht hinter dem Äquator in eine Schicht radial gestellter, palissadenartiger Fasern über, welche ihrerseits nach vorn in das sogenannte Epithel der Kapsel übergehen, indem sie niedriger und breiter werden. Dieser Ring radialer Fasern ist hier noch mehr entwickelt als im Falkenaugen, indem diese je mit einem Kern versehenen Fasern eine Höhe von über $\frac{1}{2}$ mm erreichen und nicht nur weit nach hinten, sondern noch mehr nach vorn reichen. Es ist nämlich der Bezirk, in welchem polygonale epithelartige Zellen liegen, höchstens

¹ HEINRICH MÜLLER, Über das Auge des Chamäleon mit vergleichenden Bemerkungen. Würzburger naturwiss. Zeitschr. III. 1862. Enthalten in: Gesammelte Schriften H. MÜLLER's, herausgeg. von OTTO BECKER. Bd. I. 1872 p. 144—166.

$\frac{1}{2}$ mm groß, also viel kleiner, als die Pupille. Bei *Lacerta agilis* ist diese bei Schildkröten und Schlangen fehlende vogelähnliche Linsenform auch vorhanden, weniger als beim Chamäleon, aber immer noch stärker, als bei manchen Vögeln, z. B. Eulen.« Auf eine Kritik dieser Angaben brauche ich nach dem oben Gesagten nicht einzugehen, aber ich möchte doch die große Übereinstimmung derselben mit meinen Befunden hervorheben.

Eingehender hat sich HENLE¹ mit der Linse der Reptilien beschäftigt. Er hat nicht bloß den Ringwulst genauer untersucht, sondern hat auch jenes eigenthümliche Epithelpolster entdeckt, welches die Linse der Nattern und Vipern charakterisirt; nur greift er zu weit, wenn er diese Epithelformation den Schlangen überhaupt zuschreibt. Dass es auch Schlangen giebt, denen sie fehlt, wusste HENLE nicht. Den Ringwulst der Reptilien beschreibt HENLE gemeinsam mit dem der Vögel und meint, »dass sich die Fasern derselben durch große Gleichförmigkeit auszeichnen, so dass nicht einmal die Fasern des Ringwulstes der Vögel und der Reptilien anders, als durch eine etwas größere Widerstandsfähigkeit der letzteren, von einander unterschieden sind«. Da er sich in der ganzen Beschreibung immer nur auf die Vögel bezieht und auch alle Abbildungen, welche das feinere Detail der Ringwulstfasern zeigen sollen, den Vogellinsen entnommen sind, so werde ich erst im nächsten Kapitel genauer auf diese Angaben eingehen. Merkwürdig ist, dass HENLE das Epithelpolster der Natternlinse mit dem Ringwulst der Eidechsenlinse vergleicht und geradezu als solchen bezeichnet, freilich einmal mit der einschränkenden Bemerkung: »wenn man ihn so nennen darf«. Die Beschreibung des Epithelpolsters ist durchaus richtig, mit Ausnahme der Bemerkung, dass »die zu prismatischen Stäbchen ausgewachsenen Epithelzellen«, »noch vor dem Äquator auf die Mächtigkeit gewöhnlicher Pflasterepithelzellen reducirt« sind. Dies trifft für die Vipernlinse ungefähr zu, nicht aber für die Natternlinse; aber die Vipernlinse hat HENLE nicht untersucht. HENLE fügt dann noch hinzu: »Während also die Fasern des Ringwulstes in ihrer Gesammtheit bei den übrigen Reptilien einen gegen beide Ränder zugeschärften Reif darstellen, setzen die entsprechenden Fasern der Schlangen eine auf die Vorderfläche der meridionalen Fasersubstanz aufgepasste gewölbte Platte mit zugeschärftem, kreisförmigem Rande zusammen.«

Was die allgemeine Form der Linse betrifft, so ist sie bei HENLE

¹ J. HENLE, Zur Anatomie der Krystalllinse. Abhandl. der kgl. Ges. der Wiss. zu Göttingen. Bd. XXIII. 1878.

nicht richtig dargestellt. Die Linsen von *Lacerta agilis* und *Anguis fragilis* stellen bei ihm vorn und hinten gleich stark gewölbte Körper, die Linse von *Tropidonotus natrix* eine reine Kugel dar. Von der letzteren bemerkt er übrigens in einer Anmerkung, dass sie »fast kugelig« sei. Auch mit den von HENLE gegebenen Maßen kann ich mich nicht einverstanden erklären. Die Linse von *Lacerta agilis* soll einen Äquatorialdurchmesser von 1,25 mm, die von *Anguis fragilis* einen solchen von 1,60 mm und die von *Pseudopus Pallasii* einen solchen von 3,30 mm besitzen. Zwei von diesen Maßen bleiben ziemlich weit hinter den von mir gefundenen zurück, eines, die Blindschleiche betreffend, geht weit über das von mir gefundene hinaus. Die Blindschleiche soll also eine größere Linse besitzen, als die Eidechse; man braucht nicht erst zu messen, um sich vom Gegentheil zu überzeugen. Ich gebe gern die Möglichkeit zu, dass ein Anderer bei anderer Konservirung auch etwas andere Maße finden wird, als ich gefunden habe; aber ich bin überzeugt, dass die Differenzen nicht sehr groß sein können. HENLE scheint die Linsen nicht in situ gehärtet, sondern schon vor dem Fixiren aus dem Auge entfernt zu haben. So weiche Linsen, wie die der Reptilien, können aber dabei leicht ihre natürliche Form ändern.

Seit der Arbeit HENLE's ist meines Wissens nichts mehr über den feineren Bau der Reptilienlinse erschienen. Auch C. K. HOFFMANN bezieht sich in seiner im Jahre 1890 erschienenen Bearbeitung der Reptilien in BRONN's Klassen und Ordnungen des Thierreiches bloß auf H. MÜLLER und HENLE. Dagegen verdient hervorgehoben zu werden, dass THEODOR BEER¹ in einer kürzlich erschienenen Arbeit über »Die Accommodation des Auges bei den Reptilien« von einer Reihe von Formen Bilder von Meridionalschnitten durch die Linse und die vordere Hälfte des Bulbus gegeben hat, die in vorzüglicher Weise die allgemeine Form der Linse, das Verhältnis des Ringwulstes zur Linsenfasermasse und, bei den Nattern, das Epithelpolster der vorderen Linsenfläche zur Anschauung bringen².

¹ THEODOR BEER, Die Accommodation des Auges bei den Reptilien. PFLÜGER's Arch. f. d. ges. Physiologie. Bd. LXIX. 1898. Giebt Durchschnitte von *Varanus griseus*, *Emys lutaria*, *Alligator mississippiensis*, *Coluber aesculapii* und *Eumeces Schneideri*.

² Kürzlich ist eine Arbeit von OSAWA unter dem Titel »Beiträge zur Lehre von den Sinnesorganen der *Hatteria punctata*« erschienen (Arch. f. mikr. Anat. Bd. LII. 1898), welche auch Einiges über die Linse bringt. Offenbar waren die von OSAWA untersuchten *Hatteria*-Linsen sehr viel besser konservirt als die, welche mir zur Verfügung standen. Nach OSAWA zeigt der Ringwulst von

IV. Vögel.

A. Entwicklung. Die Entwicklung der Linse der Vögel habe ich bis zur Ringwulstbildung ungefähr gleich vollständig an der Ente und am Huhn untersucht. Ich folge in der Darstellung zunächst den Beobachtungen an der Ente und gebe eine genauere Darstellung der Ringwulstbildung vom Huhn.

Im Stadium von 16 Urwirbeln zieht das Ektoderm noch ganz glatt und ohne Verdickung über die primäre Augenblase hinweg; ja, es ist über dieser sogar dünner, als an der Ventralseite des Kopfes. Dagegen erscheint es im Stadium von 18 Urwirbeln schon deutlich verdickt und wir müssen daher in dieses Stadium den Anfang der Linsenbildung verlegen. Die Linsenplatte, wie wir das verdickte Ektoderm wieder nennen können, ist aber weder nach oben, noch nach unten irgendwie scharf begrenzt. In diesem Stadium ist die Gehörgrube schon tief eingesenkt, der Eingang derselben aber noch weit offen und ohne Tendenz, sich zu schließen. Von einer Riechgrube ist nichts zu sehen.

Im Stadium von 20 Urwirbeln ist das Ektoderm über der Augenblase eben merklich flacher als sonst, aber noch ohne Spur einer Vertiefung. Die Kerne stehen in der Linsenplatte etwas dichter, als sonst im Ektoderm. Die Theilungsfiguren liegen sämmtlich an der freien Seite. Zwischen Linsenplatte und Augenblase findet sich ein spaltförmiger, ganz zellenfreier Raum. Das Mesoderm hört an der dorsalen Fläche der Augenblase auf; ventralwärts finden sich überhaupt nur wenige, symmetrisch rechts und links in einiger Entfernung von der Mittellinie gelegene Mesodermzellen.

Der jüngste Embryo, der eine Einstülpung der Linsenplatte zeigte, hatte 23 Urwirbel. Gleichzeitig hat sich die laterale Wand der Augenblase einzusenken begonnen. Ich habe das rechte Auge dieses Embryo auf Taf. XIII, Fig. 1 wiedergegeben. Weitaus die Mehrzahl der Kerne der Linsenplatte liegt der basalen Seite viel näher, als der freien; in der Nähe dieser, dicht unter der Oberfläche, findet man zahlreiche Theilungsfiguren; zwei davon sind auch an dem ab-

Hatteria eine »starke Ausbildung«; ich möchte dies nach der von ihm gegebenen Skizze etwas abschwächen und lieber »ziemlich stark« sagen. In der schematischen Abbildung des Ringwulstes auf Taf. XVII, Fig. 14 zeichnet OSAWA die Kerne der Ringwulstfasern ganz am basalen Ende; es würde dies ein etwas ungewöhnliches Verhalten sein. Übrigens habe ich keinen Grund, an der Richtigkeit dieser Angabe zu zweifeln, zumal die Arbeit im Ganzen den Stempel großer Genauigkeit an sich trägt.

gebildeten Schnitte zu sehen. — Die Linsengrube wird rasch tiefer und im Stadium von 25 Urwirbeln hat sie das Aussehen der Fig. 2, Taf. XIII. Die Grube ist nicht nach allen Richtungen gleichmäßig vertieft, sondern erscheint, ähnlich wie bei den Amphibien und Reptilien, dorsalwärts tiefer, als ventralwärts. Die Wand der Grube ist außerordentlich dick und die Kerne liegen in ihr, wie früher, der basalen Seite näher, als der freien. Dicht unter der Oberfläche bemerkt man wieder zahlreiche Theilungsfiguren; in dem abgebildeten Schnitte waren nicht weniger als vier zu sehen, und zwar zwei im Stadium der Tochtersterne und zwei im Stadium der Tochterknäuel. Alle Figuren liegen in der dorsalen Hälfte der Grube; in der ventralen ist ihre Zahl auch in den benachbarten Schnitten eine viel geringere. Von den vier Theilungsfiguren des abgebildeten Schnittes sind drei so gestellt, dass die Theilungsachse senkrecht gegen die Oberfläche gerichtet ist. — Es erhebt sich nun wieder die Frage, ob man das Epithel der Linsengrube als einschichtiges oder mehrschichtiges aufzufassen habe. Ich gebe zu, dass die letztere Auffassung Manches für sich hat, und dass sich ein absolut sicherer Beweis für das Gegentheil nicht erbringen lässt. Wenn ich auch hier das Epithel für einschichtig halte, so stütze ich mich, wie bei den Reptilien, erstens darauf, dass weitaus die Mehrzahl der Kerne der basalen Seite der Wand genähert ist, und zweitens darauf, dass die Theilungsfiguren immer und ausnahmslos dicht unter der freien Fläche stehen, also dieselbe Lage haben, wie in einschichtigen Epithelien. Die vertikale Stellung der Theilungsachsen kann mich nach dem, was ich schon in dem vorigen Kapitel darüber gesagt habe, in dieser Auffassung nicht irre machen: wir wissen eben nicht, wie sich nach vollzogener Theilung die neugebildeten Zellen zwischen ihre Genossen einordnen. — Zwischen der basalen Fläche der Wand der Linsengrube und der lateralen Wand der Augenblase findet sich wieder der schon früher bemerkte zellenfreie Spaltraum, der sich jetzt über und unter der Linsengrube zu einem, auf dem Querschnitt dreieckigen Raum erweitert hat, an den aber das Mesoderm der Umgebung nicht heranreicht. — In diesem Stadium hat sich die Eingangsöffnung der Gehörgrube schon zu verengern begonnen, und außerdem bemerkt man, wie übrigens schon im Stadium von 23 Urwirbeln, an der Stelle, an der sich später die Riechgrube entwickelt, eine flache Ektodermverdickung.

Im Stadium von 26 Urwirbeln zeigt die Linsengrube, abgesehen davon, dass sie tiefer geworden ist, keine wesentliche Veränderung. Bei den zwei Embryonen dieser Urwirbelzahl, die ich untersucht

habe, war sie übrigens nicht ganz gleich entwickelt, indem sie bei dem einen erheblich tiefer war als bei dem anderen. Ähnliche Differenzen zeigten diese Embryonen auch in der Ausbildung der Gehörgruben.

Im Stadium von 29 Urwirbeln bietet die Linsenanlage das auf Taf. XIII, Fig. 3 wiedergegebene Bild. Sie stellt einen dorsalwärts gerichteten Sack vor, der sich nach unten und außen öffnet. An der dem Lumen zugekehrten Wand dieses Sackes trifft man wieder sehr zahlreiche Theilungsfiguren, und zwar, wie früher, mehr in der dorsalen als in der ventralen Hälfte. Die Eingangsöffnung des Linsensäckchens hat jetzt einen größten Durchmesser von 0,04 mm. — In diesem Stadium ist die Eingangsöffnung des Gehörbläschens schon erheblich enger geworden. Außerdem hat sich jetzt die Riechplatte zu einer seichten Grube eingesenkt.

Embryonen mit 30 und 31 Urwirbeln zeigen im Vergleich mit dem eben erwähnten keine wesentliche Veränderung. Auch im Stadium von 32 Urwirbeln ist der Fortschritt gegenüber dem zuletzt betrachteten Stadium nur ein geringer. Ein Vergleich der Fig. 3 und 4 lehrt, dass dieser Fortschritt darin besteht, dass das Linsensäckchen größer und die Einstülpungsöffnung kleiner geworden ist. Diese beträgt jetzt 0,02—0,03 mm. Auch jetzt zeigt die dorsale Hälfte des Säckchens ein lebhafteres Wachsthum als die ventrale, und damit stimmt auch die Vertheilung der Theilungsfiguren überein. Übrigens sind diese in manchen Schnitten auch sonst so zahlreich, dass die Innenseite des Säckchens zuweilen geradezu von ihnen übersät erscheint. — In diesem Stadium hat sich die laterale Wand der Augenblase von der Wand des Linsensäckchens etwas zurückziehen begonnen, und zwar in der Weise, dass auf dem Querschnitt zwei ungefähr dreieckige Räume sichtbar werden (vgl. Fig. 4). Demnach zeigt der Raum, welcher später vom Glaskörper eingenommen wird, bei den Vögeln im Beginn seiner Entwicklung genau dieselbe Form wie bei den Fischen, Amphibien und Reptilien. — Bei Embryonen dieses Alters beginnt sich auch die Retina bereits zu differenzieren. — Das Gehörbläschen steht jetzt nur mehr durch eine enge Öffnung mit der Oberfläche in Verbindung. Die noch immer flache Riechgrube ist dorsalwärts etwas tiefer als ventralwärts. Ein Embryo, der in Beziehung auf seine Sinnesorgane genau eben so weit entwickelt war, stammte aus einem Ei, das 72 Stunden bebrütet war.

Die Ablösung des Linsenbläschens vom Ektoderm macht nun rasche Fortschritte. Bei einem Embryo mit 33 Urwirbeln war die

Einstülpungsöffnung nur mehr 0,015 mm weit und bei einem Embryo mit 35—36 Urvirbeln war die Ablösung bereits vollzogen. Aber es war noch deutlich sowohl am Ektoderm, als an der äußeren Wand des Linsenbläschens die Stelle zu erkennen, wo die Ablösung erfolgt war (vgl. Fig. 5, Taf. XIII). In den Ektodermzellen waren an der betreffenden Stelle einige dunkel gefärbte Körnchen zu sehen, und ganz ähnliche Körnchen fanden sich auch in der lateralen Wand des Linsenbläschens. Überdies zeigte das Lumen des Bläschens an dieser Stelle eine trichterförmige Aussackung. Zwischen Ektoderm und Linsenbläschen lagen frei in dem Spaltraum einige Zellen von rundlicher oder ovaler Form, deren Protoplasma von dunkeln Körnchen so vollgepfropft war, dass der Kern dadurch ganz verdeckt wurde. Diese Zellen stammen, wie meine Beobachtungen am Hühnchen lehren, zweifellos von dem Stiel des Bläschens. Sie gehen später spurlos zu Grunde. Bei einem zweiten, gleich weit entwickelten Embryo konnte ich eine ähnliche Zelle auch in der Höhle des Bläschens finden. Die beiden Wände sind jetzt schon verschieden gebaut; die mediale Wand ist dicker und erhebt sich in Form eines flachen Polsters gegen das Lumen. Die Zellen sind an dem freien, dem Lumen zugewendeten Ende in die Länge gewachsen und färben sich hier etwas intensiver als an dem entgegengesetzten Ende. Damit hat die Umbildung dieser Zellen zu Linsenfasern begonnen. Auch jetzt enthalten noch beide Wände des Bläschens Theilungsfiguren in großer Menge; indessen sind diese in der lateralen Wand schon viel zahlreicher als in der medialen. Der lange oder Äquatorialdurchmesser beträgt jetzt 0,205 mm, der kurze oder die spätere Linsenachse 0,14 mm. Der Raum zwischen Linse und Augenblase hat sich beträchtlich erweitert und zeigt dieselbe Form wie bei den niederen Wirbelthieren; in ihm finden sich nur spärliche verästelte Zellen. — Zu dieser Zeit steht das Gehörbläschen nur mehr mittels eines dünnen Stieles, der ein sehr enges Lumen einschließt, mit der Körperoberfläche in Verbindung. Linsenbläschen und Gehörbläschen lösen sich also bei der Ente ungefähr zu gleicher Zeit vom Ektoderm ab. — Die Nasen-grube hat sich erheblich vertieft, zeigt aber im Übrigen nichts Besonderes.

Ein Embryo, dessen Urvirbel ich nicht gezählt hatte, der aber in Beziehung auf seine Sinnesorgane genau eben so weit entwickelt war, wie der eben erwähnte, stammte aus einem Ei, das 96 Stunden bebrütet war. Aus einem Vergleich mit dem früher Gesagten kann man entnehmen, wie unsicher es ist, den Entwicklungsgrad der Embryonen

während der ersten Tage nach der Dauer der Bebrütung zu bestimmen.

Nachdem sich das Linsenbläschen vom Ektoderm abgelöst hat, wächst es sehr rasch weiter; dabei ist das Wachstum Anfangs am Äquator viel lebhafter als in der Richtung der Achse. Bei einem Embryo mit 39—40 Urwirbeln betrug der Äquatorialdurchmesser 0,265 mm, die Achse 0,15 mm und die Dicke der medialen Wand 0,1 mm. Das Lumen des Bläschens ist auf dem Querschnitte sichelförmig geworden. Bei einem Embryo mit 43 Urwirbeln zeigt die Linse auf dem Meridionalschnitt das in Fig. 6, Taf. XIII wiedergegebene Bild. Der Äquatorialdurchmesser beträgt jetzt 0,33 mm, die Achse 0,24 mm und die Dicke der medialen Wand 0,15—0,16 mm. Diese Wand stellt eine linsenförmige Platte dar, die weit ins Lumen vorspringt und dasselbe verengt. Im centralen Theil dieser Platte stehen die Kerne lange nicht so dicht wie in der Peripherie; auch sind sie mehr kugelig, während sie sich nach der Peripherie zu allmählich in die Länge strecken. Theilungsfiguren kommen in ihr, abgesehen von ihrer ganz peripherischen Zone, nicht mehr vor; die Theilung der Zellen hört also kurze Zeit, nachdem die Umbildung zu Linsenfasern begonnen hat, auf. Die jungen Linsenfasern lassen, wie bei allen bisher betrachteten Formen, einen sehr deutlichen Unterschied zwischen freiem und basalem Ende erkennen; das freie, dem Lumen des Bläschens zugewendete Ende färbt sich mehr oder weniger intensiv mit Kochenillealaun, das freie bleibt blass und zeigt auch ein mehr blasiges Aussehen. Die innersten Fasern sind nahezu gerade gestreckt; in der Peripherie aber krümmen sie sich so, dass ihre Konkavität nach außen gekehrt ist. Ungefähr in der Mitte der medialen Wand haben sich die basalen Enden der Fasern etwas zurückgezogen und man bemerkt hier, dass es bereits zur Bildung einer Linsenkapsel gekommen ist. Die laterale Wand des Bläschens ist am Äquator eben merklich dicker als in der Mitte. Die Kerne stehen in ihr zum größten Theil an der basalen Seite; in der Nähe der freien, dem Lumen zugekehrten, trifft man wieder Theilungsfiguren in außerordentlich großer Zahl. Es kann kaum einem Zweifel unterliegen, dass sich bei der Konservirung an der Linse dieses Embryo die mediale Wand von der lateralen abgehoben hat, und dass dadurch der Hohlraum des Bläschens vergrößert wurde. Bei einem Embryo von 45 Urwirbeln liegen mediale und laterale Wand nahe an einander und weichen nur am Äquator von einander ab. Die Linsenfasern sind daher an ihrer medialen Fläche nahezu plan,

wogegen die laterale um so stärker vorspringt. Durch diese Eigenthümlichkeiten erklären sich auch die Differenzen in den Maßen; diese betragen bei dem letztgenannten Embryo im Äquator 0,36 mm, in der Achse 0,22 mm, während sich für die Linsenfasern eine Länge von 0,18 mm ergab. Das Linsenepithel ist zu dieser Zeit an der Epithelgrenze noch nicht zu meridionalen Reihen geordnet.

Embryonen mit 45 Urwirbeln sind ungefähr 5 Tage alt, vorausgesetzt, dass man, wie ich das immer zu thun pflege, die Enteneier von Hühnern bebrüten lässt. Es ist mir nicht gelungen, auch noch bei älteren Embryonen mit Sicherheit die Urwirbel zu zählen, und ich kann daher den Entwicklungsgrad derselben nicht mehr, wie bisher, durch Angabe der Urwirbelzahl bestimmen. Übrigens hat dies nicht viel auf sich; denn erstens nimmt die Zahl der Urwirbel gewiss nur sehr wenig zu, und zweitens gleichen sich bekanntlich die Differenzen, denen man während der ersten Tage der Bebrütung begegnet, später mehr und mehr aus. Man kann daher in späteren Stadien mit einiger Sicherheit den Entwicklungsgrad durch die Angabe des Alters charakterisiren.

Der nächste Embryo, dessen Augen ich untersuchte, war ungefähr 6 Tage alt; er hatte, nach Platinechlorid-Sublimathärtung eine größte Länge von 14 mm. Seine Linsen hatten einen Äquatorialdurchmesser von 0,83 mm und eine Achse von 0,42 mm; das Epithel war in der Mitte der Vorderfläche nicht ganz 0,01 mm, am Äquator 0,03 mm dick. An der Epithelgrenze war eine schmale, höchstens 0,035 mm breite Zone nachweisbar, in der die Zellen begonnen hatten, sich zu meridionalen Reihen zu ordnen. Diese Reihen trugen indessen noch nicht jene außerordentliche Regelmäßigkeit zur Schau, welche sie später und bei erwachsenen Thieren charakterisirt.

Der folgende Embryo war 6 Tage 22 Stunden alt. Die Durchmesser der Linse waren schwer mit Sicherheit zu bestimmen, weil sich das Epithel, wie dies bei den meisten älteren Embryonen zu geschehen pflegt, von der Linsenfasermasse ziemlich weit abgehoben hatte. Ich kann daher die Durchmesser nur schätzungsweise angeben. Für den Äquatorialdurchmesser fand ich einen Werth von 0,87 mm, für die Achse einen solchen von 0,53 mm, oder nach Abzug des Lumens von 0,48 mm. Die Dicke des Epithels betrug am Äquator nicht ganz 0,04 mm, und in der Mitte der Vorderfläche ungefähr so viel wie früher. Hier lagen die Zellkerne schon in einfacher Reihe, während sie sich gegen die Peripherie allmählich häuften. Die Zone der meridionalen Reihen an der Epithelgrenze war etwas breiter geworden

und die Reihen selbst schienen um eine Spur regelmäßiger zu sein als früher. Die Fasern besitzen noch durchwegs Kerne, und diese sind auch im Centrum der Linse der Mehrzahl nach langgestreckt; kugelige Kerne trifft man hier jetzt viel seltener als bei jüngeren Embryonen. Die Kerne sind um so dichter gehäuft, je näher dem Epithelrande sie stehen. Auf Meridionalschnitten, welche möglichst genau durch die Mitte der Linse gehen, bilden sie in ihrer Gesamtheit einen flachen Bogen, dessen Konkavität nach hinten sieht. Der Bogen ist um so dicker oder breiter, je näher der Achse. — Einen Theil eines Meridionalschnittes habe ich auf Taf. XIII, Fig. 7 abgebildet. Durch den Umstand, dass die Zellen des Linsenepithels bis zur Epithelgrenze kontinuierlich an Höhe zunehmen, könnte man leicht zu der Auffassung geführt werden, dass schon jetzt die Bildung des Ringwulstes begonnen habe. Ich halte aber eine solche Auffassung nicht für richtig. Bei einem Ringwulst nimmt zwar auch die Dicke des Epithels zunächst kontinuierlich zu, dann aber, gegen die Epithelgrenze, nimmt sie wieder ab, so dass sich dadurch der Ringwulst, wenn auch nicht sehr scharf, so doch immerhin in ganz bestimmter Weise gegen die Linsenfaserne absetzt.

Der nächste Embryo war 8 Tage 3 Stunden alt. Das Epithel hatte sich von der Linsenfaserne nur sehr wenig abgehoben, so dass es mir möglich war, mit ziemlicher Sicherheit die Maße abzunehmen. Der Äquatorialdurchmesser betrug 1,16 mm, die Achse 0,68 mm, die Dicke des Epithels in der Mitte der Vorderfläche höchstens 0,01 mm, am Äquator 0,04 mm, und hinter demselben, unmittelbar vor dem Übergang in die Linsenfaserne, 0,056 mm. Im Übrigen hatte die Linse wesentlich dasselbe Aussehen wie früher; nur waren am Äquator die Kerne der Epithelzellen etwas von der basalen Seite abgerückt, und zwar um so mehr, je näher der Epithelgrenze. Die Krümmung der Zellen am Äquator und der Linsenfaserne war dieselbe wie früher.

Der nächste Embryo war 10 Tage 6 Stunden alt. Seine Linsen hatten einen Äquatorialdurchmesser von 1,35 mm, eine Achse von 0,82 mm, das Epithel war in der Mitte der Vorderfläche 0,008 mm, am Äquator 0,036 mm und unmittelbar vor der Epithelgrenze 0,06 mm dick. Von einem eigentlichen Ringwulst kann auch jetzt noch nicht gesprochen werden. Einen Theil eines Meridionalschnittes habe ich auf Taf. XIII, Fig. 8 abgebildet. Es war überall eine Kapsel vorhanden, die sich hinten in großer Ausdehnung von der Oberfläche der Linse abgehoben hatte. Dies war der letzte, von mir untersuchte

Embryo, dessen Linsenfasern noch durchwegs Kerne besaßen. Im Centrum der Linse zeigten sie aber schon jene Veränderungen, welche zum Kernschwunde führen. Sie waren ungemein klein, fast punktförmig, und färbten sich sehr intensiv und gleichmäßig.

Wie schon in den früheren Kapiteln aus einander gesetzt wurde, wird durch die Bildung der meridionalen Reihen die Bildung der Radiärlamellen eingeleitet. Ich habe nun die zweite Linse des zuletzt genannten Embryo in Äquatorialschnitte zerlegt und mich überzeugt, dass in der That schon in der Peripherie der Linsenfasermasse radiäre Lamellen vorhanden waren; aber sie waren noch ungemein kurz und ziemlich unregelmäßig. Ich schätze ihre Länge auf nicht mehr als 0,07 mm. Da der Durchmesser der ganzen Linsenfasermasse ungefähr 1,2 mm beträgt, so nehmen also dieselben noch einen sehr geringen Antheil an dem Aufbau derselben. Ihre Zahl zu bestimmen war mir leider nicht möglich, da die Schnitte nicht genau senkrecht zur Achse geführt waren.

Der jüngste, von mir untersuchte Embryo, der eine Ringwulstanlage besaß, war 13 Tage 20 Stunden alt. Der Äquatorialdurchmesser der Linse betrug 1,6 mm, die Achse ungefähr 1,12 mm. Das Epithel bestand an der ganzen Vorderfläche aus 0,01 mm hohen, kubischen Zellen mit relativ großen, kugeligen Kernen. Erst gegen die Peripherie wurden die Zellen allmählich höher und erreichten schließlich eine Höhe von 0,05 mm. Von da nahm die Höhe bis zur Epithelgrenze, wo sie 0,035 mm betrug, wieder allmählich ab, und zwar rascher, als sie zugenommen hatte. Das Epithel war also an der Epithelgrenze niedriger geworden. Die Zellen waren in der Ringwulstanlage so gebogen, dass ihre Konkavität nach vorn gewendet war. Sie standen hier so dicht, dass die Kerne nicht in einer Höhe Platz fanden; indessen waren sie doch zumeist in halber Höhe der Zellen oder um eine Spur der basalen Seite näher als der freien gelegen. — In diesem Stadium haben die innersten Linsenfasern schon die Kerne verloren; die kernlose Masse hat einen Durchmesser von etwa 0,35 mm.

Der älteste Entenembryo, dessen Linsen ich untersuchte, war 17 Tage 20 Stunden alt. Die Maße waren folgende: Äquatorialdurchmesser 2,3 mm, Achse 1,5 mm, Dicke des Epithels am vorderen Pol 0,008 mm, am Äquator 0,07 mm, und an der Epithelgrenze 0,036 mm. Sein Ringwulst war schon viel besser entwickelt (vgl. Taf. XIII, Fig. 9). Die Zellen desselben sind zu kurzen, mäßig gebogenen, mit ihrer Konkavität nach vorn gerichteten Fasern ausgewachsen; ihre

Kerne sind oval und unterscheiden sich dadurch noch von den kugeligen Kernen der Ringwulstfasern der erwachsenen Thiere. Sie sind wie früher so dicht gestellt, dass sie nicht in einfacher Reihe Platz finden; indessen sind sie doch wieder der Mehrzahl nach in halber Höhe des Ringwulstes gelegen. Nach hinten, gegen die Epithelgrenze, nimmt die Dicke des Ringwulstes sehr rasch ab, und die Kerne ordnen sich mehr und mehr zu einer einfachen Reihe; nach vorn wird der Ringwulst nur ganz langsam niedriger, schließlich aber, nachdem er ins gewöhnliche Epithel der Vorderfläche übergegangen ist, ordnen sich auch hier die Kerne in eine einfache Reihe, die der freien, der Linsenfaser-masse zugekehrten Seite näher liegt als der basalen. Die kernlose, centrale Masse von Linsenfäsern hat jetzt einen Durchmesser von ungefähr 0,77 mm. Darauf folgt eine schmale Zone, in der man die verschiedenen Stufen des Kernschwundes beobachtet, und den Schluss macht eine sehr breite Zone, in der die Kerne noch keine Veränderung zeigen. — Die zweite Linse dieses Embryo habe ich in Äquatorialschnitte zerlegt. An diesen war vor Allem eine Zunahme in der Länge und Regelmäßigkeit der radiären Lamellen zu konstatiren. Ihre Länge betrug ungefähr 0,37 mm; dann kam eine schmale, etwa 0,15 mm breite Übergangszone, und den Rest bildete die Central-fasermasse, für die sich, wie früher, ein Durchmesser von wenig über 1 mm ergab. Die Radiärlamellen waren namentlich in der Nähe der Peripherie der Linse durch dicke Kittlinien von einander getrennt. Ihre Zahl betrug 832; wir werden sehen, dass diese Zahl gut mit der der erwachsenen Ente übereinstimmt, und dass also, wenn überhaupt noch eine Vermehrung der Lamellen erfolgt, dieselbe nur eine ganz unbedeutende ist. —

Die Entwicklung der Linse des Huhnes stimmt in den ersten Stadien so vollständig mit der der Ente überein, dass es überflüssig ist, genauer darauf einzugehen; ich werde daher meine Beobachtungen nur in Form eines kurzen Protokolls mittheilen und nur die späteren Stadien ausführlicher beschreiben.

Embryo mit 17 Urwirbeln: Die Zellen des Ektoderms sind über der Augenblase etwas dichter gestellt, aber es ist noch keine Linsenplatte oder höchstens nur eine Andeutung einer solchen vorhanden. — Embryo mit 18 Urwirbeln: Zeigt wesentlich das gleiche Verhalten. — Embryo mit 20 Urwirbeln: Das Ektoderm ist über der Augenblase deutlich verdickt. Es ist daher in dieses Stadium der Beginn der Linsenbildung zu verlegen. Zu dieser Zeit ist auch beim Huhn die Gehörgrube tief eingesenkt, noch ohne Tendenz sich zu schließen;

ihr Boden berührt die Wand des Medullarrohres. — Embryo mit 21 Urwirbeln: Die Linsenplatte zeigt eine kleine Delle, die schon jetzt dorsalwärts tiefer ist als ventralwärts. Die laterale Wand der Augenblase ist etwas eingebuchtet. — Embryo mit 23 Urwirbeln: Die Delle ist tiefer geworden, im Übrigen aber so beschaffen wie früher. — Embryo mit 25 Urwirbeln: Die Einstülpung hat weitere Fortschritte gemacht; das Linsensäckchen ist etwas tiefer als bei der Ente mit der gleichen Urwirbelzahl. — Embryo mit 27 Urwirbeln: Das Säckchen hat sich noch weiter vertieft; die Einstülpungsöffnung hat jetzt einen Durchmesser von 0,04 mm. — Embryo mit 28 Urwirbeln: Der Durchmesser des Linsensäckchens in dorsoventraler Richtung beträgt 0,167 mm; die Einstülpungsöffnung 0,044 mm. Letztere hat ihre größte Weite erreicht und beginnt sich rasch zu verkleinern. Schon bei einem Embryo mit 30 Urwirbeln ist sie nur mehr 0,013 mm weit; bei einem Embryo mit 31 und einem solchen mit 32 Urwirbeln misst sie höchstens noch 0,008 mm. — Embryo mit 33 Urwirbeln: Die Einstülpungsöffnung ist auf der einen Seite vollkommen, auf der anderen bis auf ein minimales Lumen geschlossen. Vom Hals des Bläschens beginnen sich Zellen abzulösen. Auch das Gehörbläschen steht zu dieser Zeit nur mehr mittels eines fast ganz soliden Stieles mit dem Ektoderm in Verbindung. Linsenbläschen und Gehörbläschen lösen sich also, wie bei der Ente, ungefähr gleichzeitig vom Ektoderm ab. Die mediale Wand des Linsenbläschens ist jetzt schon viel dicker als die laterale. — Embryo mit ungefähr 36 Urwirbeln: Das Bläschen hat sich vollständig vom Ektoderm getrennt. Sein Hals hat sich zurückgebildet, indem ein Theil seiner Zellen sich losgelöst hat und nunmehr, wie bei der Ente, in dem Spaltraum zwischen Ektoderm und Linsenbläschen liegt, während der Rest des Halses mit dem Ektoderm in Verbindung geblieben ist und an demselben eine kleine knötchenförmige Verdickung erzeugt. Diese Stelle scheint sich aber etwas gegen das Bläschen verschoben zu haben, denn sie liegt ungefähr in der halben Höhe desselben. Die mediale Wand des Bläschens ist mehr als doppelt so dick als die laterale; diese ist dort am dünnsten, wo sie mit dem Ektoderm in Verbindung gestanden hat. Das Gehörbläschen hängt jetzt bloß mittels eines sehr dünnen Stieles mit äußerst feinem Lumen mit dem Ektoderm zusammen. — Embryo mit 37—38 Urwirbeln: Die mediale Wand des Bläschens springt polsterartig ins Lumen vor. Sie ist in der Mitte fast dreimal so dick als die laterale. Die Zellen, die sich früher vom Stiel des Bläschens losgelöst haben, sind spärlicher und kleiner

geworden. Die knötchenförmige Verdickung des Ektoderms hat sich abgeflacht, ist aber noch deutlich erkennbar. — Embryo mit ungefähr 40 Urwirbeln: Die Linse bietet wesentlich dasselbe Bild, wie beim vorigen Embryo. In der Höhle des Bläschens liegen einige im Zerfall begriffene Zellen. — Embryo mit ungefähr 45 Urwirbeln: Die Entwicklung der Linsenfasern hat weitere Fortschritte gemacht. Die mediale Wand des Bläschens ist 0,14 mm, die laterale in der Mitte 0,032 mm dick; der Äquatorialdurchmesser beträgt 0,32 mm.

Alle bisher betrachteten Embryonen waren mit Pikrinsäure-Sublimatlösung fixirt; die nächstfolgenden dagegen mit reiner Platinchloridlösung. Diese verursacht aber eine nicht unbedeutliche Quellung der Linse, und es sind daher die an diesen Linsen gefundenen Maße nur unter einander, nicht aber mit den früher mitgetheilten vergleichbar. Bei einem Embryo von 4 Tagen 4 Stunden fand ich einen Äquatorialdurchmesser von 0,57 mm und eine Achse von 0,35 mm; bei einem Embryo von 4 Tagen 7 Stunden betragen beide Durchmesser 0,62 und 0,37 mm; bei einem Embryo von 4 Tagen 19 Stunden 0,67 und 0,42 mm, und endlich bei einem Embryo von 5 Tagen 0,83 und 0,51 mm. Bei allen nahm die Dicke des Epithels am Äquator bis zur Epithelgrenze ganz gleichmäßig zu.

Nun folgen Embryonen, die mit Platinchlorid-Sublimatlösung fixirt, und bei denen die Gewebe mindestens eben so gut wie an den mit Pikrinsäure-Sublimatlösung fixirten, erhalten waren. Der erste dieser Embryonen war 6 Tage alt. Der Äquatorialdurchmesser der Linse betrug 0,83, die Achse 0,42 mm, die Dicke des Epithels in der Nähe des vorderen Poles 0,008 mm, am Äquator und an der Epithelgrenze 0,042 mm. Am Äquator waren die Kerne dicht gehäuft, an der Epithelgrenze wurden sie spärlicher und lagen hier ziemlich dicht unter der noch sehr dünnen Kapsel. Hier färbten sich auch die Zellen an ihren basalen Enden viel dunkler als an ihren freien. — Der nächste Embryo war 7 Tage alt. Der Äquatorialdurchmesser betrug ungefähr 1,0 mm; die Länge der Achse und die Dicke des Epithels am vorderen Pol waren nicht mit Sicherheit zu bestimmen. Am Äquator hatte das Epithel eine Höhe von ungefähr 0,05 mm, und an der Epithelgrenze eine solche von 0,07 mm. Aus einer Serie von schiefen Äquatorialschnitten ging hervor, dass sich die Fasern an der Peripherie schon zu kurzen, noch ziemlich unregelmäßigen radiären Lamellen zu ordnen begonnen hatten. — Wie aus den für die Dicke des Epithels angeführten Maßen hervorgeht, war bei beiden Embryonen das Epithel beim Übergang in die Linsenfasermasse noch eben so dick

oder selbst dicker als am Äquator, und es besaßen also die Linsen noch keine Anlage eines Ringwulstes.

Der jüngste Embryo, der eine solche ganz unzweideutig erkennen ließ, war 8 Tage alt. Demnach ist der Beginn der Ringwulstentwicklung beim Huhn in das Ende des achten oder den Anfang des neunten Tages zu verlegen. Daraus darf aber nicht geschlossen werden, dass der Ringwulst beim Huhn relativ früher auftritt als bei der Ente; denn Entenembryonen entwickeln sich bekanntlich langsamer als Hühnerembryonen, und ein Entenembryo von 10—12 Tagen kann ganz wohl einem Hühnerembryo von 8—9 Tagen entsprechen.

Ich habe beim Huhn vier Stadien der Entwicklung des Ringwulstes untersucht, nämlich bei Embryonen von 8 Tagen, 9 Tagen 6 Stunden, 13 Tagen 20 Stunden und 21 Tagen 5 Stunden. Der letzte Embryo stand also unmittelbar vor dem Ausschlüpfen.

Ich gebe zunächst eine Übersicht über die an den Linsen gefundenen Maße:

Alter des Embryo	Äqu. Durchm.	Achse	Dicke des Epithels in mm		
			am vorderen Pol	in der Mitte d. Ringwulst.	an der Epithelgrenze
8 Tage	1,32	0,7	0,012	0,064	0,05
9 » 6 Stunden	1,45	0,82	0,008	0,076	0,047
13 » 20 »	1,92	1,15	0,008	0,086	0,042
21 » 5 »	2,55	1,7	0,007	0,176	ca. 0,055

Aus diesen Maßen kann man vor Allem ersehen, in welcher Weise die Linse in der Richtung ihrer beiden Durchmesser wächst; ferner sieht man daraus, dass die Dicke des Epithels in der Mitte der Vorderfläche langsam abnimmt, während andererseits der Ringwulst rasch an Höhe gewinnt. Die geringen Schwankungen, welche die Höhe des Epithels an der Epithelgrenze zeigt, scheinen mir von keinem weiteren Belange zu sein.

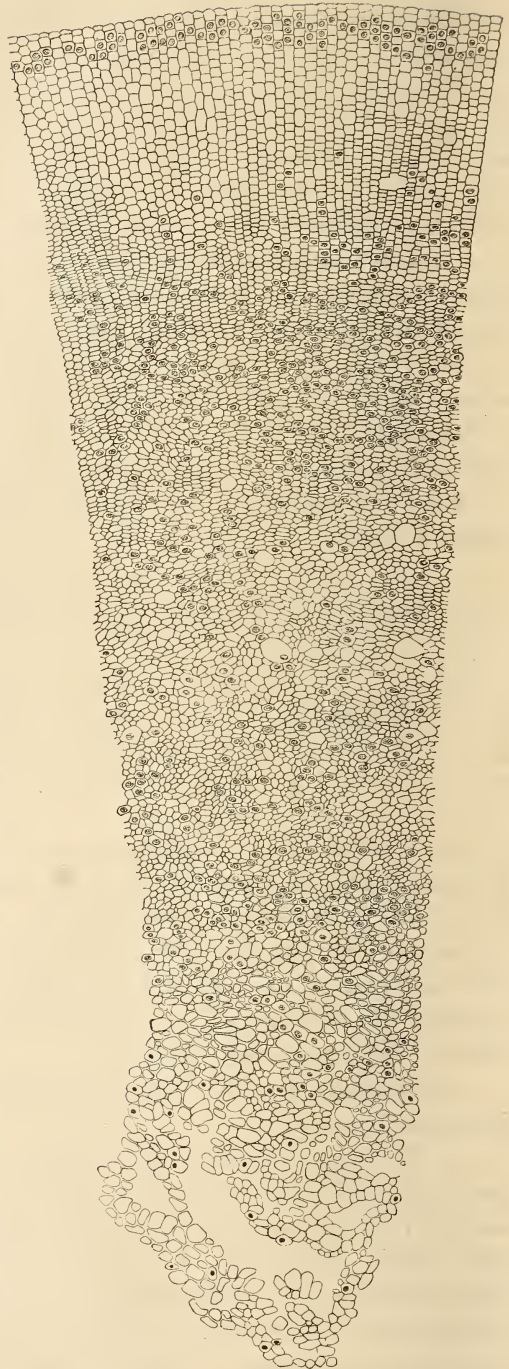
Im Detail zeigten die Linsen dieser Embryonen folgende Eigentümlichkeiten.

In der Ringwulstanlage des 8 Tage alten Embryo waren die Kerne ungemein dicht gehäuft, so dass sie nicht in einer Höhe Platz fanden; indessen waren sie doch im Allgemeinen der basalen Seite etwas näher gelegen als der freien. Die Zellen des Ringwulstes ließen eine deutliche polare Differenzierung erkennen, die darin zum Ausdruck kam, dass sie sich außen viel intensiver färbten als innen. Gegen die Epithelgrenze nahm die Menge der Kerne allmählich ab.



Textfig. 29.

Theilungsfiguren konnte ich nur in der vorderen Hälfte des Ringwulstes finden; sie standen alle dicht unter der inneren Oberfläche, und zugleich so, dass die Theilungsachsen mehr oder weniger parallel derselben gerichtet waren. Aber ich muss es dahingestellt sein lassen, ob dieser Richtung der Theilungsachsen eine tiefere Bedeutung zukommt, oder ob sie nur als zufälliger Befund zu gelten hat. Einen Meridionalschnitt durch den Ringwulst dieser Linse habe ich in Textfig. 29 skizzirt. — Die Anschnitte

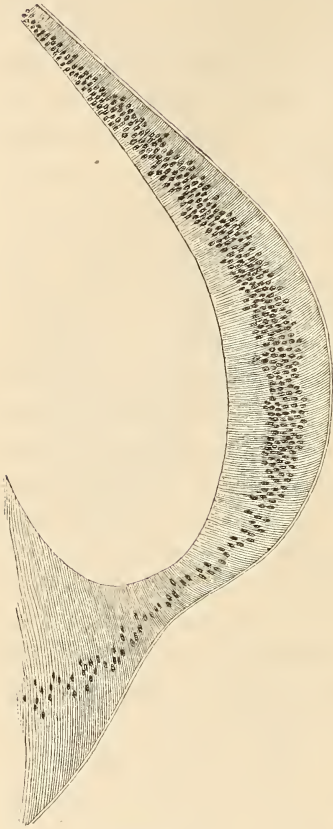


Textfig. 30.

der Linsen ließen erkennen, dass die Zone der meridionalen Reihen schon eine beträchtliche Breite besaß, dass die Reihen selbst durchaus regelmäßig neben einander standen, und dass jede Reihe aus mindestens acht, wahrscheinlich aber aus mehr Zellen bestand. Mit dieser Regelmäßigkeit der meridionalen Reihen stimmen auch die Bilder überein, welche die Äquatorialschnitte, in die ich die zweite Linse dieses Embryo zerlegt hatte, aufwiesen; ein Stück eines solchen Schnittes ist in Textfig. 30 dargestellt. Man sieht an demselben, dass auch jetzt noch weitaus die Hauptmasse der ganzen Linse von den ungeordneten centralen Fasern eingenommen wird. Die Querschnitte dieser Fasern sind unregelmäßig, einzelne von ganz besonderer Größe. — Weiter nach außen beginnen sich die Fasern zu radiären Lamellen zu ordnen und die Form sechseckiger Prismen anzunehmen, die allerdings zunächst noch recht unregelmäßige Querschnitte besitzen. Die radiären Lamellen dieser Übergangszone lassen Theilungen und Intercalationen, ja selbst hier und da Verschmelzungen erkennen. — Noch weiter nach außen werden die Lamellen regelmäßiger und, wenn auch diese Regelmäßigkeit noch nicht so groß ist, wie in den Linsen der erwachsenen Thiere, so sticht diese Zone doch schon jetzt sehr auffallend gegen die Übergangszone ab. Es ist ungemein wahrscheinlich, dass, wenn überhaupt in der Folge noch eine Zunahme der Zahl der Lamellen eintritt, diese doch nur eine ganz unbedeutende ist und im Vergleich mit der Gesamtzahl der Lamellen gar nicht in Betracht kommt. Es ist mir zwar nicht gelungen, mit voller Sicherheit die Lamellen zu zählen, aber ich darf doch sagen, dass ihre Zahl zwischen 660 und 680 beträgt. Diese Zahl stimmt, wie wir sehen werden, mit der Zahl, die man in der Linse des erwachsenen Huhnes findet, gut überein. — Die Fasern besitzen zu dieser Zeit noch durchweg Kerne. Freilich sind auf Äquatorialschnitten stets nur in einem Theil der Faserquerschnitte Kerne nachzuweisen. Die Kerne der centralsten Fasern zeigen bereits die Erscheinungen des beginnenden Kernschwundes. — Ich schätze den Durchmesser der Centralfasermasse auf 0,8 mm, die Dicke der Übergangszone auf wenig über 0,1 mm, und die Länge der Radiärlamellen auf etwa 0,12 mm.

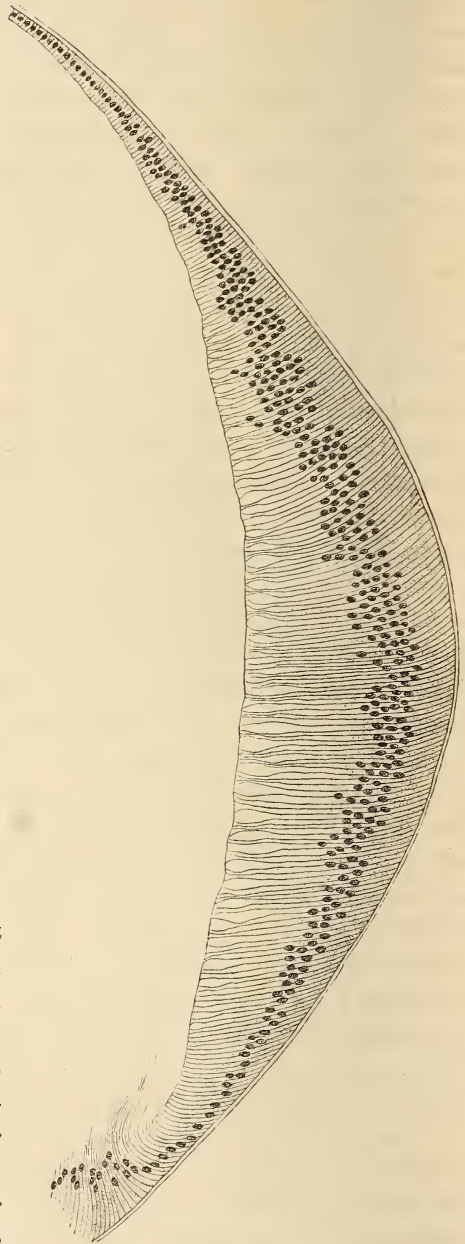
Über die Linse des 9 Tage 6 Stunden alten Embryo brauche ich nicht viel zu sagen. Das Anwachsen des Ringwulstes kann aus den oben angeführten Maßen ersehen werden. Die polare Differenzirung der jungen Ringwulstfasern war auch an dieser Linse deutlich zu erkennen. Die Kerne verhielten sich so wie früher. Auch in diesem Stadium hatten noch alle Linsenfasern Kerne.

Viel weiter entwickelt war der Ringwulst bei dem 13 Tage



Textfig. 31.

20 Stunden alten Embryo. Eine Skizze desselben giebt die Textfig. 31. Ich kann mich daher darauf beschränken, darauf aufmerksam zu machen, dass der Ringwulst nicht bloß in der Dicke, sondern namentlich auch in der Breite sehr erheblich zugenommen hat. Die Lage und Anordnung der Kerne war wesentlich so wie in den beiden vorigen Stadien.



Textfig. 32.

Bei dem Embryo von 21 Tagen 5 Stunden endlich war der

Ringwulst schon wesentlich so gebaut, wie beim erwachsenen Thier (s. Textfig. 32). Die Kerne waren relativ spärlich und bildeten in ihrer Gesamtheit einen flachen Bogen, der sich in der Mitte des Ringwulstes am meisten von der Oberfläche entfernte, vorn und hinten dagegen sich derselben näherte. Gegen die Epithelgrenze wurden die Fasern nicht bloß kürzer, sondern auch breiter, und die Kerne lagen hier in einfacher Reihe. — Die zweite Linse dieses Embryo habe ich in Äquatorialschnitte zerlegt. Die Radiärlamellen waren hier gut zu zählen; ich fand ihrer 642. Die Centralfasern hatten die Kerne verloren. Eben so waren auch in der Übergangszone nur hier und da noch Kerne vorhanden. Weiter nach außen waren dann die verschiedenen Stadien des Kernschwundes zu beobachten. Die Centralfasermasse hatte einen Durchmesser von 0,8—0,9 mm; die Länge der Radiärlamellen betrug ungefähr 0,55—0,60 mm. Die Dicke der Kapsel betrug in der Nähe des vorderen Poles 0,001 mm, über der vorderen Hälfte des Ringwulstes 0,005 mm, in der Peripherie der hinteren Fläche 0,002 und in der Nähe des hinteren Poles 0,001 mm.

Was die Litteratur betrifft, so stehe ich vor der Alternative, entweder eine vollständige, aber ziemlich unfruchtbare und langweilige, oder aber eine unvollständige, nur die wichtigsten Arbeiten berücksichtigende Darstellung zu geben. Im ersten Fall müsste ich nicht bloß die speciell über die Entwicklung des Auges erschienenen Arbeiten berücksichtigen, sondern auch die meisten Lehrbücher und zahlreiche Abhandlungen oder Schriften, welche, wie z. B. »Unsere Körperform« von His nur ganz nebenher auch auf die Entwicklung der Linse Bezug nehmen. Es würde dann die Kritik oft nicht gerade zur Freude der betreffenden Autoren ausfallen. Ich ziehe es vor, den zweiten Weg zu gehen und nur die wichtigsten Etappen in der historischen Entwicklung unserer Kenntnisse der Linsenbildung zu besprechen.

Bekanntlich wird HUSCHKE¹ als derjenige Autor citirt, der die Entwicklung der Linse »durch Einstülpung des äußeren Hautsystems« entdeckte. Indessen ist es von einigem historischen Interesse, dass HUSCHKE aus dem Linsenbläschen nur die Kapsel hervorgehen ließ, nicht aber den »Humor crystallinus« oder den »Linsenstoff«, wie man

¹ E. HUSCHKE, Über die erste Entwicklung des Auges und die damit zusammenhängende Cyklopie. MECKEL's Archiv für Anatomie und Physiologie. Jahrgang 1832.

damals die Substanz der Linse nannte; diese sollte nur eine »Absonderung« der Linsenkapsel sein. Der Erste, der eine durchaus klare und in allen wesentlichen Punkten richtige Darstellung der Linsenentwicklung des Huhnes gab, war REMAK¹. Er hat auch zuerst auf Grund seiner Untersuchungen das »Bildungsgesetz der Linse« aufgestellt, nach welchem das Epithel aus der lateralen, die Linsenfasern aus der medialen Wand des Linsenbläschens entstehen. Auch war er der Erste, der die »Kernzone« H. MEYER's entwicklungs-geschichtlich richtig deutete. Fast Alles, was dann später von BABUCHIN², MANZ³, LIEBERKÜHN⁴, KÖLLIKER⁵, SERNOFF⁶ u. A. über die Entwicklung der Vogellinse mitgetheilt wurde, bestätigte die Angaben REMAK's und brachte zugleich ein mehr oder minder reiches Detail. So war z. B. LIEBERKÜHN der Erste, der die Linsenanlage des Huhnes als ein dorsalwärts gerichtetes Säckchen richtig zur Darstellung brachte. Aber Alles, was diese Forscher zu Tage förderten, wurde von KESSLER⁷ weit übertroffen. Er hat nicht bloß die erste Entwicklung der Linse, sondern auch ihre ganze weitere Ausbildung der Hauptsache nach richtig erkannt; er war zugleich der Erste, der die Entwicklung des Ringwulstes untersuchte. Während KÖLLIKER⁸ noch der Ansicht war, dass »die eigenthümlichen Fasern, welche BRÜCKE seiner Zeit am Rande der Linse der Vögel beschrieben hat, nichts, als sich entwickelnde Linsenfasern« seien, zeigte KESSLER, dass sie aus einem Theil des Epithels der äußeren Wand des Linsenbläschens

¹ R. REMAK, Untersuchungen über die Entwicklung der Wirbelthiere. Berlin 1855. Vgl. namentlich p. 34 u. 91.

² BABUCHIN, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Auges, besonders der Retina. Würzburger naturwissensch. Zeitschr. Bd. IV. 1863 und: Ders., Vergleichend-histologische Studien. Ebenda. Bd. V. 1864.

³ MANZ, Entwicklungsgeschichte des menschlichen Auges in A. GRAEFE u. Th. SAEMISCH, Handbuch der gesammten Augenheilkunde. I. Bd. Anatomie u. Physiologie. Leipzig 1874.

⁴ N. LIEBERKÜHN, Über das Auge des Wirbelthierembryo. Schriften der Ges. zur Beförderung der ges. Naturwissenschaften zu Marburg. Bd. X. Kassel 1872.

⁵ A. KÖLLIKER, Entwicklungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere. Leipzig 1861. 2. Aufl. 1879. — Ders., Handbuch der Gewebelehre. Leipzig. 5. Aufl. 1867.

⁶ SERNOFF, Über die Entwicklung der Linsenkapsel, in der russischen kriegsärztlichen Zeitschr. Jahrg. 1871. Ist mir nur aus KESSLER's Arbeit bekannt, die eine Übersetzung der wichtigsten Stellen bringt.

⁷ L. KESSLER, Zur Entwicklung des Auges der Wirbelthiere. Leipzig 1877.

⁸ A. KÖLLIKER, Über die Entwicklung der Linse. Diese Zeitschr. 1855. Bd. VI. p. 143.

entstehen, und dass der von ihnen zusammengesetzte Ringwulst stets eine gegen die eigentliche Linsenfasermasse deutlich abgesetzte Bildung darstellt. In der That hat KESSLER Alles geleistet, was mit Hilfe der damaligen Methoden geleistet werden konnte, und es wurde durch ihn die Lehre von der Entwicklung der Vogellinse zu einem gewissen Abschlusse gebracht.

Meine Darstellung unterscheidet sich, abgesehen davon, dass sie ziemlich viel neues Detail bringt, nur in wenigen wichtigeren Punkten von der seinen. Die wichtigsten Differenzpunkte sind folgende. KESSLER hält die Wand des Linsensäckchens und dann auch noch die Wand des abgeschnürten Bläschens für mehrschichtig. Die bildliche Darstellung, die er davon giebt, entspricht indessen nicht ganz dem thatsächlichen Verhalten, indem nach derselben die Kerne ganz gleichmäßig in der Wand vertheilt sein sollen. Ich habe dagegen gezeigt, dass die Kerne an der basalen Seite viel dichter stehen als sonst, und habe auf Grund dieser Erscheinung, sowie auch auf Grund der sehr charakteristischen Stellung der Theilungsfiguren, die derjenigen in einschichtigen Cylinderepithelien entspricht, die Auffassung vertreten, dass die Wand einschichtig sei. Übrigens habe ich auf die Schwierigkeiten einer sicheren Entscheidung dieser Frage hingewiesen. Die übrigen Differenzen betreffen fast nur die Entwicklung des Ringwulstes. Von den Fasern desselben sagt KESSLER: »Anfangs vollkommen jenseits (distalwärts) vom Linsenäquator liegend, rücken diese ‚radialen Fasern‘ (H. MÜLLER) allmählich immer mehr unter den Äquator — oder vielmehr wohl in Folge der durch ihr Auswachsen herbeigeführten Formveränderung der Linse der Äquator auf den von ihnen gebildeten Ring distalwärts vor, so dass sie im völlig entwickelten Auge ziemlich zu gleichen Theilen in der proximalen und distalen Hälfte der Linse liegen.« Die letztere Angabe ist nicht richtig. Der Ringwulst ist beim Huhn auch später nicht »ziemlich zu gleichen Theilen« vor und hinter dem Äquator vertheilt, sondern seine Hauptmasse liegt stets vor demselben. Ferner meint KESSLER, dass sich die Ringwulstfasern »durch nichts als durch ihre etwas spätere Entwicklung und ihre Stellung von den speciell so genannten »Linsenfasern« unterscheiden. Hätte KESSLER nicht auch, wie er es thatsächlich gethan hat, den Ringwulst des erwachsenen Huhnes untersucht, so würde mir diese Angabe erklärlicher sein; denn durch nicht ganz geeignete Methoden mag vielleicht bei Embryonen eine gewisse Ähnlichkeit zwischen den Ringwulstfasern und den eigentlichen Linsenfasern hervorgerufen werden. Die Untersuchung

des vollkommen entwickelten Ringwulstes muss aber auf jeden Fall die Überzeugung aufdrängen, dass seine Fasern stets eine sehr ausgesprochene polare Differenzirung zur Schau tragen, und dass ihr Bau von dem der eigentlichen Linsenfasern sehr wesentlich verschieden ist.

In einem anderen, sehr wichtigen und viel besprochenen Punkte finde ich mich aber wieder in voller Übereinstimmung mit KESSLER. Ich meine die Entwicklung der Linsenkapsel. Ich bin in der Beschreibung der Entwicklung der Linse auf diesen Gegenstand absichtlich nicht eingegangen, weil ich nur eine Wiederholung dessen hätte bringen können, was schon KESSLER gebracht hat. In der That muss sich Jeder, der die Entwicklung der Linse des Huhnes oder der Ente aufmerksam untersucht, mit KESSLER sagen, dass »überhaupt das Material zu einer Entwicklung der Linsenkapsel aus Zellen, resp. Bindegewebe fehlt«, und dass schon aus diesem Grunde die Linsenkapsel nichts Anderes als »ein Ausscheidungsprodukt der die Linse konstituierenden Zellen« sein kann. Wie die Linsenkapsel der übrigen Wirbelthiere halte ich daher auch die der Vögel für eine Basalmembran der Linse, von dieser selbst zur Ausscheidung gebracht. Dadurch schließe ich mich zugleich KÖLLIKER an, der schon vor KESSLER diese Auffassung vertreten hat; ich setze mich aber in Gegensatz zu LIEBERKÜHN und SERNOFF, die die Linsenkapsel von dem Bindegewebe des Kopfnesoderms (der sog. Kopfplatten) ableiten zu müssen glaubten. Auch KEIBEL¹ hat sich unlängst gegen RUBATTEL² der Auffassung KESSLER's angeschlossen.

B. Bau. Die Linsen der Vögel bieten eine ähnliche Mannigfaltigkeit der Form, wie die der Reptilien, nur fehlen so kugelige Linsen, wie sie die Nattern und Vipern besitzen, vollständig. Dafür treten aber bei den Schwalben und Seglern Linsen von so eigenthümlicher Form auf, wie sie sonst nirgends wieder angetroffen werden.

Ich gebe zunächst wieder eine Übersicht der untersuchten Arten.

I. Ratitae.

Apteryges, Kiwis Apteryx australis, Kiwi.

II. Carinatae.

Natatores, Schwimmvögel. { Anser cinereus, Gans.
Anas boschas dom., Ente.

¹ FR. KEIBEL, Zur Entwicklung des Glaskörpers. Arch. f. Anat. u. Entw. 1886.

² R. RUBATTEL, Recherches sur le Developpement du Crystallin. Genève 1885. Nach KEIBEL citirt.

Scansores, Klettervögel . . .	} Palaeornis torquatus, Halsbandsittich. Melopsittacus undulatus, Wellensittich.
Gallinacei, Hühnervögel . . .	
Columbinae, Tauben	Gallus domesticus, Haushuhn. Tetrao tetrix, Birkhuhn. Bonasia sylvestris, Haselhuhn.
Raptatores, Raubvögel . . .	Columba livia domest., Haustaube. Athene noctua, Steinkäuzchen. Otus sylvestris, Waldeule. Astur palumbarius, Hühnerhabicht.
Passeres, Gangvögel	Corvus corone, Krähe. Garrulus glandarius, Nussheher. Emberiza hortulana, Feldammer. Fringilla coelebs, Buchfink. Pyrrhula vulgaris, Gimpel. Carduelis elegans, Stieglitz. Alauda arvensis, Feldlerche. Hirundo rustica, Rauchschwalbe. Hirundo riparia, Uferschwalbe. Hirundo urbica, Stadtschwalbe. Cypselus apus, Mauersegler oder Thurmschwalbe.

Mit Ausnahme der Linsen des Kiwi waren alle in der gleichen Weise fixirt worden, wie die Linsen der Reptilien. Die Behandlung erfordert große Vorsicht, da die Linsen der Vögel noch weicher sind als die der Reptilien. Der leiseste Druck genügt, um ihre Form zu verändern oder die Kapsel einzureißen und dadurch die Fasern in Unordnung zu bringen. Man muss es daher ängstlich vermeiden, die Linsen vor der Fixirung zu berühren. — Legt man eine Linse, zusammen mit der vorderen Bulbushälfte, in die Fixirungsflüssigkeit, so trübt sich zuerst der Ringwulst, und die eigentliche Linsenfasermasse folgt zuweilen erst sehr spät nach. Es scheint dies auf eine chemische Verschiedenheit zwischen Ringwulst und Linsenfasermasse hinzuweisen.

Die Linsen des Kiwi stammten von einem Spiritusexemplar. Der Händler hatte mich versichert, dass das Thier lebend in starken Spiritus gesteckt worden war. Die Bulbi waren stark verschrumpft,

die Linsen schienen aber, so weit sich dies beurtheilen ließ, in ihrer Form gut erhalten zu sein.

Alle Linsen gehörten erwachsenen oder nahezu erwachsenen Thieren an, mit Ausnahme derjenigen der Waldeule, die einem jungen, aber schon vollkommen befiederten Thiere entnommen waren.

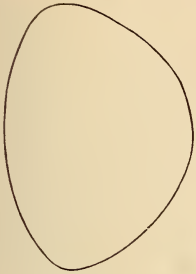
Die beigegebenen Skizzen sind sämmtlich so orientirt, dass die äußere Fläche nach links, die innere nach rechts gewendet ist. Sie wurden durchweg vor dem Einbetten angefertigt; eine Ausnahme machte nur die Linse des Hühnerhabichts, die nach einem Meridionalschnitt gezeichnet ist. Da der Schnitt vortrefflich gelungen war, glaube ich annehmen zu dürfen, dass die Skizze die Form der Linse gut wiedergibt. Die Skizze würde aber größer ausgefallen sein, wenn sie vor dem Einbetten angefertigt worden wäre.

Die Linsen des Kiwi sind relativ klein, und sehen Eidechsenlinsen zum Verwechseln ähnlich. Das Gleiche gilt von den Linsen der Papageien (Textfig. 33 u. 34). Wie bei den Eidechsen sind auch hier die Linsen außen viel weniger gewölbt als innen; der Äquator ist scharf markirt und die Äquatorialebene schneidet die Linsenachse weit vor dem Centrum der Linse. Wie die Linsen der verschiedenen Eidechsenarten tragen auch die Linsen der beiden Papageienarten eine große Familienähnlichkeit zur Schau.

Dasselbe gilt von den Linsen der Ente und der Gans (Textfig. 35 u. 36). Sie sind, wie die der Papageien, vorn weniger gewölbt als hinten, aber die vordere Wölbung ist stärker, die hintere schwächer als bei diesen. Der Äquator ist leidlich gut markirt und die Äquatorialebene fällt vor das Centrum der Linse; allerdings weniger weit als bei den Papageien.

Auch die Linsen der hühnerartigen Vögel (Textfig. 37—39) sind, so verschieden sie auch von den bisher betrachteten aussehen, unter einander in hohem Grade ähnlich. Sie sind durch große Flachheit ausgezeichnet; indessen ist auch bei ihnen die vordere Fläche weniger gewölbt als die hintere. Der Äquator ist ziemlich deutlich erkennbar und die Äquatorialebene schneidet die Achse etwas vor dem Centrum der Linse.

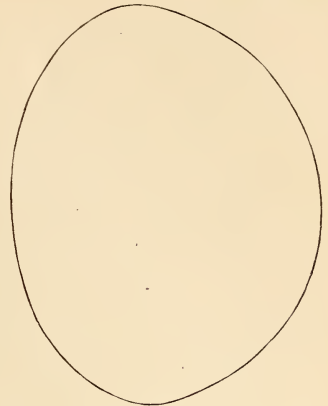
Die Linse der Tauben (Textfig. 40 *a—d*) zeigt eine gewisse äußere Ähnlichkeit mit der der Hühner, nur ist sie noch etwas flacher. Der Wölbungsunterschied der beiden Flächen ist gering, immerhin ist aber der Krümmungsradius der vorderen Fläche etwas größer als der der hinteren. Der Äquator ist deutlich markirt und die Äquatorialebene fällt etwas vor das Centrum der Linse. Aus den vier



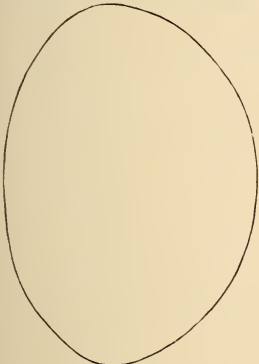
Textfig. 33.
Halsbandsittich (*Palaeornis torquatus*).



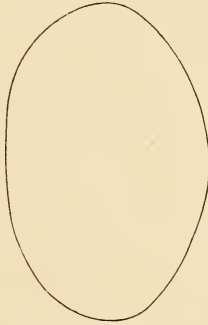
Textfig. 34.
Wellensittich (*Melopsittacus undulatus*).



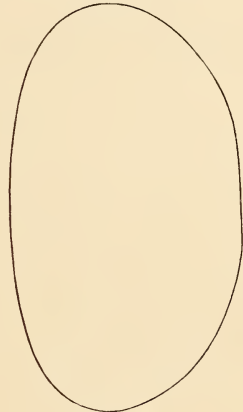
Textfig. 35.
Ente (*Anas boschas dom.*).



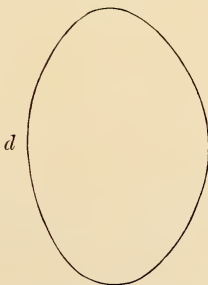
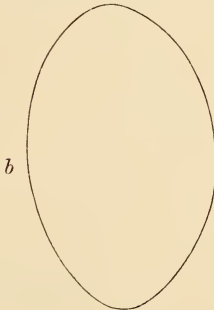
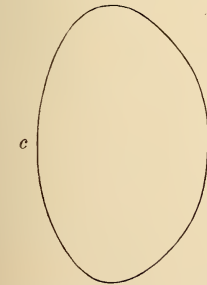
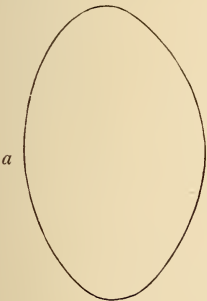
Textfig. 36.
Gans (*Anser cinereus*).



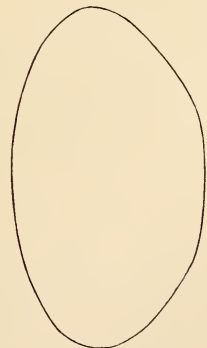
Textfig. 37.
Haushuhn (*Gallus domesticus*).



Textfig. 38.
Birkhuhn (*Tetrao tetrix*).

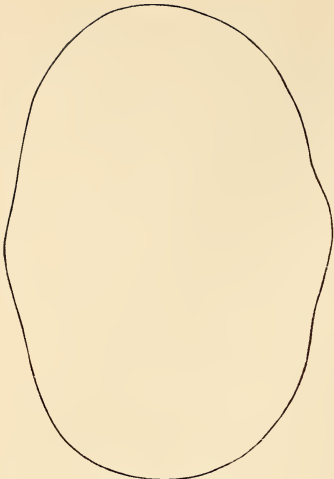


Textfig. 40 a—d. Haustaube (*Columba domestica*).

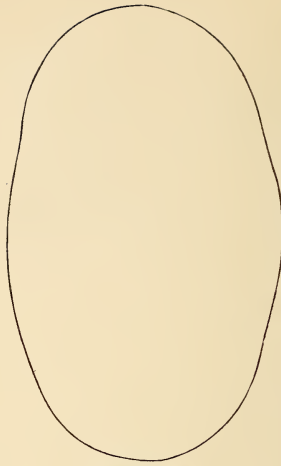


Textfig. 39.
Haselhuhn (*Bonasia sylvestris*).

Die Figuren 33—53 sind bei ein und derselben Vergrößerung gezeichnet.



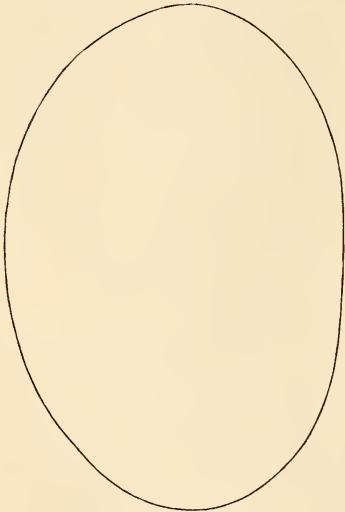
Textfig. 41.
Hühnerhabicht (*Astur palumbarius*).



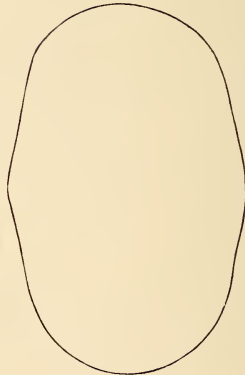
Textfig. 43.
Krähe (*Corvus corone*).



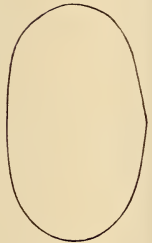
Textfig. 45.
Stieglitz (*Carduelis elegans*).



Textfig. 42.
Steinkäuzchen (*Athene noctua*)



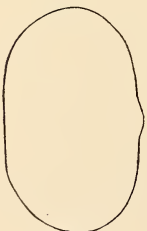
Textfig. 44.
Nusseher (*Garrulus glandarius*).



Textfig. 46.
Feldammer (*Emberiza hortulana*).



Textfig. 47.
Gimpel (*Pyrrhula vulgaris*).



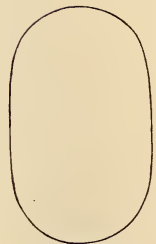
Textfig. 48.
Buchfink (*Fringilla coelebs*).



Textfig. 49.
Feldlerche (*Alauda arvensis*).



Textfig. 50.
Uferschwalbe (*Hirundo riparia*).



Textfig. 51.
Rauchschnalbe (*Hirundo rustica*).

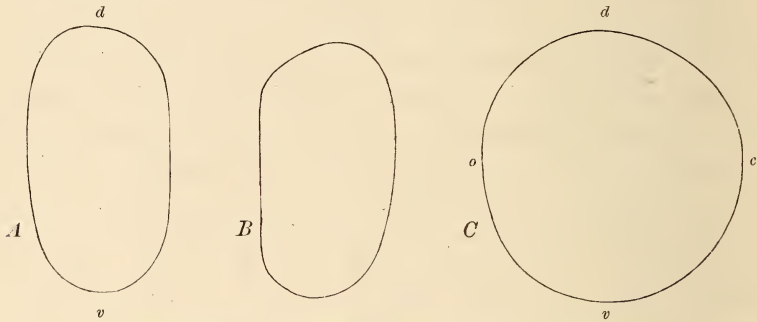
Skizzen ist zu entnehmen, wie groß der Grad der individuellen Verschiedenheit ist; die Linsen waren zu gleicher Zeit und in der gleichen Flüssigkeit fixirt worden, und doch weisen sie sowohl in der Wölbung ihrer Flächen, als in der Länge ihrer Durchmesser erhebliche Unterschiede auf. Ich weiß nicht, ob und in wie weit diese Unterschiede verschiedenen Accommodationszuständen entsprechen. Trotz ihrer Verschiedenheit sind sie aber alle sofort als Taubenlinsen erkennbar und von allen anderen Vogellinsen unterscheidbar.

Die Linsen der Raubvögel scheiden sich in zwei Gruppen. Die der Tagraubvögel (Textfig. 41) sind vorn und hinten fast plan und nur in der Mitte springt auf beiden Flächen ein kleiner Buckel hervor. Der Buckel der Hinterfläche ist etwas größer als der der Vorderfläche. Der Äquator ist in keiner Weise markirt. Bei den Nachraubvögeln dagegen (Textfig. 42) sind beide Flächen ziemlich stark gewölbt; die vordere stärker als die hintere. Der Äquator ist deutlich erkennbar und die durch ihn gelegte Ebene schneidet die Achse hinter dem Centrum der Linse. Zugleich zeichnen sich diese Linsen durch ihre außerordentliche Größe aus. Ein Steinkäuzchen ist bekanntlich kaum größer als eine Taube, und doch haben seine Linsen ein Volum, das das der Taubenlinsen um mehr als das Fünffache übertrifft. Es erinnert uns diese Thatsache an die außerordentliche Größe der Linsen des Gecko und der Chimaera und legt uns die Vermuthung nahe, dass dieser Erscheinung eine gemeinsame Ursache zu Grunde liegen könnte. Nun sind die Eulen und der Gecko bekanntlich nächtliche Thiere, und auch Chimaera kann in gewissem Sinne als solches bezeichnet werden; denn sie lebt in großen Tiefen, in Tiefen, in welche nur wenig Licht dringt. Bei absolutem Mangel an Licht bilden sich die Linse und das ganze Auge zurück, sie werden rudimentär und die Thiere erblinden; bei geringer Lichtmenge dagegen nimmt die Linse mitunter ganz kolossale Dimensionen an und, da gleichzeitig die Pupille ungemein weit oder wenigstens erweiterungsfähig wird, so wird dadurch die Möglichkeit gegeben, dass eine relativ große Menge von Lichtstrahlen in das Auge dringt. Ganz allgemein scheint aber diese Beziehung zwischen der Lebensweise der Thiere und der Größe ihrer Linsen nicht zu sein. Wenigstens wird angegeben, dass der Kiwi ein nächtliches Leben führe, und doch sind, wie erwähnt, seine Linsen relativ klein. Ich werde auf diesen Gegenstand in den allgemeinen Betrachtungen wieder zurückkommen.

Die Linsen der Gangvögel sind alle vorn und hinten mehr oder weniger abgeflacht. Dabei springt häufig auf beiden Flächen oder

nur hinten ein kleiner Buckel vor. So verhalten sich nicht bloß die großen Formen, wie die Krähe (Textfig. 43) und der Nussheher (Textfig. 44), sondern auch die kleinen, vor Allem die Singvögel, wie der Feldammer (Textfig. 46), der Gimpel (Textfig. 47) und der Buchfink (Fig. 48). Beim Stieglitz fand ich sogar einmal die Vorderfläche mäßig konkav (Textfig. 45); in einem zweiten Fall war sie aber ganz plan. Typisch planparallele Linsen besitzt die Feldlerche (Textfig. 49). Der Äquator ist ausnahmslos abgerundet; seine Wölbung fällt entweder nach vorn und hinten gleichmäßig ab oder nach hinten steiler als nach vorn.

Ganz merkwürdig sind die Linsen der Schwalben und namentlich der Segler geformt. Schon bei der Untersuchung der Rauch- und der Uferschwalbe fiel es mir auf, dass die Linsen nur in einer ganz bestimmten Ansicht symmetrische Bilder geben (Textfig. 50 u. 51); ich achtete nun bei der Untersuchung einer Hausschwalbe



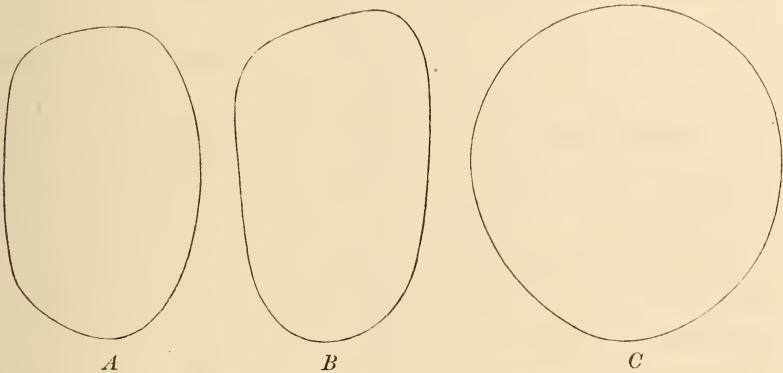
Textfig. 52 A—C. Stadtschwalbe (*Hirundo urbana*).

A, Oral- oder Caudalansicht. B, Ventralansicht. C, Ansicht vom medialen Pol.
d dorsal, v ventral, o oral, c caudal.

genauer darauf und erhielt in Oral- oder Caudalansicht das Bild der Textfig. 52 A, in Ventralansicht dagegen das der Textfig. 52 B. Die beiden Skizzen sind, wie alle bisherigen, so orientirt, dass die äußere Fläche nach links, die innere nach rechts gekehrt ist. Vom medialen Pol aus betrachtet, sieht die Linse so aus, wie sie in der Textfig. 52 C gezeichnet ist. Die Linse ist also nicht vollkommen radiär-symmetrisch, der Äquator ist kein Kreis und der Dorsoventraldurchmesser ist um eine Spur länger als der Durchmesser in oral-caudaler Richtung. — Noch viel auffallender ist aber die Asymmetrie an den Linsen des Mauerseglers. Dieselben geben in einer Ansicht das Bild der Textfig. 53 A, in der darauf senkrechten Richtung das der Textfig. 53 B. In der Ansicht von der medialen Fläche

sehen sie so aus, wie sie die Textfig. 53 *C* zeigt. Äußere und innere Fläche der Linse sind also plan oder nahezu plan (vgl. Textfig. 52 *B*), sie stehen aber nicht parallel zu einander, sondern schief. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass die Skizzen die wahre Form der Linsen richtig wiedergeben. Denn abgesehen davon, dass beide Linsen genau die gleiche Asymmetrie zeigten, konnte ich mich, nachdem ich vor der Fixirung den Bulbus im Äquator durchschnitten hatte, mit voller Sicherheit überzeugen, dass die Linse auch im frischen Zustande die in der Skizze Textfig. 53 *C* wiedergegebene Form zeigte. — Diese Linsen gehören wohl zu den merkwürdigsten, die sich denken lassen: Linsen ohne radiäre Symmetrie, mit schief gegen einander gestellten Endflächen.

Es scheint mir, dass es möglich sein müsste, bei den Schwalben und Seglern die Linse des rechten Auges von der des linken zu unterscheiden. Leider kann ich aber darüber nichts Bestimmtes mit-



Textfig. 53 *A—C*. Mauersegler (*Cypselus apus*).

A, Seitenansicht. *B*, senkrecht darauf. *C*, Polansicht.

theilen. Wie wir sehen werden, bestehen Gründe zur Annahme, dass auch bei den anderen Vögeln die Form der Linse nicht immer eine ganz genau radiär-symmetrische ist; jedoch ist hier die Störung der Symmetrie eine so unbedeutende, dass sie bei der Betrachtung der Linse von außen nicht in die Augen fällt.

Wenn wir die Linsen der Vögel nach ihrer Form in eine Reihe bringen wollen, so müssen wir an das eine Ende die Linsen des Kiwi und der Papageien stellen, die noch den Eidechsentypus rein zur Anschauung bringen, an das andere die Linsen der Segler, die sich von dem gewöhnlichen Typus einer Wirbelthierlinse möglichst weit entfernen.

An keiner der untersuchten Linsen war eine Naht zu sehen; die Linsenfasern treten also, ähnlich wie bei den Sauriern, sich allmählich verjüngend, vorn und hinten mit ihren zugespitzten Enden direkt an die Linsenachse heran.

Die Maße der untersuchten Linsen und die daraus berechneten Indices sind folgende:

	Äquat. Durchm. in mm	Achse in mm	Index
<i>Palacornis torquatus</i>	4,82	3,41	1,41
<i>Melopsittacus undulatus</i>	3,03	2,34	1,29
<i>Anas boschas domest.</i>	7,19	5,53	1,30
<i>Anser cinereus</i>	6,49	4,55	1,42
<i>Gallus domesticus</i>	5,69	3,63	1,56
<i>Tetrao tetrix</i>	7,30	4,14	1,76
<i>Bonasia sylvestris</i>	6,14	3,45	1,78
<i>Columbia livia domestica a</i>	5,46	3,36	1,62
» » » <i>b</i>	5,25	3,25	1,61
» » » <i>c</i>	4,86	3,26	1,49
» » » <i>d</i>	4,93	3,24	1,52
<i>Astur palumbarius</i>	8,44	5,83	1,44
<i>Athene noctua</i>	9,03	6,07	1,48
<i>Otus sylvestris</i>	11,50	9,00	1,27
<i>Corvus corone</i>	8,09	4,91	1,64
<i>Garrulus glandarius</i>	6,62	4,21	1,57
<i>Carduelis elegans</i>	3,18	1,80	1,76
<i>Emberiza hortulana</i>	4,24	2,52	1,68
<i>Pyrrhula vulgaris</i>	4,41	2,76	1,59
<i>Fringilla coelebs</i>	4,05	2,50	1,62
<i>Alauda arvensis</i>	4,46	2,67	1,67
<i>Hirundo riparia</i>	4,41	2,47	1,78
» <i>rustica</i>	4,24	2,56	1,65
» <i>urbica</i>	(4,68)	4,55	1,85 ¹
<i>Cypselus apus</i>	(5,89)	5,49	3,30

Da die Indices nur das Verhältnis der beiden Durchmesser zum Ausdruck bringen, so ist klar, dass zwei oder mehrere Linsen bei gleichem oder nahezu gleichem Index doch sehr verschiedene Formen besitzen können. So haben denn auch z. B. die Linsen des Hals-

¹ Der Berechnung des Index ist bei *Hirundo urbica* und *Cypselus apus* der kürzere Äquatordurchmesser zu Grunde gelegt.

bandpapageis, der Gans und des Hühnerhabichts nahezu den gleichen Index, und doch ist ihre Form sehr verschieden; dasselbe gilt von den Linsen des Wellenpapageis und der Waldeule oder von den Linsen des Birkhuhns und des Stieglitzes. Wie sehr schon eine geringe Änderung der Form den Index beeinflusst, sieht man an dem Beispiel der Haustaube; obwohl die vier skizzirten Linsen wesentlich die gleiche Form besitzen, schwanken doch ihre Indices zwischen 1,49 und 1,62 mm. —

Trotz der großen Verschiedenheit der Form zeigen die Vogellinsen doch eine weitgehende Übereinstimmung des inneren Baues. Es dokumentirt sich darin wieder die schon von vielen Seiten hervorgehobene »auffallende Einförmigkeit der inneren Organisation« dieser Thierklasse (HAECKEL). Linsen, wie die der Schlangen, mit einem Epithelpolster an der äußeren Fläche, fehlen hier ganz; aber auch Linsen mit so geringem Ringwulst, wie sie z. B. die Krokodile besitzen, kommen bei den Vögeln nicht vor.

Von allen untersuchten Linsen besitzen die des Kiwi den kleinsten Ringwulst. Derselbe hat eine Höhe von 0,07 und eine Breite von etwa 0,43 mm. Höhe und Breite verhalten sich also zu einander wie 1 : 6,1. Der Äquatorialdurchmesser war an den beiden Linsen schwer mit Sicherheit zu bestimmen; ich schätze ihn auf ungefähr 3,2 mm. Der Ringwulst erreicht seine größte Höhe etwas hinter der Mitte; seine Zellen scheinen nur zum Theil an ihrem unteren Ende in kolbenförmige Anschwellungen überzugehen; die Kerne liegen dem äußeren Ende der Zellen näher als dem inneren. Zwischendurch kommen aber auch Zellen vor, deren Kerne in der Mitte ihrer Höhe liegen.

Von den Carinaten kommen die Papageien im Bau ihrer Linse dem Kiwi am nächsten. Beim Wellenpapagei hat das Epithel in der Mitte der Vorderfläche eine Dicke von 0,003 mm; dabei sind die Zellen etwa drei- bis viermal so breit als hoch. Gegen den Ringwulst nimmt die Dicke des Epithels so gleichmäßig zu, dass es ganz unmöglich ist, eine bestimmte vordere Grenze des ersteren zu ziehen. In demselben Maße, als die Höhe der Zellen zunimmt, nimmt ihre Breite ab. Wie bei den Eidechsen, ist auch bei den Papageien der Ringwulst der Linsenfasermasse von außen und vorn her aufgesetzt (vgl. Textfig. 55). Fig. 1, Taf. XIV zeigt denselben vom Wellenpapagei bei schwacher Vergrößerung. Man kann an demselben drei Abschnitte unterscheiden, jedoch ist zu bemerken, dass dieselben ohne scharfe Grenze in einander übergehen. Der erste

oder vordere Abschnitt besteht aus prismatischen Zellen, deren Höhe nach hinten allmählich zunimmt und deren Breite ihrer ganzen Höhe nach ungefähr die gleiche bleibt. Der zweite zeichnet sich dadurch aus, dass seine Zellen zu langen Fasern ausgewachsen sind, die an ihren unteren Enden in kolbenförmige Anschwellungen übergehen. Dieser Abschnitt baut weitaus die Hauptmasse des ganzen Ringwulstes auf. Der dritte endlich, der den Übergang zu den eigentlichen Linsenfäsern vermittelt, ist durch die relativ bedeutende Breite der Zellen, sowie dadurch charakterisirt, dass diesen, wie im ersten Abschnitt die kolbenförmigen Anschwellungen fehlen.

Der Ringwulst erreicht seine größte Höhe etwas vor dem Äquator der Linse. Das Verhältnis seiner Höhe zur Breite beträgt bei *Melopsittacus* 1 : 4,1, bei *Palaeornis* 1 : 3,2; er ist also bei jenem ungefähr viermal, bei diesem etwa dreimal so breit als hoch. Taf. XIV, Fig. 2 zeigt einige Ringwulstfasern bei stärkerer Vergrößerung; ihre Kolben sind so durch einander geschoben, dass es ganz unmöglich ist, eine einzelne Faser kontinuierlich von ihrem Anfang bis zu ihrem Ende zu verfolgen. Gegen den Scheitel des Ringwulstes zeigen die Fasern eine eben merkbare Konvergenz. Im Übrigen sind sie fast durchweg so gekrümmt, dass ihre Konkavität nach vorn sieht. Die Kerne der Ringwulstfasern liegen dicht unter der Kapsel; nur am Scheitel entfernen sie sich etwas von der Oberfläche. Sie sind kugelig und enthalten eine größere nucleolenartige Chromatinmasse. Das Protoplasma der Fasern lässt eine zarte Längsstreifung erkennen.

Das Hinterende des Ringwulstes, das den Übergang zu den eigentlichen Linsenfäsern vermittelt, habe ich in Fig. 3, Taf. XIV bei starker Vergrößerung gezeichnet. Das Bild erinnert sehr an das der Saurierlinsen (vgl. Taf. XII, Fig. 11 und 12), unterscheidet sich aber von ihm durch die beträchtliche Breite der Zellen. Auffallend sind die welligen Kontouren der jungen Linsenfäsern; indessen glaube ich nicht, dass darauf ein größerer Nachdruck zu legen ist. Das Protoplasma der hintersten Ringwulstzellen enthält ein ungemein feines Fadenwerk, das der Hauptmasse nach schief durch die Zellen zieht, während die zarten Fäden, die in den jungen Linsenfäsern zu sehen sind, einen longitudinalen Verlauf zeigen.

Wie die Anschnitte der Linse lehren, sind die Zellen an der hinteren Grenze des Ringwulstes zu meridionalen Reihen geordnet.

Bei der Ente und der Gans ist zwar der Ringwulst, wie wir noch sehen werden, relativ schwächer (vgl. Textfig. 56) als bei den Papageien, zeigt aber entschieden einen höheren Grad der Differen-

zirung. Dies gilt vor Allem von der Ente, die sich in Beziehung auf den Bau und die Ausbildung des Ringwulstes höher stellt als die Gans. Bei dieser ist der Ringwulst etwas kleiner als bei der Ente. Höhe und Breite desselben stehen aber bei beiden ungefähr in dem gleichen Verhältnis; dasselbe dürfte etwa 1:4,7 betragen.

Bei beiden Formen kann man, wie bei den Papageien, am Ringwulst drei Abschnitte unterscheiden, von denen wieder der mittlere weitaus der stärkste ist. Aber auch hierin zeigt sich zwischen Gans und Ente ein Unterschied. Der Ringwulst der Gans besitzt eine größere Ähnlichkeit mit dem der Papageien als der der Ente. Es sind nämlich die Kolben und Spindeln an den Ringwulstfasern der Gans weniger ausgebildet als bei der Ente. Hier zeigen sie schon wesentlich dasselbe Aussehen wie bei den Hühnern und Tauben, von welch' letzteren ich weiter unten eine genaue, durch Abbildungen erläuterte Beschreibung geben werde.

Ähnlich, wie bei den Papageien, lassen auch bei der Ente die Fasern in der Mitte des Ringwulstes eine deutliche Konvergenz gegen den Scheitel erkennen. An der Epithelgrenze besitzen die Zellen bei der Gans eine Höhe von 0,09, bei der Ente eine solche von 0,07 mm. Die Kerne entfernen sich weiter von der Kapsel, als bei den Papageien, und zwar bei der Gans mehr als bei der Ente. Überall sind sie am Scheitel des Ringwulstes am tiefsten gelegen. Beim Übergang ins gewöhnliche Linsenepithel, also am Vorderende des Ringwulstes, liegen sie etwa in halber Höhe der Zellen, ja sie können hier fast ganz an die freie Seite rücken.

Eine eigenthümliche Missstaltung habe ich einmal am Ringwulst einer Ente beobachtet, eine Missstaltung, die ich nicht besser charakterisiren kann, als indem ich sie mit dem in der Geologie gebräuchlichen Ausdruck einer Verwerfung bezeichne. Der Ringwulst war an einer Stelle, etwa an der Grenze zwischen erstem und zweitem Abschnitt, unterbrochen, und in die Lücke schob sich von vorn und unten eine wellenförmig gebogene Platte, die ihrerseits wieder aus Ringwulstfasern bestand und die den Defekt vollständig ausfüllte. Ein Fehler bei der Fixirung konnte mit Sicherheit ausgeschlossen werden, und es blieb daher keine andere Annahme übrig, als dass auf die Linse vor längerer Zeit ein Trauma eingewirkt hatte, das zu einer Kontinuitätstrennung des Ringwulstes und im weiteren Verlaufe zur Narbenbildung an der verletzten Stelle geführt hatte.

Bei den hühnerartigen Vögeln nimmt der Ringwulst stets einen größeren Antheil an dem Aufbau der ganzen Linse als bei der Gans

und der Ente (vgl. Textfig. 57). Auch ist seine Form oder seine Querschnittsfigur eine andere. Bei den von mir untersuchten Schwimmvögeln ist der Ringwulst fast fünfmal so breit als hoch, bei den Hühnern dagegen nur dreieinhalb bis viermal. Der Ringwulst ist also hier relativ höher als dort. — Zwischen den einzelnen Arten der Hühner bestehen hierin nur unwesentliche Differenzen. Von den drei Abschnitten des Ringwulstes nimmt wieder der mittlere weitaus den größten Raum ein. Er hält sich in der Ausbildung der Spindeln ungefähr in der Mitte zwischen Gans und Ente, indem dieselben zahlreicher sind als bei der Gans, aber nicht ganz so zahlreich wie bei der Ente. Nur an einer Stelle des Ringwulstes stehen sie so dicht oder vielleicht noch dichter als bei dieser. Diese Stelle fällt ungefähr mit der größten Dicke des Ringwulstes zusammen; hier trifft man Anschwellungen nicht bloß an den unteren Enden der Ringwulstfasern, sondern auch in ihrem Verlauf, ja sogar, wiewohl nur in ganz vereinzelt Fällen, dicht unterhalb der Kerne. Die Fasern des Ringwulstes zeigen dort, wo dieser am stärksten ausgebildet ist, noch eine andere Eigenthümlichkeit. Sie besitzen dicht unter der Kapsel, also an ihren basalen Enden, eine nahezu homogene Beschaffenheit und zeichnen sich hier zugleich durch ihr starkes Lichtbrechungsvermögen aus, während im Übrigen ihr Protoplasma ein ungemein feinfaseriges Gerüst enthält und in Folge dessen ein fein granulirtes Aussehen besitzt. — Die Kerne des Ringwulstes entfernen sich beim Haushuhn in den zwei vorderen Dritteln ziemlich weit von der Kapsel; etwa an der Grenze zwischen mittlerem und hinterem Drittel nähern sie sich aber mehr der Oberfläche und bleiben in dieser Lage bis zum Übergang in die eigentlichen Linsenfasern. Beim Birkhuhn liegen sie in den zwei vorderen Dritteln des Ringwulstes viel näher der Kapsel als beim Haushuhn, und entfernen sich überhaupt nur am Scheitel des Wulstes etwas weiter von der Oberfläche.

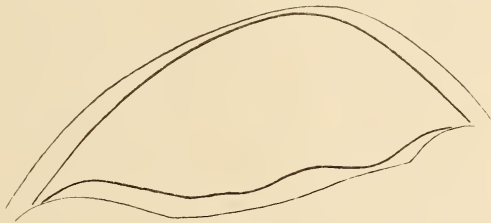
Äquatorialschnitte durch die Linsen der Hühner geben sehr merkwürdige Bilder. Man sieht nämlich, dass sich die Ringwulstfasern von Stelle zu Stelle mit ihren verdickten, kolbigen Enden gegen einander kehren, beziehungsweise von einander abwenden, so dass es zu sehr eigenthümlichen Bildungen kommt, die den Eindruck von Wirbeln machen, und die sich in regelmäßigen Abständen am ganzen Ringwulst wiederholen. Die Zahl dieser Wirbel entspricht der Zahl der Ciliarfortsätze, und schon diese Thatsache allein legt die Vermuthung nahe, dass die Wirbel der Beziehung der Ciliarfortsätze

zum Ringwulst ihre Entstehung verdanken. — Den gleichen Bildungen begegnet man in den Linsen fast aller Vögel, nur sind dieselben nicht überall mit gleicher Schärfe ausgeprägt. Ich werde weiter unten wieder darauf zurückkommen.

Eingehender will ich den Ringwulst der Taube besprechen, wie ich überhaupt die Taubenlinse als Paradigma der Vogellinsen behandeln möchte. Dazu eignet sie sich aus zwei Gründen: erstens ist sie ein jeder Zeit leicht zu beschaffendes Untersuchungsobjekt, und zweitens ist der Ringwulst sehr gut und kräftig entwickelt und zeigt alle Eigenthümlichkeiten, welche den Ringwulst eines Vogels auszeichnen.

Das Epithel ist auf der Vorderfläche etwas dicker, als es sonst hier getroffen wird, und kann eher als niedriges kubisches, denn als Plattenepithel bezeichnet werden. Seine Zellen besitzen eine Höhe von 0,007 mm bei einer Breite von ungefähr 0,011 mm. Diese Beschaffenheit behält das Epithel auf einer Fläche von ungefähr 2,5 mm Durchmesser bei. An der Grenze dieser Fläche werden die Zellen rasch höher und gehen damit in den Ringwulst über.

Dieser zeigt ein höchst eigenthümliches Verhalten. Schon bei ganz schwacher Vergrößerung fällt es auf, dass die beiden Durchschnitte durch den Ringwulst, welche man auf einem Meridionalchnitt erhält, einander nicht vollkommen entsprechen (vgl. Textfig. 58). Noch viel schärfer tritt aber diese Differenz bei stärkerer Vergrößerung hervor. Ich habe beide Durchschnitte skizzirt, dann die eine Skizze umgekehrt und über die andere gezeichnet (Textfigur 54). Der Ringwulst



Textfig. 54.

ist also nicht in der ganzen Cirkumferenz der Linse von der gleichen Stärke, sondern lässt, ganz im Allgemeinen gesprochen, eine dünne und eine dicke Hälfte unterscheiden. Beide Hälften gehen aber kontinuierlich und ganz allmählich in einander über.

Ich wurde auf diese Eigenthümlichkeit erst gegen den Schluss meiner Untersuchungen aufmerksam, nachdem ich sie bei anderen Formen, bei denen sie viel mehr in die Augen springt, gefunden hatte; ich weiß daher nicht, ob die dicke Stelle des Ringes dorsal oder ventral, oder aber rostral oder caudal gelegen ist. Die Differenz in

der Dicke ist immerhin gering genug, um die radiäre Symmetrie der Linse nicht in auffälliger Weise zu stören.

Die Breite des Ringwulstes ist stets zweieinhalb- bis dreimal so groß als die Höhe.

Abgesehen von der Asymmetrie des Ringwulstes fiel mir noch auf, dass derselbe in seinen größeren Verhältnissen ziemlich beträchtlichen individuellen Schwankungen unterliegt. Die Maße, welche ich später in einer tabellarischen Übersicht mittheilen werde, mögen zur Erläuterung des Gesagten dienen.

Der feinere Bau des Ringwulstes ist aber immer der gleiche. Fig. 4, Taf. XIV zeigt uns den Ringwulst der Taube bei ungefähr 200facher Vergrößerung. Man sieht zunächst, wie derselbe von vorn nach hinten allmählich anwächst, um etwas hinter der Mitte seiner Länge seine größte Höhe zu erreichen, und wie er von da bis zur Epithelgrenze ziemlich rasch wieder abfällt. Sein Scheitel fällt mit dem Äquator zusammen. Wie bei allen Vögeln lassen sich auch am Ringwulst der Taube drei Abschnitte unterscheiden. Der erste (*a*), dessen vorderstes, in das gewöhnliche Linsenepithel übergehendes Ende nicht mehr in die Zeichnung fällt, charakterisirt sich durch den Mangel der spindelförmigen Auftreibungen und kolbigen Anschwellungen seiner Fasern. Der zweite (*b*), der, wie überall, die Hauptmasse des Wulstes bildet, zeichnet sich durch die ungemein reiche Entwicklung dieser Auftreibungen und Anschwellungen aus, und der dritte, kleinste (*c*), der zu den eigentlichen Linsenfasern hinüberführt, lässt diese Anschwellungen wieder mehr oder weniger vermissen.

Verfolgen wir die Kerne von vorn nach hinten, so sehen wir, dass sie am vorderen Ende des Ringwulstes alle in gleicher Höhe liegen. Sie sind zunächst in der Mitte der Zellen gelegen, kommen aber in demselben Maße, als sich die Zellen zu Fasern verlängern, dem äußeren Ende näher zu liegen als dem inneren. In den vordersten der in der Zeichnung dargestellten Zellen liegen sie schon ungefähr an der Grenze zwischen äußerem und mittlerem Drittel. Dabei entfernen sie sich aber immer mehr von der Oberfläche, und gleichzeitig löst sich die einfache Reihe, die sie bilden, auf, so dass wir statt von einer Kernreihe nur noch von einer Kernschicht sprechen können. Diese nimmt nach hinten in demselben Maße an Dicke zu, als sie sich von der Oberfläche entfernt. Es hängt dies damit zusammen, dass die Fasern um so dünner werden, je länger sie werden, so dass also die Kerne nicht mehr in einfacher Reihe Platz finden. Am Scheitel des Ringwulstes nähern sie sich aber wieder

der Oberfläche, um sich hinter demselben abermals von ihr zu entfernen. Nun ordnen sie sich allmählich wieder zu einer einfachen Reihe, welche um so näher an die Oberfläche tritt, je kürzer die Fasern werden und je mehr sie sich der Epithelgrenze nähern. Zugleich werden die Abstände, in denen die Kerne auf einander folgen, größer, was wieder mit der Zunahme der Dicke der Fasern im Zusammenhange steht.

Die Kerne besitzen überall wesentlich die gleiche Beschaffenheit. Stets haben sie eine kugelige Form, enthalten ein zartes Chromatingerüst mit einer größeren nucleolenartigen Anschwellung und färben sich mit den gebräuchlichen Färbemitteln viel weniger, als die Kerne des gewöhnlichen Linsenepithels oder die Kerne der jungen eigentlichen Linsenfasern. Am blassesten erscheinen sie am Scheitel des Ringwulstes und unmittelbar vor demselben.

Die Fasern des Ringwulstes stellen im ersten Abschnitt langgestreckte, auf dem Querschnitt zumeist sechsseitige Prismen dar. Ihr Protoplasma lässt eine zarte Längsstreifung erkennen. Ihre äußeren Enden zeigen eine mehr homogene Beschaffenheit und grenzen sich durch sehr scharfe Linien, die den Eindruck feiner Spalten machen, von einander ab. Unterhalb der Kerne erscheint das Protoplasma etwas dichter als sonst. — Der zweite Abschnitt des Ringwulstes zeichnet sich, wie gesagt, durch die spindel- oder kolbenförmigen Anschwellungen seiner Fasern aus. Die Anordnung und Vertheilung derselben ist dabei nicht überall die gleiche, sondern zeigt, wie auch aus der Zeichnung zu ersehen ist, gewisse Eigen thümlichkeiten. In der vorderen Hälfte des mittleren Abschnittes sind sie zahlreicher und stehen dichter als in der hinteren. — Es ist ganz unmöglich, auf dem Schnitt eine Faser kontinuierlich von ihrem Anfang bis zu ihrem Ende zu verfolgen. Ich habe daher versucht, mir auf andere Weise einen Einblick in den Bau der Fasern zu verschaffen; leider haben aber alle Versuche fehlgeschlagen. Im frischen Zustande ist der Ringwulst zerfließlich weich und lässt sich daher nicht zerzupfen, auch nicht, wenn man schwachen Alkohol zusetzt; im gehärteten Zustande aber ist er so spröde und bröcklig, dass jeder Versuch, die Fasern durch Zupfen zu isoliren, illusorisch wird. Ich glaube aber doch zu der Annahme berechtigt zu sein, dass der Bau der Fasern der ist, den ich auf Taf. XIV, Fig. 5 schematisch zur Darstellung gebracht habe. Ich bin also der Ansicht, dass jede Faser in ihrem Verlauf mehrmals spindelförmig anschwillt und schließlich mit einem Kolben endigt. Nur an der

Grenze gegen den ersten und dritten Abschnitt des Ringwulstes ist die Zahl der Spindeln eine geringere, und die Fasern gehen zum Theil auch nur an ihren unteren Enden in einen Kolben über, ohne während ihres Verlaufes eine Anschwellung zu erfahren.

Die Spindeln haben zwar bei allen Vögeln ungefähr den gleichen Bau, unterscheiden sich aber in den einzelnen Arten und Ordnungen vor Allem durch ihre Zahl und Größe. Besonders großen Spindeln begegnet man bei den Tagraubvögeln, und das ist auch der Grund, wesshalb ich hier der Beschreibung des Ringwulstes dieser Formen etwas vorgreife, indem ich auf eine Zeichnung verweise, welche einige Spindeln des Hühnerhabichts bei starker Vergrößerung (Apochr. Ölimm. ZEISS 2,0 mm) vorführt (Fig. 7, Taf. XIV). An den Spindeln fällt vor Allem auf, dass sie an ihrem äußeren Ende wesentlich anders aussehen als an ihrem inneren. Ihre Substanz erscheint außen fast ganz homogen und färbt sich mit Boraxkarmin ganz gleichmäßig und zugleich fast so intensiv wie die Zellkerne. Darauf folgt eine Strecke, welche ein mehr oder weniger feinkörniges Aussehen besitzt. Vermuthlich sind die scheinbaren Körnchen nichts Anderes, als die optischen Schief- und Querschnitte sehr zarter Protoplasmafäden. Nach unten hört dann allmählich die Granulirung auf, und den Schluss macht eine ganz helle, homogene, ungefärbte Partie. Zuweilen sieht es aber aus, als ob durch die Mitte einer Spindel ein sehr dünner, aus ungemein feinen Fibrillen bestehender Protoplasmastrang zöge. — Nach außen und innen setzen sich die Spindeln in derbere Stränge fort, die sich zuweilen ziemlich intensiv färben und gewöhnlich eine deutliche Längsstreifung erkennen lassen.

Die Kolben, in welche die Ringwulstfasern an ihren unteren Enden auslaufen, besitzen genau denselben Bau wie die Spindeln.

Indem ich nun wieder zum Ringwulst der Taube zurückkehre, mache ich auf zwei Eigenthümlichkeiten aufmerksam, welche seine Spindeln und Kolben zeigen. Erstens sieht man unter der Mitte des Ringwulstes sehr zahlreiche Schief- und Querschnitte von Kolben und vielleicht auch von Spindeln; und zweitens bemerkt man, dass die Kolben und Spindeln gegen eine senkrecht vom Scheitel des Ringwulstes herabgezogene Linie eine deutliche Konvergenz zeigen. Beide Eigenthümlichkeiten werden einigermassen verständlich, wenn man Äquatorialschnitte durch die Linse zum Vergleiche heranzieht. Ein Stück eines solchen, der ziemlich genau durch den Äquator geht, führt uns die Fig. 1, Taf. XV vor Augen. An demselben bemerken wir in erster Linie, dass die Oberfläche des Ringwulstes zahlreiche

seichte, in ziemlich regelmäßigen Abständen sich wiederholende Eindrücke besitzt, und dass diese Eindrücke den Ciliarfortsätzen (*cf*) genau entsprechen. Ferner sehen wir, dass die Kernschicht wellenförmige Biegungen macht, und dass die Wellenberge den Zwischenräumen zwischen den Ciliarfortsätzen, die Wellenthäler der Mitte derselben entsprechen. Zum Verständniss dieses Verhaltens der Kernschicht ist es nothwendig, das Verhalten der äußeren Faserenden zu beachten. Wie Meridionalschnitte lehren, sind nämlich diese entsprechend den Wellenbergen nach vorn im Winkel abgекnickt (Fig. 2, Taf. XV), ein Umstand, auf den in der bei schwacher Vergrößerung gezeichneten Fig. 4, Taf. XIV nicht Rücksicht genommen ist. Endlich fällt uns auf, dass in der Tiefe des Ringwulstes zwischen den Kolben und Spindeln radiär gestellte Spalten vorhanden sind, gegen welche die Kolben und Spindeln konvergiren. Wir können uns leicht überzeugen, dass diese Spalten den Wellenbergen der Kernschicht und somit auch den Zwischenräumen zwischen den Ciliarfortsätzen entsprechen. Die Kolben und Spindeln der Ringwulstfasern bilden also Wirbel, welche in eben so regelmäßigen Abständen auf einander folgen, wie die Ciliarfortsätze, die an den Scheitel des Ringwulstes herantreten.

Wenn wir alle diese Momente zusammenhalten: die regelmäßige Aufeinanderfolge der Ciliarfortsätze, die Impressionen an der Oberfläche, die wellenförmigen Biegungen der Kernschicht und die Bildung der Wirbel in der Tiefe des Ringwulstes, so können wir, wie mir scheint, kaum darüber einen Zweifel haben, dass sie alle mit einander in ursächlichem Zusammenhange stehen. Wir können nicht umhin anzunehmen, dass die Ciliarfortsätze auf den Ringwulst einen Druck ausüben, dass in Folge dieses Druckes die Impressionen an der Oberfläche und die wellenförmigen Verbiegungen der Kernschicht entstehen, und dass die Ringwulstfasern, indem sie diesem Drucke auszuweichen suchen, sich mit ihren Kolben und Spindeln zu jenen eigenthümlichen Wirbeln an einander legen. Wir dürfen aber auch, wie wir sehen werden, annehmen, dass dieser Druck sich vom Ringwulst auf die von ihm umschlossene Linsenfasermasse fortpflanzt und dass diese unter dem Einflusse desselben *in toto* ihre Form verändert. — So werden wir also zu dem Schlusse geführt, dass der Ringwulst, indem er den Druck, der von den Ciliarfortsätzen auf die Linse ausgeübt wird, auf die Linsenfasermasse überträgt, bei den Gestaltveränderungen der Linse während der Accommodation eine wichtige Rolle spielt. Diese Rolle kann nur eine Art Vermittlerrolle sein,

und zwar um so mehr, als der Ringwulst für die Lichtbrechung direkt nicht in Betracht kommen kann. Denn dieser ist selbst bei ad maximum erweiterter Pupille von der Iris bedeckt, wird also von den einfallenden Lichtstrahlen nicht getroffen, und für die Refraktion kann daher einzig und allein nur die eigentliche Linsenfasermasse wirksam sein.

Die Äquatorialschnitte lehren uns aber auch, wie erwähnt, gewisse Eigenthümlichkeiten der Meridionalschnitte verstehen. Wenn ein solcher, wie dies bei dem Schnitt der Fig. 4, Taf. XIV der Fall ist, gerade zwischen zwei Ciliarfortsätzen durchgeht, so wird die Kernschicht sehr nahe an die Oberfläche treten; es wird aber auch in der Tiefe des Ringwulstes eine große Menge von Spindeln und Kolben schief getroffen werden müssen.

Ich habe schon früher mitgetheilt, dass ich die gleiche Wirbelbildung, wie bei der Taube, auch bei den hühnerartigen Vögeln gefunden habe, und derselben Erscheinung werden wir auch in den folgenden Ordnungen begegnen. Schon diese weite Verbreitung allein nöthigt zu dem Schluss, dass derselben eine wichtige funktionelle Bedeutung zugesprochen werden muss.

Ich gehe nun zur Beschreibung des dritten Abschnittes des Ringwulstes über (Taf. XIV, Fig. 4c). Hier werden die Fasern allmählich kürzer und dicker; spindelförmige Anschwellungen kommen höchstens noch an der Grenze gegen den mittleren Abschnitt vor. Dagegen scheinen auch hier noch an den unteren Enden der Fasern Kolben vorhanden zu sein; freilich sind diese gegen die Fasern gewöhnlich ziemlich scharf abgegrenzt, eine Erscheinung, die sich indessen vielleicht daraus erklären dürfte, dass die Kolben schief abgeschnitten sind. Wenigstens scheinen mir gewisse Bilder, die ich am hinteren Ende des Ringwulstes des Haushuhnes beobachtet habe, darauf hinzuweisen. Die Fasern zeigen in diesem Abschnitte des Wulstes eine deutliche fibrilläre Struktur. Unter dem letzten Ende desselben bemerkt man stets eine kleine Höhle, die indess möglicherweise erst bei der Fixirung entsteht. Jedenfalls weist aber die Konstanz ihres Vorkommens darauf hin, dass eine Prädisposition für ihre Entstehung vorhanden ist.

Die hintersten Zellen des Ringwulstes, welche den Übergang zu den eigentlichen Linsenfasern bilden, zeichnen sich vor den entsprechenden Zellen der Reptilien und der meisten Vögel durch ihre bedeutende Höhe, sowie dadurch aus, dass sie fast ganz gerade gestreckt sind. Die niedrigsten dieser Zellen haben bei der Taube noch eine Höhe von 0,114 mm; sie sind auf dem Schnitt dreieckig,

mit nach außen gerichteter, schmaler Basis und nach vorn, innen und unten gerichteter Spitze.

Wie bei allen bisher betrachteten Formen sind auch bei der Taube die Zellen an der Epithelgrenze zu meridionalen Reihen geordnet. Präparate davon sind aber viel schwieriger anzufertigen, als bei allen anderen von mir untersuchten Formen. Wenn man, wie bei den Reptilien, den Ringwulst mit einer Nadel von der Linsenfasermasse abhebt, so bricht er regelmäßig vor den meridionalen Reihen entzwei. Man muss daher Tangentialschnitte durch die Epithelgrenze anfertigen. Nach einem solchen ist die Fig. 2, Taf. XV, gezeichnet. Die Zellen besitzen, bevor sie sich zu den Reihen ordnen, zumeist unregelmäßig polygonale Querschnitte. Die meridionalen Reihen selbst sind kurz und bestehen höchstens aus acht bis zehn Zellen. Die Zone, die sie zusammensetzen, ist daher schmaler, als bei den Reptilien, Amphibien und Selachiern.

Die Raubvögel scheiden sich, wie in Beziehung auf die Form der Linse, so auch in Beziehung auf den Bau des Ringwulstes in zwei Gruppen. Bei den Tagraubvögeln ist der Ringwulst absolut und relativ stärker ausgebildet, als bei den Nachtraubvögeln. Beim Hühnerhabicht liegt derselbe der Linsenfasermasse fast direkt von außen her auf und erstreckt sich vorn, beim Übergang ins Linsenepithel, nur um ein Geringes weiter herab, als hinten beim Übergang in die eigentlichen Linsenfaser (Textfig. 59). Eben so ist er auch bei den Nachtraubvögeln genau am Äquator der Linse gelegen (Textfig. 60). Wenngleich derselbe in beiden Gruppen nicht überall von der gleichen Stärke ist, so ist, wie aus den weiter unten angeführten Maßen hervorgeht, die Differenz seiner Dicke doch nur eine sehr geringe. Jedenfalls übt sie auf die allgemeine Form der Linse keinen nennenswerthen störenden Einfluss aus.

Beim Hühnerhabicht ist der Ringwulst ungefähr dreieinhalbmal, beim Steinkäuzchen dreieinhalb- bis viermal, bei der Waldeule sieben- bis siebeneinhalbmal so breit, als hoch. Dabei ist aber zu bedenken, dass die untersuchte Waldeule ein ganz junges Thier war.

Am Ringwulst des Hühnerhabichts lassen sich zwar auch drei Abschnitte unterscheiden, jedoch sind der erste und dritte ungemein kurz, der mittlere dagegen außerordentlich lang. Dieser schwillt auch rasch zu seiner ganzen Höhe an und hält sich lange auf derselben. Die Fasern zeichnen sich nicht bloß durch ihre Länge, sondern namentlich durch die ganz kolossale Menge der spindelförmigen Anschwellungen aus. Ich habe in keinem Ringwulst eine

solche Menge von Spindeln getroffen, wie hier. Man kann sich davon eine ungefähre Vorstellung bilden, wenn man die bei ganz schwacher Vergrößerung gezeichnete Fig. 4, Taf. XV betrachtet; dieselbe stellt ein kleines Stück des Ringwulstes ungefähr aus dessen Mitte dar. Nach einer beiläufigen Schätzung möchte ich glauben, dass jede Faser in ihrem Verlauf acht- bis zehnmal anschwillt, bevor sie in einen Endkolben übergeht. Einige Spindeln sind auf Taf. XIV, Fig. 7 bei starker Vergrößerung gezeichnet und wurden schon oben besprochen. Die äußeren Enden einiger Fasern, gleichfalls aus der Mitte des Ringwulstes, sind auf Taf. XIV, Fig. 6 stark vergrößert dargestellt. Man bemerkt hier eine eigenthümliche Differenzirung der Faserenden. Diese enthalten nämlich dort, wo sie sich an die Kapsel ansetzen, kleine, mit einer wasserklaren, homogenen Masse erfüllte Vacuolen und ihr Protoplasma erscheint unterhalb derselben an den mit Platinchloridsublimat fixirten und mit Boraxkarmin gefärbten Präparaten gelblichbraun tingirt. Solche Vacuolen finden sich aber nur am Scheitel des Ringwulstes; nach vorn und hinten hören sie bald auf. Dagegen gewinnt die gelblichbraune Zone vom Scheitel an nach hinten mehr und mehr an Ausdehnung und im dritten Abschnitt des Ringwulstes sind die Fasern ihrer ganzen Länge nach dunkelbraun gefärbt. — Die Kerne liegen im ersten Abschnitt dicht unter der Kapsel, entfernen sich dann im zweiten immer mehr von derselben, um sich vom Scheitel des Ringwulstes an derselben wieder zu nähern. Im dritten Abschnitt liegen sie, wie bei der Taube, dicht unter der Oberfläche. Unterhalb der Kerne zeigt das Protoplasma ein dichteres Gefüge, als oberhalb derselben. Der Querschnitt der Fasern ist, wenigstens auf der Höhe des Ringwulstes, regelmäßig sechseckig, die Fasern stehen also hier wie Bienenwaben neben einander. Am Hinterende des Ringwulstes, beim Übergang in die eigentlichen Linsenfasern, sind die Zellen erheblich niedriger, als bei der Taube; ihre Höhe beträgt höchstens 0,08 mm bei einer Breite von etwa 0,017 mm.

Beim Steinkäuzchen ist zwar die Menge der Spindeln eine geringere, als beim Hühnerhabicht, ja selbst eine geringere, als bei der Taube, aber doch eine sehr viel größere, als bei den hühnerartigen Vögeln. Es ist dies desshalb interessant, weil, wie wir noch sehen werden, die relative Größe des Ringwulstes bei den letzteren eine bedeutendere ist, als bei den Nachtraubvögeln. — Auffallend gering ist die Zahl der Spindeln im Ringwulst der Waldeule; sie ist hier sogar geringer, als bei den Hühnern und kaum größer, als

bei der Gans. Aber es ist zu bedenken, dass die untersuchten Linsen einem jungen Thiere angehörten; es könnte also möglicherweise der Ringwulst der erwachsenen Thiere eine viel größere Zahl von Spindeln aufweisen.

Ich wende mich nun zu der letzten Ordnung der Vögel, den Gangvögeln. Die Linsen der größeren Arten derselben, wie der Krähe und des Nusshehers, erinnern, wie schon früher gezeigt wurde, in ihrer äußeren Form sehr an die Linsen der Tagraubvögel, und man ist daher einigermassen erstaunt, in Beziehung auf den feineren Bau nicht den gleichen Grad von Übereinstimmung zu finden. Der Ringwulst ist zwar ungemein mächtig, wenn auch nicht so mächtig, wie beim Hühnerhabicht. Er ist, wie hier, direkt von außen her der Linsenfaser-masse aufgesetzt (Textfig. 61). Seine Breite ist ungefähr dreieinhalbmals so groß, wie seine Höhe; ein Verhältnis, das dem beim Hühnerhabicht genau entspricht. Er scheint überall die gleiche Breite und Höhe zu besitzen, also ganz symmetrisch entwickelt zu sein.

Im feineren Bau weicht er aber nicht unbeträchtlich von dem des Hühnerhabichts ab. Während hier die spindelförmigen Anschwellungen der Fasern schon im zweiten Fünftel ihrer Länge beginnen (vgl. Fig. 4, Taf. XV), treten sie bei der Krähe und dem Nussheher erst unter der Mitte auf und werden erst im letzten Drittel zahlreicher. Aber auch gegen die Taube stehen die beiden genannten Arten hierin weit zurück, obwohl ihr Ringwulst an Masse den der Taube erheblich übertrifft. Auch sind bei der Krähe und dem Nussheher die Fasern breiter, die Kerne daher lange nicht so dicht gedrängt, wie bei der Taube und dem Hühnerhabicht. Die Kernschicht ist daher viel dünner und man trifft selbst am Scheitel Strecken, in denen die Kerne in einfacher Reihe neben einander liegen. Sie entfernt sich nur in der Mitte des Ringwulstes etwas mehr von der Oberfläche, liegt aber sonst ziemlich nahe an der Kapsel.

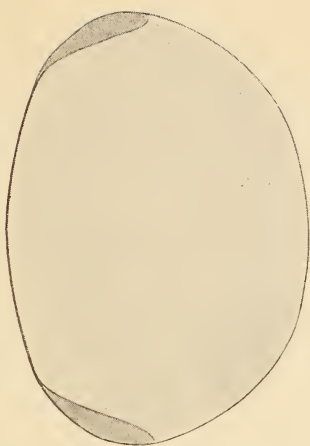
Auch die Singvögel besitzen durchweg einen mächtigen Ringwulst; den mächtigsten besitzt die Lerche, die hierin den Übergang zu den Schwalben vermittelt. Stets ist derselbe der Linsenfaser-masse fast direkt von außen her aufgesetzt, also so gelagert, wie bei den früher besprochenen Formen. Er fällt entweder nach vorn und hinten ganz gleichmäßig ab, oder nach hinten steiler als nach vorn. Seine Höhe und Breite verhalten sich in den meisten Fällen ungefähr wie 1 : 3,5; nur beim Buchfinken und der Feldlerche ist die Höhe

eine etwas bedeutendere. — Bei den meisten Formen scheint der Ringwulst in der ganzen Cirkumferenz der Linse ungefähr von der gleichen Stärke zu sein; geringe Differenzen habe ich eigentlich nur beim Feldammer und Gimpel gefunden. Im feineren Bau zeigt er eine viel größere Übereinstimmung mit dem der Krähe und des Nusshehers, als mit dem der Taube und der Raubvögel. Nie ist die Menge der spindelförmigen Anschwellungen seiner Fasern eine so große, wie hier, wiewohl sich hierin nicht ganz unbedeutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Arten bemerkbar machen. Von den genannten Arten scheint mir die Lerche die größte Zahl von Spindeln zu besitzen. Diese finden sich weitaus der Mehrzahl nach nur in größeren Tiefen des Ringwulstes und nur selten kommt es vor, dass eine solche schon in der äußeren Hälfte einer Faser angetroffen wird. Die Fasern sind relativ dick und, wenn auch die Kerne nicht überall in einfacher Reihe neben einander Platz finden, so sind sie doch nie in der Weise zerstreut, wie bei der Taube oder den Raubvögeln. Nur auf der Höhe des Ringwulstes, am Scheitel und in seiner Umgebung, ist die einfache Reihe aufgelöst und zugleich etwas weiter von der Oberfläche entfernt. Im Übrigen liegt sie ziemlich dicht unter der Kapsel. Dies gilt in erster Linie in Beziehung auf den ersten und dritten Abschnitt des Wulstes. — An der Epithelgrenze besitzen die Zellen nie jene Höhe, wie bei der Taube.

Den mächtigsten Ringwulst unter allen Vögeln besitzen die Schwalben und vor Allem die Segler; er ist auch der merkwürdigste von allen. Während er sonst, selbst wenn seine Stärke so große Verschiedenheiten aufweist, wie bei der Taube, die Gesamtform der Linse nicht wesentlich alterirt und ihre radiäre Symmetrie nicht in auffälliger Weise stört, nimmt er hier einen so tiefgreifenden Einfluss auf die Gestalt der ganzen Linse, dass diese sich hierdurch von dem gewöhnlichen Typus einer Wirbelthierlinse, ja einer Linse überhaupt, ganz entfernt. Dieser Einfluss macht sich bei *Cypselus* in viel prägnanterer Weise geltend, als bei *Hirundo*. Wenn man eine Linse von *Hirundo urbica* so durchschneidet, dass der Schnitt die dickste und die dünnste Stelle des Ringwulstes trifft, so erhält man das Bild der Textfig. 63; durchschneidet man eine Linse von *Cypselus apus* in der erwähnten Weise, so giebt der Schnitt das Bild der Textfig. 64. Bei *Hirundo* verhalten sich die Areale der beiden Ringwulstdurchschnitte ungefähr wie 1 : 1,34, bei *Cypselus* dagegen wie 1 : 1,74.



Textfig. 55.
Wellenpapagei.



Textfig. 56.
Gans.



Textfig. 57.
Haushuhn.

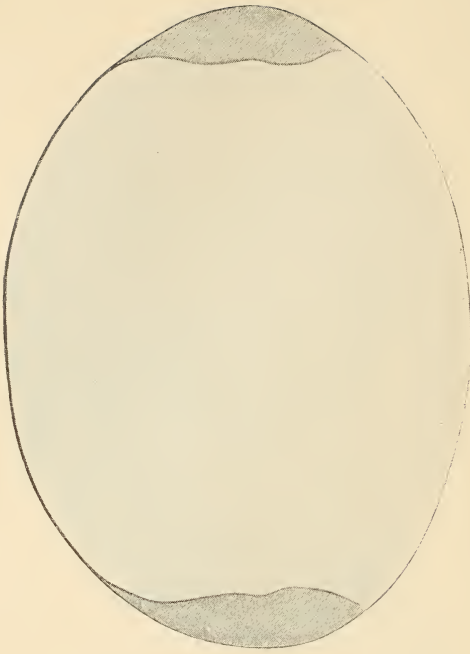


Textfig. 58.
Haustaube.



Textfig. 59.
Hühnerhabicht.

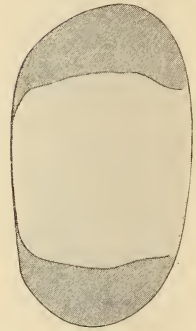
Alle Figuren sind bei derselben Vergrößerung gezeichnet.



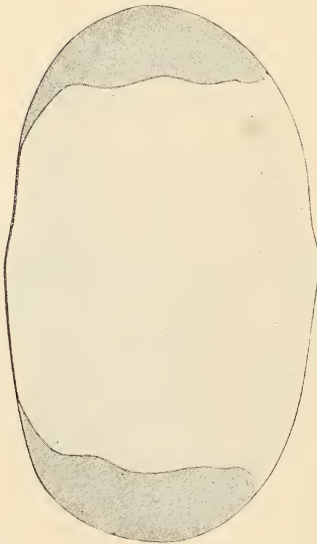
Textfig. 60.
Steinkäuzchen.



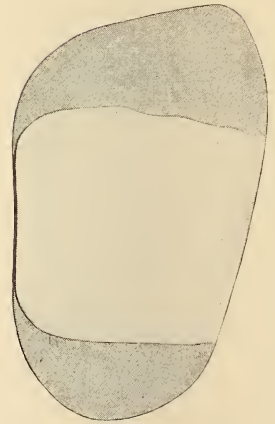
Textfig. 62.
Feldammer.



Textfig. 63.
Stadtschwalbe.



Textfig. 61.
Krähe.



Textfig. 64.
Mauersegler.

Alle Figuren sind bei derselben Vergrößerung gezeichnet.

Aber nicht bloß die Größe der beiden Ringwulstdurchschnitte ist eine verschiedene, sondern auch ihre Form. Wie ein Blick auf die beiden Textfiguren 63 u. 64 lehrt, erscheint der Ringwulst an seiner dünnsten Stelle ganz gleichmäßig gerundet und der Scheitelpunkt seiner Wölbung fällt ungefähr in den Äquator der Linse; an der dicksten Stelle dagegen steigt er zunächst ganz gleichmäßig an, um erst etwa an der Grenze zwischen drittem und viertem Viertel oder selbst noch weiter hinten seine größte Höhe zu erreichen. Hier erhebt sich an der Linse eine mehr oder weniger vorspringende Leiste, die namentlich bei *Cypselus* sehr deutlich hervortritt und der ganzen Linse ein sehr eigenartiges Ansehen verleiht. Von dieser Leiste an fällt der Ringwulst sehr steil gegen die hintere Linsenfläche ab.

Wie aus dem Gesagten hervorgeht, liegt die Leiste hinter dem Äquator und damit hängt es zusammen, dass der Äquatorialdurchmesser bei *Hirundo* und *Cypselus* nicht der längste Durchmesser der Linse ist, sondern dass dieser schief gegen die hintere Linsenfläche zieht und mit dem Äquatorialdurchmesser einen spitzen Winkel einschließt.

Das Verhältnis zwischen Höhe und Breite des Ringwulstes beträgt bei *Hirundo urbica* an der dicken Stelle ungefähr 1 : 2,5, an der dünnen 1 : 2,6; bei *Cypselus* dort 1 : 2,0, hier 1 : 2,4.

Im feineren Bau unterscheidet sich der Ringwulst der Schwalben und Segler nicht wesentlich von dem der Singvögel. Immerhin zeigt er aber einige Besonderheiten, die einer Erwähnung bedürfen. Erster und dritter Abschnitt des Ringwulstes, also diejenigen Theile, welche sich durch den Mangel der Spindeln und Kolben charakterisiren, sind überall ungemein schmal. Im ersten Abschnitt und namentlich am Anfang des zweiten, also eigentlich am ganzen Vorderende des Ringwulstes, sind die Fasern von sehr eigenthümlicher Form und Beschaffenheit. Sie beginnen mit relativ breiter, den Kern umschließender Basis dicht unter der Kapsel, werden dann rasch dünner, ziehen darauf als äußerst dünne Fäden fast ganz parallel der Oberfläche nach vorn und unten und wenden sich schließlich in großem, nach hinten konkavem Bogen nach einwärts gegen die eigentliche Linsenfasermasse. In dieser letzten Strecke sind sie wieder fast von derselben Dicke, wie unter der Kapsel, und schwellen dabei ganz gewöhnlich zu langgestreckten Spindeln oder Kolben an. Die Ringwulstfasern sind also im vorderen Bereiche des Ringwulstes zu langen, an beiden Enden verdickten, S-förmig gebogenen Gebilden ausgezogen. Nach hinten gleichen sich die Krümmungen allmählich

aus und die Fasern strecken sich mehr gerade. In demselben Maße aber nimmt die Zahl der Spindeln ganz außerordentlich zu. Wenn dieselbe auch nicht so groß ist, wie beim Hühnerhabicht, so ist sie doch eine sehr viel größere, als bei der Mehrzahl der anderen untersuchten Vögel; sie ist namentlich auch größer, als bei den meisten Singvögeln. Nur die Lerche kommt hierin den Schwalben ziemlich nahe. — Übrigens ist die Menge der Spindeln auch unter den Schwalben nicht überall die gleiche. Am geringsten schien sie mir bei der Rauchschwalbe zu sein; am größten ist sie zweifellos beim Mauersegler. Hier beginnen sie schon in geringer Entfernung von der Oberfläche, werden aber erst in halber Höhe des Ringwulstes zahlreicher. Sie haben wesentlich denselben Bau, wie sonst bei den Vögeln, nur begegnet man bei *Cypselus* häufiger als sonst besonders schlanken Formen. Die Kerne des Ringwulstes stehen dichter, als bei den meisten Singvögeln, wenn auch nicht so dicht, wie beim Hühnerhabicht. Sie liegen nicht in einfacher Reihe und entfernen sich selbst am Scheitel des Ringwulstes nicht sehr weit von der Oberfläche.

Höchst instruktive Bilder erhält man von Äquatorialschnitten durch den Ringwulst. Ein Stück eines solchen von *Cypselus* apus ist auf Taf. XV, Fig. 5 abgebildet. Man sieht, ähnlich wie bei der Taube (vgl. Fig. 1, Taf. XV), in regelmäßigen Abständen die Ciliarfortsätze *cf* an die Linse herantreten und bemerkt wieder, dass jedem Ciliarfortsatz ein seichter Eindruck des Ringwulstes entspricht. Ferner sieht man schon bei ganz schwacher Vergrößerung, dass der Ringwulst eine radiäre Streifung zeigt, dass helle und dunkle Streifen in regelmäßigen Abständen mit einander abwechseln und dass die hellen Streifen unter den Ciliarfortsätzen, die dunkeln unter den Zwischenräumen zwischen denselben gelegen sind. Helle und dunkle Streifen sind ungefähr von gleicher Breite oder die hellen um eine Spur breiter als die dunkeln. Die Streifen sind nicht von gleicher Länge; die hellen reichen viel tiefer in den Ringwulst hinein, als die dunkeln; jene haben eine Länge von etwa 0,57 mm, diese eine solche von 0,23 mm. Die hellen Streifen sind also mehr als doppelt so lang, als die dunkeln. Wo die Streifen unten aufhören, beginnen die Spindeln. Diese erstrecken sich also immer sehr weit zwischen je zwei helle Streifen hinein. Bei starker Vergrößerung überzeugt man sich, dass jeder Streifen aus 6—8 Fasern besteht, dass aber die Fasern der dunkeln Streifen eine andere Beschaffenheit besitzen, als die der hellen. Die Fasern der hellen Streifen sind außerordent-

lich fein granulirt, oder, wohl richtiger, sie enthalten ein sehr zartes protoplasmatisches Gerüst, die der dunkeln dagegen erscheinen ganz homogen und färben sich zugleich viel intensiver, als die der hellen. Überdies sieht man in den dunkeln Streifen ungemein kleine, runde oder ovale und im letzteren Falle gewöhnlich schief gestellte helle Vacuolen. Es ist schwer zu entscheiden, ob diese Vacuolen in den Fasern oder zwischen denselben liegen; ich halte aber das Letztere für das Wahrscheinlichere. — Andere, vielleicht minder wichtige Eigenthümlichkeiten der Fasern sind aus der Figur zu sehen.

Während die äußere Hälfte des Ringwulstes diese Streifung zeigt, besteht die innere, ungefähr von der halben Höhe des Ringwulstes angefangen, ausschließlich aus Spindeln. Diese ordnen sich zu ganz ähnlichen Wirbeln zusammen, wie bei der Taube, nur scheinen sie nicht so zahlreich zu sein, wie hier. Während hier ihre Zahl mit der Zahl der Ciliarfortsätze genau übereinstimmt, ist sie bei *Cypselus* allem Anscheine nach eine geringere. Es scheinen sich hier immer je zwei Wirbel in der Tiefe des Ringwulstes zu einem einzigen zu vereinigen. Ich kann dies indess nur als eine Vermuthung hinstellen und bemerke, dass diese Frage noch einer eingehenderen Untersuchung bedarf.

Weniger instruktiv sind Äquatorialschnitte durch den Ringwulst der eigentlichen Schwalben. Zwar sieht man auch hier die den Ciliarfortsätzen entsprechenden Impressionen an der Oberfläche und die Wirbel in der Tiefe, aber die radiäre Streifung der äußeren Ringwulsthälfte, die für den Mauersegler so ungemein charakteristisch ist, fehlt, wie es scheint, ganz.

Meine Beobachtungen an den Schwalben und Seglern liefern also wieder den Beweis, dass die Ciliarfortsätze einen sehr wesentlichen Einfluss auf die Konfiguration des Ringwulstes nehmen. —

Schon ein Blick auf die Textfiguren 55—64 genügt, um sich zu überzeugen, dass der Ringwulst in Beziehung auf seine Stärke in den einzelnen Ordnungen der Vögel außerordentlich große Verschiedenheiten zeigt. Ich theile nun in der nachfolgenden Tabelle die genauen Maße des Ringwulstes, die Äquatorialdurchmesser der den Messungen zu Grunde gelegten Meridionalschnitte und das Verhältnis der mittleren Dicke des Ringwulstes zum Äquatorialdurchmesser der Linse mit. Ich bemerke dazu, dass ich stets die beiden Ringwulstquerschnitte eines jeden Meridionalschnittes gemessen habe und dass ich aus den beiden, für die Dicke und für die Breite des Ring-

wulstes gefundenen Maße Mittelwerthe berechnet habe. Von diesen sind die für die Dicke gefundenen der Berechnung des Verhältnisses zwischen Ringwulst und Äquatorialdurchmesser zu Grunde gelegt.

	Ringwulst						Äquatorial-Durchmesser	Verhältnis der mittleren Dicke des Ringwulstes zum Äquat.-Durchm.
	Breite			Dicke				
	a	b	Mittel	a	b	Mittel		
<i>Apteryx australis</i>	—	—	0,07	—	—	0,43	3,2	2,19 : 100
<i>Melopsittacus undul.</i>	1,10	1,10	1,10	0,26	0,27	0,265	2,5	10,6 : 100
<i>Palaeornis torquatus</i>	1,60	1,60	1,60	0,50	0,49	0,495	ca. 4,0	12,3 : 100
<i>Anas boschas domest.</i>	1,80	1,70	1,75	0,39	0,34(?)	0,365(?)	6,0	6,0 : 100
<i>Anser ein. domest.</i>	1,38(?)	1,35	1,365(?)	0,28	0,29	0,285	5,3	5,1 : 100
<i>Gallus domest.</i>	1,82	1,76	1,79	0,52	0,50	0,51	5,0	10,2 : 100
<i>Tetrao tetrix</i>	2,10	2,2	2,15	0,51	0,57	0,54	6,0	9,0 : 100
<i>Columba livia dom. I.</i>	1,70	1,62	1,66	0,61	0,52	0,565	4,2	13,33 : 100
» » » II.	1,86	1,72	1,78	0,74	0,63	0,68	4,8	14,16 : 100
<i>Astur palumbarius</i>	4,56	4,60	4,58	1,27	1,40	1,335	8,7	15,3 : 100
<i>Athene noctua</i>	2,60	2,40	2,50	0,63	0,66	0,645	7,5	8,6 : 100
<i>Otus sylvestris</i>	2,70	2,60	2,65	0,36	0,37	0,365	9,2	3,9 : 100
<i>Corvus corone</i>	2,90	2,90	2,90	0,85	0,85	0,85	6,65	12,7 : 100
<i>Garrulus glandarius</i>	2,60	2,60	2,60	0,75	0,75	0,75	5,5	13,6 : 100
<i>Carduelis elegans</i>	1,30	1,30	1,30	0,38	0,38	0,38	2,62	14,5 : 100
<i>Emberiza hortulana</i>	1,72	1,77	1,745	0,50	0,52	0,51	3,5	14,5 : 100
<i>Pyrrhula vulgaris</i>	1,80	1,74	1,77	0,45	0,49	0,47	3,66	12,8 : 100
<i>Fringilla coelebs</i>	1,50	1,55	1,525	0,52	0,52	0,52	3,4	15,3 : 100
<i>Alauda arvensis</i>	2,08	?	?	0,78	0,77	0,775	3,9	19,8 : 100
<i>Hirundo rustica</i>	2,00	1,90	1,95	0,69	0,63	0,66	3,9	16,92 : 100
<i>Hirundo riparia</i>	2,00	ca. 2,00	ca. 2,00	0,79	0,72	0,75	3,9	19,23 : 100
<i>Hirundo urbana</i>	2,06	1,80	1,93	0,83	0,70	0,76	3,98	19,1 : 100
<i>Cypselus apus</i>	2,90	2,40	2,65	1,40	0,96	1,18	5,0	23,6 : 100

Ich habe schon in dem Kapitel über die Reptilienlinse hervorgehoben, dass die relative Dicke oder Höhe des Ringwulstes nur einen mangelhaften Maßstab zur Beurtheilung seiner relativen Stärke an die Hand gibt. Eine viel bessere Vorstellung erhält man, wenn man die Summe der Areale der beiden Ringwulstquerschnitte mit dem Areal des ganzen Meridionalschnittes durch die Linse vergleicht. Bei der Bestimmung dieses Verhältnisses bin ich wieder so vorgegangen, wie bei den Reptilien. Ich habe also Skizzen von Meridionalschnitten ähnlich denen der Textfiguren 55—64, nur in viel größerem Maßstabe, auf Karton gezeichnet, dann die Skizzen ausgeschnitten und zunächst die ganzen Meridionalschnitte und darauf die beiden Querschnitte durch den Ringwulst gewogen. Auf diese Weise habe ich die Areale der Meridionalschnitte und der Querschnitte durch den Ringwulst bestimmt. Die Summe der Areale der beiden Querschnitte durch den Ringwulst verhielt sich nun zum Areal des

Meridionalschnittes durch die ganze Linse in den einzelnen Arten, wie folgt:

Gans (Anser ciner. dom.)	3,64 : 100,00.
Ente (Anas bosch. dom.)	4,93 : 100,00.
Wellenpapagei (Melopsittacus undul.)	10,54 : 100,00.
Halsbandpapagei (Palaeornis torquatus)	11,87 : 100,00.
Haushuhn (Gallus domest.)	11,23 : 100,00.
Birkhuhn (Tetrao tetrix)	11,32 : 100,00.
Haustaube (Columba livia dom.)	15,60 : 100,00.
Krähe (Corvus corone)	19,34 : 100,00.
Nussheher (Garrulus glandarius)	20,96 : 100,00.
Hühnerhabicht (Astur palumbarius)	24,16 : 100,00.
Steinkäuzchen (Athene noctua)	8,75 : 100,00.
Stieglitz (Carduelis elegans)	21,06 : 100,00.
Buchfink (Fringilla coelebs)	24,67 : 100,00.
Feldlerche (Alauda arvensis)	31,85 : 100,00.
Rauchschwalbe (Hirundo rustica)	32,98 : 100,00.
Stadtschwalbe (Hirundo urbica)	35,9 : 100,00.
Uferschwalbe (Hirundo riparia)	37,1 : 100,00.
Mauersegler (Cypselus apus)	39,94 : 100,00.

Der Flächeninhalt des Ringwulstquerschnittes beträgt also bei der Gans $\frac{1}{27}$, des Flächeninhaltes des ganzen Meridionalschnittes, bei den Papageien $\frac{1}{9}$ bis $\frac{1}{10}$, beim Haushuhn und Birkhuhn mehr als $\frac{1}{9}$, bei der Taube fast $\frac{1}{6}$, bei der Krähe, dem Nussheher und dem Stieglitz ungefähr $\frac{1}{5}$, bei dem Habicht und Fink beiläufig $\frac{1}{4}$, bei der Lerche fast $\frac{1}{3}$, bei den Schwalben gewöhnlich mehr als $\frac{1}{3}$ und beim Segler $\frac{2}{5}$. — Eine ganz exakte Vorstellung von der Größe des Ringwulstes giebt freilich auch diese Berechnung nicht. Ringwulst und Linse sind eben körperliche Dinge und man müsste also eigentlich ihre Volumina bestimmen und in Relation setzen. Jedenfalls würden dann die Differenzen zwischen den einzelnen Arten noch viel schärfer hervortreten. Es würde sich zeigen, dass z. B. der Ringwulst des Habichts mehr als $\frac{1}{3}$, der des Seglers mehr als die Hälfte der ganzen Linse aufbaut. Indessen mag die Bestimmung des Flächenverhältnisses genügen.

Nun ist es im höchsten Grade auffallend, dass die Stärke des Ringwulstes in demselben Verhältnisse wächst, als die Fluggeschwindigkeit eine größere wird. MAREY¹ giebt in

¹ E. J. MAREY, Le vol des oiseaux. Par. s, 1890.

seinem Werke über den Flug der Vögel nach JACKSON folgende Zusammenstellung:

Wachtel . . .	17 Meter in der Sek.	Adler	31 Meter in der Sek.
Taube . . .	27 » » » »	Schwalbe . .	67 » » » »
Falke . . .	28 » » » »	Segler . . .	88 » » » »

Er hebt ausdrücklich hervor, mit welchen Schwierigkeiten die Bestimmungen der Fluggeschwindigkeit zu kämpfen haben, und betont, dass wir vollkommen verlässliche Bestimmungen eigentlich nur hinsichtlich der Tauben besitzen. Aus den Angaben, die Mosso¹ in seinem Buche über die Ermüdung macht, berechne ich die Fluggeschwindigkeit der Tauben gleichfalls auf 27—28 Meter in der Sekunde. Nach einer Angabe VAN ROOSEBECKE's, eines berühmten Taubenliebhabers, würde sich ihre Maximalgeschwindigkeit auf etwa 34 Meter in der Sekunde berechnen. Damit stimmen noch andere von MAREY citirte Angaben überein. Was die Schnelligkeit der Falken betrifft, so theilt MAREY mit, dass ein Falke HEINRICH's II., der sich bei einer Jagd im Forst von Fontainebleau verirrt hatte, am zweitnächsten Tage auf Malta wiedergefunden wurde. Derselbe hatte also in dieser Zeit eine Strecke von 1400 Kilometer zurückgelegt. So ungenau die Bestimmung der Fluggeschwindigkeit nach dieser Angabe ausfallen mag, so möchte ich sie doch etwas höher schätzen, als es JACKSON gethan hat.

Wenn wir aus der obigen Liste nur die Taube, die Schwalbe und den Segler herausheben, so fällt uns der Parallelismus der Fluggeschwindigkeit und der Ringwulststärke sofort in die Augen. Die Fluggeschwindigkeit stellt sich wie 27 : 67 : 88 und die Stärke des Ringwulstes etwa wie 16 : 35 : 40; der Parallelismus würde wahrscheinlich noch größer sein, wenn wir statt der Areale der Ringwulstquerschnitte die Volumina des Ringwulstes mit einander vergleichen könnten.

Den kleinsten Ringwulst unter allen untersuchten Carinaten besitzen die Gans und die Ente; sie sind auch die langsamsten von allen. Es ist aber wahrscheinlich, dass ihr Ringwulst durch Zucht und Gefangenschaft kleiner geworden ist, gerade so, wie sie andererseits das Fliegen verlernt haben. Es wäre interessant, die Wildgans und die Wildente damit zu vergleichen. Von der Wildente erzählen die Jäger, dass die Schnelligkeit ihres Fluges eine sehr große sei,

¹ A. Mosso, Die Ermüdung. Leipzig, 1892.

und man wird daher wohl auch einen entsprechend großen Ringwulst erwarten dürfen.

Der Parallelismus zwischen der Stärke des Ringwulstes und der Fluggeschwindigkeit ist ein so evidenter, dass man sich unwillkürlich versucht fühlt, einen kausalen Zusammenhang zwischen beiden zu vermuthen. Nun ist klar, dass ein Vogel, der sich schnell bewegt, auch rascher accommodiren muss, als ein Vogel, der sich langsam bewegt, wie denn überhaupt die Schnelligkeit der Accommodation mit der Schnelligkeit der Bewegung gleichen Schritt halten muss. Ein Segler bewegt sich mehr als dreimal so schnell, als die schnellsten Expresszüge, er legt mehr als 300 Kilometer in der Stunde zurück und ist daher im Stande, eine Strecke wie die von Tunis bis Hamburg in sechs Stunden zu durchfliegen. Er muss also außerordentlich rasch accommodiren, sehr viel rascher, als etwa eine Taube, die in einer Stunde nur ungefähr 100 Kilometer zurückzulegen im Stande ist.

Sowie aber einerseits gezeigt werden kann, dass der Ringwulst mit der Schnelligkeit der Accommodation an Stärke zunimmt, so ist andererseits leicht einzusehen, dass er für die Lichtbrechung direkt nicht in Betracht kommen kann. Er darf geradezu als optisch inaktiv bezeichnet werden, denn er wird selbst bei ad maximum erweiterter Pupille von der Iris bedeckt und daher von den einfallenden Lichtstrahlen nicht getroffen. Auf ihn vermag die bei den Vögeln so außerordentlich kräftige und hochdifferenzirte Accommodationsmuskulatur viel unmittelbarer einzuwirken, als dies sonst der Fall zu sein pflegt; denn bekanntlich fehlt bei den Vögeln eine Zonula in dem Sinne, wie sie die Säugethiere besitzen¹, und die Ciliarfortsätze und wohl auch ein Theil der Iris treten direkt an die Kapsel heran, um sich an ihr zu befestigen. Damit hängt es auch zusammen, dass stets, wenn man eine Linse aus dem Auge entfernt, ein mehr oder minder großer Theil der Ciliarfortsätze und der Iris mit der Kapsel in Verbindung bleibt.

Dass die Ciliarfortsätze den Bau des Ringwulstes direkt zu beeinflussen vermögen, kann nach den früher mitgetheilten Thatsachen nicht in Zweifel gezogen werden. So wahrscheinlich es aber auch ist, dass der Ringwulst ein Accommodationsorgan der Linse

¹ Vgl. S. EXNER, Über die Funktion des Musculus Cramptonianus. Sitz.-Ber. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien. Math.-naturw. Klasse. Bd. LXXXV. 3. Abth. 1882.

ist, so bleibt doch vor der Hand das Detail seiner Funktion noch unverständlich. Hier muss die Arbeit der Physiologen einsetzen, sowie denn überhaupt eine ganze Reihe von Fragen, die sich auf die Art der Lichtbrechung in der Vogellinse beziehen, noch auf eine Lösung harrt. —

Werfen wir nun nochmals einen Blick auf die Reptilien zurück. Der Satz, dass mit der Schnelligkeit der Accommodation die Masse des Ringwulstes wächst, findet auch auf sie uneingeschränkte Anwendung. So erklärt sich uns die geringe Entwicklung desselben bei den Krokodilen und Schildkröten und die mächtige Entwicklung bei den Sauriern. Eine Ausnahme scheint nur das Chamäleon zu machen; aber die Ausnahme ist eben nur eine scheinbare. BREHM¹ theilt über die Lebensweise desselben u. A. Folgendes mit: »Die Chamäleons sind vollendete Baumthiere, welche nur ausnahmsweise zum Boden herabkommen. Man sieht sie, gewöhnlich in kleinen Gesellschaften von drei bis sechs Stücken, auf einem Busche oder einer Baumkrone sitzen, unbeweglich, als wären sie ein dem Aste angewachsener Holzknorren, mit den vier Klammerfüßen und dem Schwanz an einem oder mehreren Zweigen befestigt. Tagelang beschränkt sich ihre Bewegung darauf, sich bald auf dem Aste, welchen sie sich zum Ruheplatze erwählten, niederzuducken und wieder zu erheben, und erst, wenn besondere Umstände eintreten, verändern sie nicht bloß ihre Stellung, sondern auch ihre Plätze. Das verschrieene Faulthier und jedes andere derjenigen Geschöpfe, welche auf Bäumen leben, bewegt sich mehr und öfterer als sie, falls man absieht von Augen und Zunge; denn erstere sind in beständiger Thätigkeit, und letztere wird so oft, als sich Beute findet, hervorgeschnellt. Kein anderes Wirbelthier lauert eben so beharrlich wie das Chamäleon auf seine Beute; es lässt sich in dieser Hinsicht nur mit den tiefststehenden, dem Felsen gleichsam angewachsenen wirbellosen Thieren vergleichen.« So ist also das Chamäleon eines der langsamsten Thiere, die es giebt, und doch ist seine Linse ganz ähnlich der der Schwalben gebaut, die zu den schnellsten Thieren gehören. Der Ringwulst des Chamäleons steht dem der Schwalben an Stärke nicht nach und übertrifft den der Eidechsen und überhaupt aller Reptilien ganz außerordentlich. Und doch ist der Widerspruch nur ein scheinbarer. Jeder, der einmal ein Chamäleon beobachtet und gesehen

¹ A. E. BREHM, Illustriertes Thierleben. 1. Aufl. Hildburghausen 1869. Bd. V.

hat, wie es mit seinen Augen fortwährend den Raum abtastet, in dem es sich befindet, wie es dann mit blitzartiger Schnelligkeit und unübertrefflicher Sicherheit seine wurmförmige Zunge auf seine Beute schleudert, der wird auch nicht einen Augenblick daran zweifeln können, dass eine solche Lebensweise nur bei einer ganz ungewöhnlich raschen und sicheren Accommodation möglich ist. Hier ist eben die Beute schnell, das Thier ist auf die Insekten angewiesen, die zwischen den Zweigen, auf denen es sitzt, hindurchfliegen, und die einzigen schnellen Organe, die es besitzt, sind seine Zunge und seine Augen.

Sehr interessant ist auch die geringe Größe des Ringwulstes bei den nächtlichen Thieren, dem Gecko und den Nachtraubvögeln; diese geht einher mit einer sehr beträchtlichen Größe der ganzen Linse, auf deren Bedeutung schon früher hingewiesen wurde. Jedes Thier muss, damit seine Existenz gesichert sei, in irgend etwas seinen Feinden oder seiner Beute überlegen sein. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass ein Auge mit weiter Pupille und großer Linse, also ein Auge, in das möglichst viel Licht einfallen kann, einem nächtlichen Thiere viel nützlicher ist, als ein Auge mit relativ kleiner Linse und enger Pupille, und wir erblicken daher in dem Verhalten der Linse der nächtlichen Thiere auch wieder nur ein Beispiel von weitgehender funktioneller Anpassung. — Auf das abweichende Verhalten der Linse des Kiwi möchte ich kein allzugroßes Gewicht legen. Die Angaben über die Lebensweise dieser Thiere scheinen sich hauptsächlich auf Beobachtungen über ihr Verhalten in der Gefangenschaft und auf vielleicht nicht ganz verlässliche Aussagen der Eingeborenen Neuseelands zu gründen und es dürften daher noch genauere Beobachtungen abzuwarten sein. —

In höchstem Grade auffallend ist der von dem gewöhnlichen Typus der Sauropsidenlinse ganz abweichende Bau der Schlangenlinse, vor Allem der Bau der Linse der Nattern und Vipern. Wenn man sieht, wie sehr bei den Wirbelthieren die Art der Bewegung die Accommodation beeinflusst und wie diese wieder im Bau der Linse zum Ausdruck kommt, so fühlt man sich unwillkürlich veranlasst, auch bei den Schlangen einen derartigen Zusammenhang zu vermuthen. In der That ist ja auch die Art ihrer Bewegung eine ganz merkwürdige und eigenartige, von der ihrer Verwandten auffallend verschiedene. Nun hat THEODOR BEER unlängst gezeigt, dass auch ihre Accommodation von der aller anderen Reptilien sehr auffallend abweicht, indem die Linse dabei kaum irgend eine Veränderung ihrer Form

erfährt. Man kann allerdings einwenden, dass auch die Blindschleiche und der Scheltopusik sich ähnlich, wie die Schlangen, bewegen und doch nicht den gleichen eigenthümlichen Bau der Linse zeigen. Aber die Blindschleiche und der Scheltopusik sind eben Saurier und sie halten an ihrem ererbten Besitz, wenn dieser ihnen nicht direkt zum Schaden gereicht, mit großer Zähigkeit fest. —

Ich gehe nun wieder zur Beschreibung der eigentlichen Linsenfasern über. Wie in den bisher besprochenen Thierklassen haben wir auch bei den Vögeln Centralfasern, Übergangsfasern und Haupt- oder Grundfasern zu unterscheiden. Central- und Übergangsfasern setzen stets nur einen verhältnismäßig kleinen Theil der ganzen Linse zusammen. Sie bilden eine Masse, deren Durchmesser beim Wellenpapagei ungefähr 0,06, bei der Ente 1,3, bei der Krähe und dem Huhn 1,0, bei der Taube 0,8 und bei der Uferschwalbe 0,55 mm beträgt. Von dieser Masse nimmt wieder die eigentliche Centralfasermasse weitaus den größten Raum ein, so dass dieselbe, wie schon aus dem im entwicklungsgeschichtlichen Theile Gesagten hervorgeht, z. B. beim Huhn ungefähr 0,8 mm im Durchmesser hält, während die Übergangszone nur etwa 0,1 mm dick ist; bei der Ente beträgt der Durchmesser der Centralfasermasse etwa 1,0, die Dicke der Übergangszone 0,15 mm. Daraus geht hervor, dass die Umordnung der Fasern zu radiär gestellten Lamellen sehr rasch erfolgt. — Die Centralfasermasse hat eine kugelige oder ellipsoidische Form und ist in letzterem Falle so gestellt, dass die lange Achse des Ellipsoids mit der Linsenachse zusammenfällt. Sie liegt aber keineswegs immer im Centrum der Linse, sondern scheint sogar in der Regel nach vorn verschoben zu sein. Vielleicht machen nur die Nachtraubvögel hiervon eine Ausnahme, indem bei ihnen, wie es scheint, die Centralfasermasse hinter dem Mittelpunkt der Linsenachse liegt. — Die Centralfasern haben unregelmäßige, rundliche oder polygonale Querschnitte von sehr wechselnder Größe; sie grenzen sich stets sehr scharf von einander ab und sind deutlich concentrisch über einander gelagert, ohne aber zu Schichten geordnet zu sein. (Vgl. die Textfig. 30 vom Huhn und die Figg. 1 u. 3, Taf. XVI von der Taube und der Uferschwalbe.) Auf dem Meridionalschnitt sieht die Centralfasermasse bei der Taube so aus, wie sie auf Taf. XV, Fig. 6 dargestellt ist. Die Fasern sind also stellenweise spindelförmig aufgetrieben und enthalten in ihrem Innern eigenthümliche schollenartige Massen. Außerdem lassen sie sehr oft ungefähr in der Mitte ihrer Länge einen hellen Raum von ovaler Form, etwas

größer als ein Zellkern, erkennen, der indessen nie chromatische Substanz umschließt. Ich halte es für wahrscheinlich, dass wir darin einen Rest jenes hellen Hofes zu erblicken haben, der beim Kernschwund im Innern der Fasern zurückbleibt.

Eine ganz gewöhnliche Erscheinung besteht darin, dass sich in die Central- und Übergangsfasern, dann aber auch in die tiefstgelegenen Fasern der Radiärlamellen Luft in sehr fein vertheiltem Zustande einlagert. Gewöhnlich füllt dieselbe die hellen Höfe der Fasern aus, die nun bei durchfallendem Lichte wie von schwarzen Körnchen durchsetzt erscheinen. Wie die Luft in die Fasern gelangt, ist schwer zu sagen. Jedenfalls geschieht es nicht erst nach dem Schneiden, sondern entweder beim Schneiden selbst oder schon beim Einbetten der Linsen in Paraffin.

Von den Übergangsfasern ist wenig zu sagen. Sie sind in Textfig. 30 vom Huhn und in den Figg. 1 und 3, Taf. XVI von der Taube und der Uferschwalbe abgebildet. Sie verhalten sich wesentlich so, wie bei den Reptilien; die Fasern nehmen also allmählich die Form sechseckiger Prismen an und ordnen sich zu radiären Lamellen, die allerdings zunächst noch ziemlich unregelmäßig sind und zahlreiche Theilungen und Intercalationen aufweisen. Auch in den Übergangsfasern sieht man sehr häufig helle Räume, die als Reste der Kernhöfe zu deuten sind.

Die Hauptmasse der Linse wird, wie überall, so auch bei den Vögeln von den zu radiären Lamellen geordneten Haupt- oder Grundfasern aufgebaut. Die Zahl der Radiärlamellen ist in den einzelnen Arten folgende:

Melospiza undul.	336	Otus sylvestris . . .	2460
Palaeornis torquat. ca.	520	_____	
_____		Garrulus glandarius.	787
Anser cinereus dom.	809	Corvus corone . . .	854
Anas boschas dom. .	807	Emberiza hortulana.	434
_____		Pyrrhula vulgaris . .	478
Gallus domesticus . .	666 (676)	Fringilla coelebs . .	433
Tetrao tetrix.	714	Carduelis elegans . .	358
Bonasia sylvestris. .	625	Alauda arvensis . . .	508
_____		Hirundo rustica . . .	512
Columbalivia domest.	627 (640)	Hirundo riparia . . .	493
_____		Hirundo urbica . . .	485
Astur palumbarius ca.	1180	Cypselus apus	486
Athene noctua. . . .	1550—1600		

Die in Klammern angeführten Zahlen beziehen sich auf ein zweites Exemplar derselben Art.

Aus dieser Zusammenstellung geht vor Allem hervor, dass die Zahl der Radiärlamellen bei den Vögeln eine viel größere ist, als bei den Reptilien und speciell den mit den Vögeln am nächsten verwandten Sauriern. Dies gilt auch für die Papageien, deren Linsen in ihrer Form und in dem feineren Bau des Ringwulstes eine weitgehende Übereinstimmung mit den Linsen der Saurier und vor Allem der Eidechsen zeigen. Immerhin kommt aber gerade bei den Papageien die kleinste Zahl vor, die mir begegnet ist. Aber auch die Gangvögel zeichnen sich der Mehrzahl nach durch eine geringe Lamellenzahl aus. Weitaus die größten Zahlen trifft man bei den Raubvögeln.

Zweitens sieht man, dass die Arten verwandter Familien mit einander mehr übereinstimmen, als mit den Familien anderer Ordnungen, und dass innerhalb einer und derselben Ordnung die größeren Formen mehr Lamellen besitzen, als die kleineren. So haben z. B. unter den Gangvögeln die Krähe und der Nussheher mehr Lamellen, als die Singvögel, Schwalben und Segler; dasselbe gilt von den Papageien: der Halsbandpapagei besitzt mehr Lamellen, als der kleine Wellenpapagei.

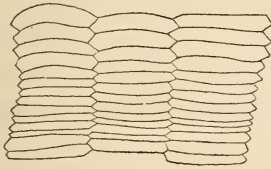
Endlich drittens geht aus der Zusammenstellung hervor, dass weitaus die größte Zahl von Lamellen die Nachtraubvögel besitzen. Diese Thatsache erinnert an die relativ große Lamellenzahl anderer nächtlicher Thiere: des Gecko unter den Sauriern und der Chimaera unter den Selachiern. Sie wird uns verständlich, wenn wir uns der relativ bedeutenden Größe der Linsen dieser Thiere erinnern.

Die Regelmäßigkeit der Lamellen ist eine sehr große. Theilungen und Intercalationen kommen nur in größerer Tiefe, an der Grenze gegen die Übergangszone, vor; aber auch hier sind sie selten. Fig. 1, Taf. XVI zeigt uns einen Sector eines Äquatorialschnittes einer Taubenlinse. Ich habe absichtlich eine Stelle ausgewählt, an welcher einzelne Lamellen aus einander gewichen sind, so dass Spalträume zwischen ihnen sichtbar wurden. Von einer Schichtung ist nirgends eine Spur zu finden.

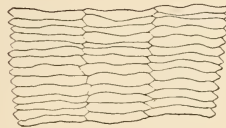
Wenn aber auch größere Unregelmäßigkeiten fast ganz fehlen, so kommen doch Störungen geringeren Grades keineswegs selten vor. Namentlich trifft man oft Fasern von doppelter Breite, wie solche auch an der citirten Figur zu sehen sind. Ferner stößt man häufig auf Bilder ähnlich dem, welches die Textfig. 22 c vom Alligator zeigt. Im Allgemeinen kann man sagen, dass die Unregel-

mäßigkeiten um so häufiger werden, je mehr sich die Fasern von der Oberfläche entfernen.

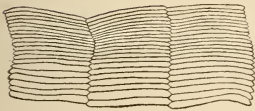
Wie überall werden die Lamellen von innen nach außen breiter; demnach nimmt auch die Breite der Fasern in derselben Richtung zu, während gleichzeitig ihre Dicke abnimmt. Die dicksten, aber zugleich schmalsten Fasern trifft man also innen, die dünnsten, aber zugleich breitesten außen (vgl. Fig. 1, Taf. XVI). Übrigens sind die Fasern nicht bloß in Beziehung auf ihre Breite und Dicke, sondern auch hinsichtlich ihrer Form ungemein veränderlich. Sie sind eben



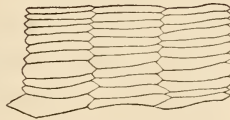
Textfig. 65.
Wellenpapagei.



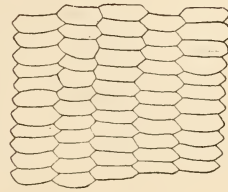
Textfig. 66.
Gans.



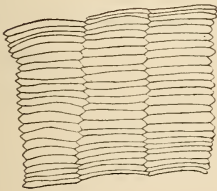
Textfig. 67.
Huhn.



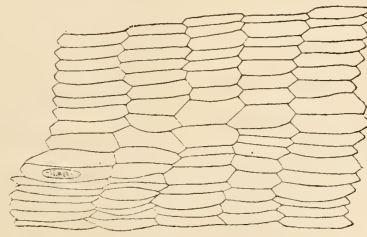
Textfig. 68.
Hühnerhabicht.



Textfig. 69.
Waldenle.



Textfig. 70.
Gimpel.

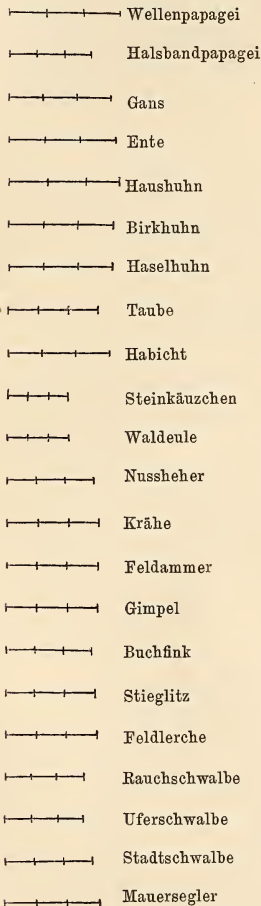


Textfig. 71.
Mauersegler.

überaus plastische Gebilde, welche auf den leisesten Druck hin ihre Form verändern. Damit hängt es auch zusammen, dass selbst bei der vorsichtigsten Fixirung Unregelmäßigkeiten nicht ganz zu vermeiden sind. Wenn man bei der Präparation an einer Stelle etwas mehr vom Glaskörper entfernt, so dass hier die Fixirungsflüssigkeit

rascher auf den Ciliarkörper und die Linse einzuwirken vermag, so genügt dies, um Störungen leichteren Grades hervorzurufen.

Die Plasticität der Fasern nimmt, wie ich aus der Form ihrer Querschnitte schließe, von innen nach außen zu; sie ist also bei den oberflächlichsten Fasern am größten, bei den tiefsten am geringsten. Sie ist stets größer, als bei den Reptilien, mit Ausnahme des Chamäleons. So bedeutende Störungen im Verlauf der Lamellen, bedingt durch Unregelmäßigkeiten der Faserquerschnitte, wie sie uns hier begegnet sind, kommen bei den Vögeln allerdings nicht vor. Nur beim Mauersegler beobachtete ich an einzelnen Stellen der Äquatorialschnitte ähnliche, wiewohl lange nicht so bedeutende Unregelmäßigkeiten.



Textfig. 72.

Ich habe in den vorstehenden Skizzen einige Faserquerschnitte des Wellenpapageies (Fig. 65), der Gans (Fig. 66), des Huhns (Fig. 67), des Hühnerhabichts (Fig. 68), der Waldeule (Fig. 69), des Gimpels (Fig. 70) und des Mauerseglers (Fig. 71) bei 500facher Vergrößerung wiedergegeben. Außerdem sind in der Textfigur 72 die Faserbreiten der untersuchten Arten mit Ausnahme des Kiwi, bei 250facher Vergrößerung aufgetragen. Wie früher bei den Reptilien, sind, um die Unterschiede deutlicher hervortreten zu lassen, immer drei Faserbreiten gezeichnet. Beim Kiwi waren die Faserquerschnitte zu undeutlich, um sie sicher messen zu können. Ein Vergleich dieser Zusammenstellung mit der in Textfig. 28 gegebenen lehrt, dass die Faserbreite bei den Vögeln eine sehr viel geringere ist, als bei den Reptilien. Es hängt dies in erster Linie mit der viel geringeren Zahl der Radiärlamellen der letzteren zusammen. Ferner ist es auffal-

lend, dass bei den Vögeln viel geringere Differenzen zwischen den Faserbreiten der verschiedenen Arten vorkommen, als bei den Reptilien. Nur die Nachtraubvögel entfernen sich in der Faserbreite erheblich von den übrigen Vögeln, indem sie auffallend schmale Fasern besitzen; es hängt dies in erster Linie mit der großen Lamellenzahl derselben zusammen.

Äquatorialschnitte zeigen nicht selten an der Oberfläche der Linsenfaser-masse eigenthümliche wellenförmige Biegungen, die nicht etwa dadurch entstehen, dass die Radiärlamellen regelmäßig hin- und hergebogen sind, sondern die sich stets über mehrere Lamellen erstrecken. Einige solcher Wellen sind auf Taf. XVI, Fig. 2 von der Taube abgebildet. Sie sind um so deutlicher, je deutlicher die Wirbel des Ringwulstes sind. Bei der Taube scheint ihre Zahl der Zahl dieser Wirbel genau zu entsprechen; beim Mauersegler sind sie vielleicht nur halb so zahlreich, als die hellen Streifen in der äußeren Hälfte des Ringwulstes. Sie weisen, wie ich glaube, darauf hin, dass der Druck, welcher von den Ciliarfortsätzen auf den Ringwulst ausgeübt wird, sich auch auf die Linsenfaser-masse fortpflanzt. Wie gesagt, sind sie stets nur an der Oberfläche der Linsenfaser-masse zu sehen; bei der Taube reichen sie etwa 0,15 mm weit in die Tiefe.

Über die Krümmungen der Fasern geben Meridionalschnitte Aufschluss. Man sieht an denselben, dass nur die centralsten und zugleich kürzesten Fasern ganz oder fast ganz geradegestreckt sind, dass sich dann an diese zunächst Fasern von sehr flacher Krümmung anschließen (Taf. XV, Fig. 6) und dass weiter nach außen der Krümmungsradius in demselben Maße sich verkürzt, als die Länge der Fasern wächst. Die Grenzen der Fasern rufen auch hier den Eindruck concentrisch geschichteter Lamellen hervor; aber es ist auch hier zu bedenken, dass die vermeintlichen Schichtungslinien nichts Anderes, als die Grenzlinien der einzelnen Fasern sind.

Schon die außerordentlich verschiedene Gestalt der Linsenfaser-masse, wie sie uns in den Textfiguren 55—64 entgegentritt, lässt vermuthen, dass der geschilderte Verlauf der Fasern nicht auch für die äußersten Grund- oder Hauptfasern gelten kann. Der Verlauf dieser letzteren ist bei den Linsen mit wenig oder mäßig entwickeltem Ringwulst ungefähr der in dem Schema der Eidechsenlinse (Textfig. 19) angegebene, bei den Linsen mit mächtigem Ringwulst dagegen, vor Allem den Singvögeln, Schwalben und Seglern, nähert er sich dem in dem Schema der Chamäleonlinse (Textfig. 20) angegebenen. Die größten Verschiedenheiten machen sich in dem Verlauf der jüngsten Fasern, derjenigen, welche noch nicht ihre volle Länge erreicht haben, bemerkbar. Diese sind nicht selten mehr oder weniger S-förmig gebogen oder weisen auch wohl andere, nicht näher zu beschreibende Krümmungen auf.

Es wäre von großem physikalischen Interesse, etwas über die Art der Lichtbrechung solcher Linsen, wie es die Schwalben- oder

Seglerlinsen sind, zu erfahren. Dass auch sie scharfe, nicht verzerrte Bilder geben, davon habe ich mich beim Mauersegler selbst überzeugt. Von der Säugethierlinse wissen wir, dass sie kein optisch homogener Körper ist, sondern dass ihr Brechungsindex von außen nach innen konstant zunimmt. Dasselbe dürfen wir wohl auch von der Linse der Vögel erwarten und vielleicht wird daraus auch die Art der Lichtbrechung derselben verständlich. Andererseits kann es nach dem früher Mitgetheilten als in hohem Grade wahrscheinlich bezeichnet werden, dass sich die Brechkraft der Linse unter dem Einflusse des Ringwulstes ändert.

Die jüngsten Linsenfasern lassen, abgesehen von ihrer eigenartigen Krümmung, noch eine andere auffallende Erscheinung erkennen. Sie sind nämlich an ihren Enden zu langgestreckten, auf dem Meridionalschnitte dreieckigen Kolben angeschwollen, die an ihrem breiten Ende eine ganz homogene Beschaffenheit besitzen. In den vorderen Kolben, welche direkt an die Unterfläche des Ringwulstes, bezw. des Linsenepithels heranreichen, bemerkt man zuweilen rundliche oder ovale, mit einer hellen Substanz erfüllte Vacuolen. Je länger die Fasern werden, um so kleiner werden die Kolben, bis sie endlich ganz verschwinden. Stets sind aber die Kolben an den hinteren Faserenden dünner, als an den vorderen.

Ich habe nun noch einige Worte über die Kernzone und den Kernschwund zu sagen. Die Kernzone zeigt überall wesentlich das gleiche Verhalten; sie zieht von der Epithelgrenze parallel der Oberfläche der Linsenfasermasse und in geringer Entfernung von derselben nach vorn ungefähr bis zur Äquatorialebene und senkt sich hier, indem sich die Kerne zerstreuen, in die Tiefe. Geringfügige Abweichungen von diesem Verhalten können immerhin vorkommen. So reicht z. B. die Kernzone bei den Tauben, Schwalben und Seglern bis vor die Äquatorialebene. Andererseits scheint sie bei den Nachtraubvögeln dieselbe nicht ganz zu erreichen.

Vom Kernschwund erhält man genau dieselben Bilder, wie bei den Reptilien, speciell bei den Eidechsen. Nichtsdestoweniger möchte ich für eine Detailuntersuchung der Erscheinungen des Kernschwundes die Linse der Eidechsen mehr, als die der Vögel empfehlen. Wie bei den Eidechsen zieht sich das Chromatin immer mehr zusammen und stellt schließlich ein kleines, fast punktförmiges, intensiv gefärbtes Korn dar. In demselben Maße, als sich das Chromatin verdichtet, nimmt der helle Hof, der dasselbe umgiebt, an Ausdehnung zu. Das Chromatin schwindet schließlich auch aus dem kleinen Korn, in dem

es noch enthalten war, während dieses selbst noch als punktförmige, fast farblose Masse zurückbleibt. Ob auch sie endlich schwindet, kann ich nicht bestimmt sagen. Jedenfalls bleibt der helle Hof in sehr vielen Fällen, wenn nicht vielleicht immer, erhalten. Er ist aber nicht immer mit gleicher Leichtigkeit und Sicherheit nachzuweisen. Sehr leicht lässt er sich bei den Schwalben und dem Mauersegler bis zur Centralfasermasse verfolgen. Fälle dagegen, in denen, wie beim Chamäleon, auch noch die Centralfasern chromatische Kernreste enthalten, sind mir bei den Vögeln nicht vorgekommen. Jede Faser enthält nur einen Kern, bezw. einen Kernhof. Wenigstens habe ich Fasern mit mehr als einem Kern nie finden können. Selbstverständlich darf man diese Frage nicht nach Zupfpräparaten oder Schiefschnitten beurtheilen; hier sind nur solche Meridional-schnitte entscheidend, welche genau durch die Mitte der Linse gehen.

Dort, wo die Kerne liegen, sind die Fasern häufig, aber nicht immer, spindelförmig angeschwollen; dies gilt namentlich auch für die tieferen Fasern, in denen zwar keine eigentlichen Kerne, wohl aber noch Kernhöfe zu sehen sind. Nicht selten grenzen sich die jungen Fasern ähnlich, wie dies früher schon vom Wellenpapagei berichtet wurde, durch wellenförmige Kontouren gegen einander ab. Im Übrigen sieht man sehr oft zwischen den Fasern kleine Spalträume von ovaler Form und variabler Größe. —

Zum Schlusse will ich noch ein paar Worte über die Kapsel sagen. Mit Ausnahme des Kiwi scheint sie nirgends geschichtet zu sein; beim Kiwi dagegen besteht sie allem Anscheine nach aus einer dünnen äußeren und einer dicken inneren Schicht.

Ich habe für ihre Dicke bei einigen der untersuchten Arten, so weit eine Messung überhaupt ausführbar war, folgende Werthe gefunden:

	Vorderfläche	Ringwulst			Hinterfläche
		vorn	mitten	hinten	
Kiwi	0,003	0,008	0,01	0,004	
Wellenpapagei .	0,0025	0,002	0,0015	0,0005	
Haushuhn . . .	—	0,003	0,006	0,003	
Taube	0,0015	0,0025	0,005	0,0015	
Habicht.	0,004	0,003	0,004	0,002	0,002
Krähe	0,0035	0,002	0,004	0,002	0,0015
Feldammer . . .	0,002	—	0,003		
Stadtschwalbe .	—	0,001	0,002		
Mauersegler . .	0,002	—	0,002		

Natürlich können solche Messungen nur approximative Werthe geben. Immerhin geht aus denselben zunächst hervor, dass die Kapsel beim Kiwi weitaus am dicksten ist. Ferner ist aus ihnen zu entnehmen, dass sie fast ausnahmslos über der Mitte des Ringwulstes oder vielleicht richtiger, über seinem Scheitel am dicksten ist und dass sie von hier nach vorn und hinten dünner wird, und zwar nach hinten rascher, als nach vorn. In jenen Fällen, in denen sie auch an der Hinterfläche gut erhalten war, war sie hier immer erheblich dünner, als vorn. Eine Struktur konnte ich an ihr nie wahrnehmen; aber ich kann die Möglichkeit nicht ausschließen, dass sich eine solche bei geeigneter Behandlung und speciell darauf gerichteter Aufmerksamkeit werde nachweisen lassen. —

Was die Litteratur betrifft, so muss ich gestehen, dass ich seit dem Beginn meiner Untersuchungen über den Bau der Linse die Sorge nicht los werden konnte, die eine oder andere Arbeit von einiger Wichtigkeit übersehen zu haben. Diese Sorge wurde bei der Untersuchung der Vogellinse ganz besonders lebhaft. Es schien mir fast unmöglich, dass ein Organ von so großem Interesse und so merkwürdigem Bau so ungenügend bekannt sein sollte. Aber ich wurde immer wieder zu dem Schlusse geführt, dass die wirklichen oder vermeintlichen Schwierigkeiten, die sich der Untersuchung der Linse entgegenstellen, Schuld an dem mangelhaften Stande unserer Kenntnisse tragen dürften. — Wie ich einer Arbeit HEINRICH MÜLLER's entnehme, hatte schon TREVIRANUS bemerkt, »dass beim Falken und anderen Vögeln die Fasern der äußeren Linsenschicht schief gegen den Umfang der Linse gerichtet sind, während der Kern aus über einander gelagerten Blättern besteht«. Aber erst BRÜCKE¹ beschrieb, offenbar ohne etwas von der Mittheilung TREVIRANUS' zu wissen, diese Schicht als einen Ring, der die Linse umschließt, wie das Metall einen à jour gefassten Stein umschließt. Es ist interessant, dass BRÜCKE diese Beobachtung zuerst an der Linse eines Uhu, also eines Nachtraubvogels, machte, bei dem der Ringwulst viel kleiner ist, als bei der Mehrzahl der anderen Vögel. BRÜCKE fand, dass der von ihm gefundene Ring »an dem geschichteten Baue der Linse keinen Antheil hatte, sondern aus lauter sehr regelmäßig neben einander liegenden geraden Fasern bestand, welche radial gegen die Achse der Linse und senkrecht auf die Richtung derselben

¹ E. BRÜCKE, Über einen eigenthümlichen Ring an der Krystalllinse der Vögel. Arch. f. Anat., Physiol. u. wiss. Medicin. Jahrg. 1847.

gestellt waren«. Diesen Ring fand BRÜCKE später in allen Vogel-
 augen, die er untersuchte, bemerkte aber zugleich, dass er in den
 verschiedenen Familien von sehr ungleicher Größe ist. Am größten
 fand er ihn bei den Raubvögeln, »deren Augen sich durch eine
 wenig gewölbte Linse auszeichnen«. »Bei den jungen Vögeln hat
 der Ring«, wie BRÜCKE weiter mittheilt, »schon ziemlich dieselbe
 Breite, wie bei den alten; er ist aber so dünn, wie ein Kartenblatt«.
 Schon BRÜCKE dachte an die Möglichkeit, dass er bei der Accom-
 modation eine Rolle spielen könnte; er schreibt nämlich: »Vielleicht
 ist die Stellung (der Fasern des Ringes) im Leben Veränderungen
 unterworfen, welche mit der Aktion des CRAMPTON'schen Muskels
 und des Spannmuskels der Choroidea zusammenhängen«. — Die
 erste, eingehendere Beschreibung des Ringwulstes, sowie der Linse
 der Vögel überhaupt verdanken wir HEINRICH MÜLLER¹. Seine
 Untersuchungen bezogen sich hauptsächlich auf den Hühnerhabicht
 (*Falco [Astur] palumbarius*). Er stellte zunächst fest, dass »der von
 BRÜCKE beschriebene Ring nach rückwärts direkt in die konzentrisch
 geschichteten Linsenfasern übergeht, während er gegen die Vorder-
 fläche der Linse in die Zellschicht sich fortsetzt, welche der Kapsel
 innen anliegt als sogenanntes Epithel derselben«. Damit war zuerst
 der Beweis geliefert, dass der Ringwulst im Grunde nichts Anderes,
 als eine besonders differenzirte Bildung des Epithels vorstellt. Die
 Beschreibung, welche MÜLLER von den »radialen Fasern« des Ring-
 wulstes giebt, ist nicht ganz richtig; sie trifft eigentlich nur für die
 Fasern der vorderen und hinteren Grenze, nicht aber auch für die
 der Hauptmasse des Ringwulstes zu. MÜLLER scheint der Ansicht
 gewesen zu sein, dass die Fasern des Ringwulstes durchweg einfache
 Prismen ohne jegliche weitere Differenzirung vorstellen. Die spindel-
 förmigen Anschwellungen der Fasern hat er wohl gesehen, jedoch
 schreibt er: »Wo beträchtliche Einschnürungen und wieder blasige
 Ausdehnungen an denselben vorkommen, glaube ich eine Leichen-
 erscheinung annehmen zu müssen, [welche namentlich bei Wasser-
 zusatz sehr rasch eintritt.« Dass diese Annahme unberechtigt ist,
 glaube ich nach dem früher Mitgetheilten nicht noch besonders be-
 tonen zu müssen. Richtig ist dagegen, was MÜLLER über die Lage
 der Kerne der Ringwulstfasern sagt. Er schreibt: »In [den Fasern

¹ HEINRICH MÜLLER, Über den Accommodationsapparat im Auge der Vögel,
 besonders der Falken. Arch. f. Ophthalm. Bd. III. 1857. Auch enthalten in
 H. MÜLLER's gesammelten Schriften, Bd. I, herausgeg. von OTTO BECKER.
 Leipzig 1872.

des Ringes liegen sie, bisweilen wenig sichtbar, nahe dem äußeren Ende, etwa 0,05 mm davon entfernt, aber nicht alle in gleicher Höhe. Beim Übergang in die konzentrischen Schichten entfernen sich die Kerne von dem äußeren (später hinteren) Ende der Fasern und kommen mehr in die Mitte derselben zu liegen. Es lässt sich dann die Kernzone in der konzentrischen Faserung noch eine Strecke weit einwärts verfolgen, und zwar in einer Linie, welche in einiger Entfernung von der den Ring abgrenzenden Spalte nach vorn zieht. . . . Mehr als einen Kern habe ich nie in einer Faser gesehen; der Anschein entsteht sehr leicht, wenn mehrere der dünnen Fasern sich decken. Es sind somit die Fasern des konzentrisch geschichteten Linsentheils als nach zwei Seiten ausgewachsene Zellen zu betrachten, die Fasern des Ringes aber als vorwiegend nach einer Richtung verlängerte.« Wie schon BRÜCKE hat auch H. MÜLLER an die Möglichkeit gedacht, dass »die Eigenthümlichkeit der Struktur der Krystalllinse bei den Vögeln für die Accommodation von Einfluss« sein könnte. Er bemerkt darüber u. A. Folgendes: Es wäre »vielleicht daran zu denken, ob nicht die Kompression der Linse von Seiten des Ciliarkörpers dadurch besonders für die Mitte der Linse wirksamer wird, dass sie am Rande zunächst jenen Ring trifft, dessen Fasern mit ihrer Achse in der Richtung des ausgeübten Druckes stehen, oder ob etwa die Elasticität der Linse durch jene Anordnung eine vollkommeneren wird«.

Am eingehendsten hat sich HENLE¹ mit der Linse der Vögel beschäftigt; aber seine Resultate gehen nicht wesentlich über jene H. MÜLLER's hinaus. HENLE meint, dass sich die Ringwulstfasern »gegenüber der großen Mannigfaltigkeit der Gestalten, welche die eigentlichen Linsenfasern darbieten, durch Gleichförmigkeit auszeichnen, so dass nicht einmal die Fasern des Ringwulstes der Vögel und der Reptilien anders als durch eine etwas größere Widerstandsfähigkeit der letzteren, von einander unterschieden sind«. Dem gegenüber kann auf die oben mitgetheilten Beobachtungen verwiesen werden, welche zeigen, dass die Mannigfaltigkeit der Ringwulstfasern doch wohl eine sehr viel größere genannt werden muss, als die der Linsenfasern im engeren Sinn. Auch HENLE scheint die Schwierigkeiten der Untersuchung nicht überwunden zu haben; sonst könnte er nicht schreiben: Die Fasern, »welche ich für die am besten konservirt halten muss, fand ich in der ganzen Länge gleichmäßig dick«;

¹ J. HENLE, Zur Anatomie der Krystalllinse. Abhandl. d. kgl. Ges. d. Wiss. zu Göttingen. Bd. XXIII. 1878.

ferner: »kolbig angeschwollen findet man es (das innere Ende der Ringwulstfasern) nur, wenn Ringwulst und meridionale Fasern durch eine Schicht Flüssigkeit von einander getrennt sind«. Richtiger ist, was er von den Kernen mittheilt, aber es enthält gegenüber den Mittheilungen H. MÜLLER's nichts Neues.

Wichtige Angaben enthält der vergleichend-anatomische Theil der HENLE'schen Abhandlung. Hier theilt er mit, dass »die generischen Verschiedenheiten der Ringwülste auf Unterschieden ihrer Breite im Vergleich zum meridionalfaserigen Theil der Linse beruhen. Unter den Vögeln sind es die Passeres (Insessores), an deren Linse der Ringwulst den größten Antheil hat; ihnen zunächst stehen die Tagraubvögel, dann folgen die hühnerartigen und Wasservögel. Den schmalsten Ringwulst besitzt die Linse der Eulen und des Straußes«. Diese Angaben lassen sich zum Theil ganz gut mit meinen Ergebnissen in Einklang bringen. Interessant ist, dass die Linse des Straußes, welche zu untersuchen ich selbst keine Gelegenheit hatte, einen relativ kleinen Ringwulst besitzt; sie dürfte sich also in dieser Hinsicht an die Linse des Kiwi anlehnen. — Merkwürdig ist, was HENLE von »Faltungen« des Ringwulstes junger Hühner und vor Allem des Mauerseglers berichtet; von der letztgenannten Art giebt er auch eine Abbildung, bemerkt aber dazu: »Ich muss hinzufügen, dass ich die komplieirten Ringwülste, die mir im ersten Sommer an allen Exemplaren der genannten Vogelart (*Cypselus apus*), deren ich habhaft wurde, auffielen, an den Exemplaren des folgenden Jahres nicht wieder fand. Ich kann desshalb nicht umhin zu vermuthen, dass in jenen Formen eine Anomalie, und zwar eine epidemische vorgelegen habe«. Was mich betrifft, so möchte ich eher glauben, dass HENLE die Faltungen des Ringwulstes selbst erzeugt hat, etwa, indem er die Linsen vor der Fixirung mit den Fingern oder mit der Pincette anfasste und den Ringwulst dadurch in Unordnung brachte. Auch andere Angaben lassen mich vermuthen, dass HENLE die Linsen gewöhnlich nicht in situ fixirt, sondern schon vor der Fixirung aus dem Auge entfernt hat. Nur so kann ich es mir erklären, dass HENLE die Formdifferenzen der verschiedenen Vogellinsen so ganz übersehen hat, und dass in seinen Abbildungen die Linsen des Mauerseglers, der Feldlerche, der Stadtschwalbe, der Hausgans, des Haushuhns, des Hühnerhabichts und des Waldkauzes so ganz und gar dieselbe Form haben. Daraus dürfte wohl auch bis zu einem gewissen Grade die große Verschiedenheit zwischen HENLE's und meinen Maßangaben eine Erklärung finden. Nirgends ist es mir so sehr, wie gerade bei

der Untersuchung der Vogellinse aufgefallen, wie sehr sich meine Arbeit von derjenigen HENLE's unterscheidet; sie weicht von ihr nicht bloß in Beziehung auf die Gesichtspunkte, von denen sie ausgeht, sondern auch in Beziehung auf die Ziele, die sie verfolgt, grundsätzlich ab. Fast Alles, was HENLE wichtig und interessant findet, erscheint mir von untergeordneter Bedeutung, und fast Alles, worüber er nur ganz kurz hinweggeht, erregt mein lebhaftes Interesse. Dies kann mich selbstverständlich nicht hindern, den außerordentlichen Fleiß und die Umsicht, mit der HENLE's Arbeit durchgeführt ist, voll und ganz anzuerkennen.

Fast gleichzeitig mit HENLE's Arbeit erschien eine Abhandlung RITTER's¹, die sich ganz ausschließlich mit dem Bau der »Radiärfaserschicht der Vogellinse« beschäftigte. Dieselbe enthält neben vereinzelt leidlich guten Beobachtungen eine Menge höchst merkwürdiger Angaben und gipfelt in dem vermeintlichen Nachweis spiralig gewundener, zuweilen leicht quergestreifter Körper in den inneren Theilen der Ringwulstfasern. RITTER scheint seiner Entdeckung zwar selbst kein allzugroßes Vertrauen geschenkt zu haben; denn er schließt mit den resignirten Worten: »Die histologischen Ergebnisse werden Zweifel und Bedenken erregen, wie dies das Schicksal jeder histologischen Arbeit ist. Habent sua fata libelli!« Das hat ihn aber doch nicht gehindert, in seinem Befunde den »histologischen Beweis« für die Richtigkeit der schon von BRÜCKE und H. MÜLLER ausgesprochenen Vermuthung, dass der Ringwulst zu der Accommodation der Vögel in Beziehung stehe, zu erblicken.

Aus den letzten 20 Jahren ist noch einer kurzen Bemerkung BERGER's² über die Linsenkapsel zu gedenken. Es ist BERGER gelungen, die Kapsel bei der Taube durch Maceration in drei Lamellen zu zerlegen; indessen hebt er ausdrücklich hervor, dass sie auf dem Querschnitte keine Längsstreifung erkennen lasse.

Endlich muss noch einer Arbeit Erwähnung gethan werden, die, wenn sie auch im Übrigen rein physikalischen Inhaltes ist, doch auch die früher erörterte Frage der Bedeutung des Ringwulstes berührt. MATTHIESSEN³ hat den physikalisch-optischen Bau des Vogel-

¹ K. RITTER, Zur Histologie der Linse. 6. Über die Radiärfaserschicht der Vogellinse. v. GRAEFE's Arch. f. Ophthalmologie. XXIV. Jahrg. 1878.

² E. BERGER, Bemerkungen über die Linsenkapsel. Centralbl. f. Augenheilkunde. VI. Jahrg. 1882.

³ LUDWIG MATTHIESSEN, Über den physikalisch-optischen Bau des Auges der Vögel. PFLÜGER's Archiv f. d. ges. Physiologie. Bd. XXXVIII. 1886.

auges untersucht und ist dabei zu der Ansicht gelangt, »dass die Wirksamkeit des sogenannten Ringwulstes allein dioptrischen Zwecken dient«. Eine solche Ansicht ist vom anatomischen Standpunkte aus unhaltbar. Wie ich erwähnt habe, wird der Ringwulst selbst bei ad maximum erweiterter Pupille noch von der Iris bedeckt und daher von den einfallenden Lichtstrahlen nicht getroffen; ich habe ihn daher als optisch inaktiv bezeichnet. So dankbar es anerkannt werden muss, wenn sich ein Physiker Fragen, wie der vorliegenden, zuwendet, so ist doch zu bedenken, dass er sich der genauesten Berücksichtigung der anatomischen Verhältnisse nicht wird entschlagen können.

Prag, im Juli 1898.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XI.

Entwicklung der Linse der Reptilien.

- Fig. 1. Linsenanlage eines Embryo von *Lacerta agilis* mit 24 Urwirbeln. 215mal vergr.
- Fig. 2. Linsenanlage eines Embryo von *Lacerta agilis* mit 27 Urwirbeln. 215mal vergr.
- Fig. 3. Linsenanlage eines Embryo mit derselben Urwirbelzahl, wie der vorige. 215mal vergr.
- Fig. 4. Linsenbläschen eines Embryo von *Lacerta agilis* mit 29 Urwirbeln. 215mal vergr.
- Fig. 5. Linsenbläschen eines Embryo von *Lacerta agilis* mit 33 Urwirbeln. 215mal vergr.
- Fig. 6. Linse eines *Lacerta*-Embryo mit 47—48 Urwirbeln. 215mal vergr.
- Fig. 7. Linse eines 2,2 cm langen Embryo von *Lacerta agilis*. 130mal vergr.
- Fig. 8. Ein Theil des Schnittes bei 260facher Vergrößerung.
- Fig. 9. Linse eines 3,6 cm langen Embryo von *Lacerta agilis*. 130mal vergr.
- Fig. 10. Ein Theil des Schnittes bei 260facher Vergrößerung.
- Fig. 11. Linse eines 5,6 cm langen Embryo von *Lacerta agilis*. 130mal vergr.
- Fig. 12. Linsensäckchen eines Embryo von *Tropidonotus natrix*. 215mal vergr.
- Fig. 13. Linsenbläschen eines etwas älteren Embryo von *Tropidonotus natrix*. 215mal vergr.
- Fig. 14. Linse eines weit entwickelten Embryo von *Tropidonotus natrix*. 130mal vergr.
- Fig. 15. Anschnitt dieser Linse; stärker vergrößert.

Tafel XII.

Zum Bau der Linse der Reptilien.

- Fig. 1. Epithelgrenze von *Lacerta viridis* mit den meridionalen Reihen. Oberflächenansicht. 215mal vergr.
- Fig. 2. Meridionalschnitt durch den Ringwulst und die Kernzone von *Lacerta viridis*. 97mal vergr.
- Fig. 3. Meridionalschnitt durch den Ringwulst und die Kernzone eines jungen Exemplares von *Emys europaea*. 97mal vergr.
- Fig. 4. Fasern aus der Mitte des Ringwulstes von *Lacerta viridis*. 570mal vergr.
- Fig. 5. Dessgleichen von *Lacerta faraglionensis*. 570mal vergr.
- Fig. 6. Dessgleichen von *Lacerta muralis*. 570mal vergr.
- Fig. 7. Dessgleichen von *Platydactylus mauritanicus*. 570mal vergr.
- Fig. 8. Dessgleichen von *Emys europaea*; junges Exemplar. 570mal vergr.
- Fig. 9. Dessgleichen von einem 25,3 cm langen Alligator *mississippiensis*. 570mal vergr.
- Fig. 10. Dessgleichen von *Pseudopus Pallasii*. 570mal vergr.
- Fig. 11. Meridionalschnitt durch die Epithelgrenze und den Anfang der Kernzone von *Pseudopus Pallasii*. 215mal vergr.
- Fig. 12. Meridionalschnitt durch die Epithelgrenze und den Anfang der Kernzone von *Lacerta muralis*. 570mal vergr.
- Fig. 13. Drei Querschnitte durch die Ringwulstfasern von *Lacerta agilis*. (Aus drei Tangentialschnitten durch die Linse.) 570mal vergr. Fig. 13 *a* vierter, Fig. 13 *b* achter, Fig. 13 *c* sechzehnter Schnitt.
- Fig. 14. Epithelfasern aus der Mitte der Vorderfläche der Linse von *Zamenis viridiflavus*. 570mal vergr.

Tafel XIII.

Entwicklung der Linse der Ente. 250mal vergr.

- Fig. 1. Linsenanlage eines Embryo mit 23 Urwirbeln.
- Fig. 2. Linsenrube eines Embryo mit 25 Urwirbeln.
- Fig. 3. Linsensäckchen eines Embryo mit 29 Urwirbeln.
- Fig. 4. Linsensäckchen eines Embryo mit 32 Urwirbeln.
- Fig. 5. Eben abgeschnürtes Linsenbläschen eines Embryo mit 35—36 Urwirbeln.
- Fig. 6. Linsenbläschen eines Embryo mit 43 Urwirbeln.
- Fig. 7. Theil eines Meridionalschnittes durch die Linse eines 6 Tage 22 Stunden alten Embryo.
- Fig. 8. Dessgleichen durch die Linse eines 10 Tage 6 Stunden alten Embryo.
- Fig. 9. Dessgleichen durch die Linse eines 17 Tage 20 Stunden alten Embryo.

Tafel XIV.

Zum Bau der Linse der Vögel.

- Fig. 1. Meridionalschnitt durch den Ringwulst und den Anfang der Kernzone des Wellenpapageis (*Melopsittacus undulatus*). 126mal vergr.
- Fig. 2. Einige Ringwulstfasern desselben bei 263facher Vergrößerung.

Fig. 3. Meridionalschnitt durch die Epithelgrenze der Linse des Wellenpapageis. 540mal vergr.

Fig. 4. Meridionalschnitt durch den Ringwulst der Taube. 203mal vergr. *a, b* und *c* die drei Abschnitte des Ringwulstes.

Fig. 5. Einige Fasern desselben; schematisch.

Fig. 6. Äußeres Ende der Ringwulstfasern des Hühnerhabichts (*Astur palumbarius*). 540mal vergr.

Fig. 7. Spindeln des Ringwulstes des Hühnerhabichts. 540mal vergr.

Tafel XV.

Zum Bau der Linse der Vögel.

Fig. 1. Aus einem Äquatorialschnitt durch den Ringwulst der Taube. 203mal vergr. *cf*, Kontouren der Ciliarfortsätze.

Fig. 2. Äußere Enden der Ringwulstfasern der Taube, um ihre Biegungen zu zeigen. Etwas vor dem Scheitel des Ringwulstes. Aus einem Meridionalschnitt. 540mal vergr.

Fig. 3. Epithelgrenze der Taube mit den meridionalen Reihen. Oberflächenansicht. 540mal vergr.

Fig. 4. Stück eines Meridionalschnittes durch den Ringwulst des Hühnerhabichts. 110mal vergr.

Fig. 5. Stück eines Äquatorialschnittes durch den Ringwulst des Mauerseglers (*Cypselus apus*). 130mal vergr. *cf*, Ciliarfortsätze.

Fig. 6. Centrifasern der Taubenlinse im Meridionalschnitt. Ca. 480mal vergr.

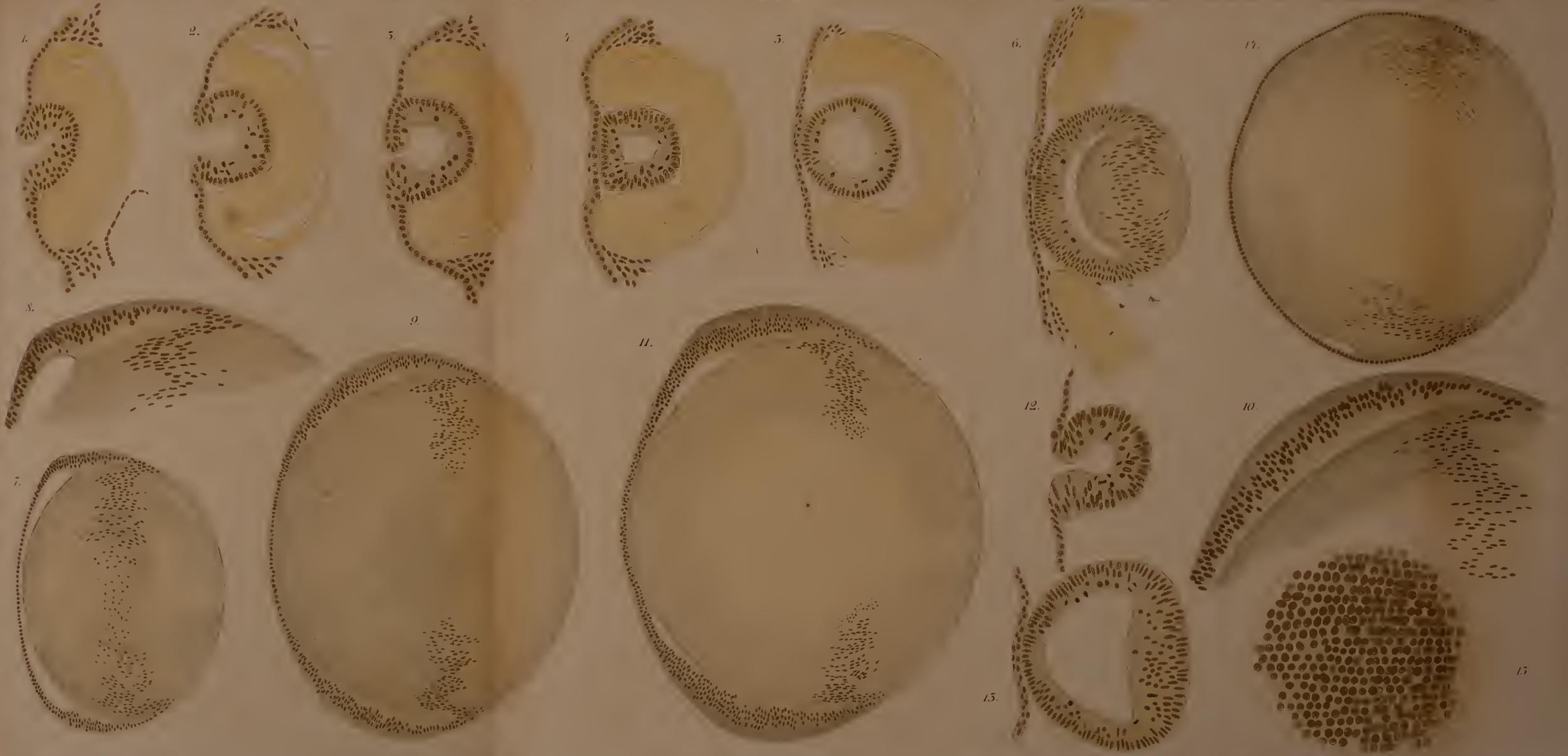
Tafel XVI.

Zum Bau der Linse der Vögel.

Fig. 1. Sektor eines Äquatorialschnittes durch die Linse der Taube (ohne Ringwulst).

Fig. 2. Aus einem Äquatorialschnitt durch die Linse der Taube.

Fig. 3. Äquatorialschnitt durch die Centrifasermasse und einen Theil der Übergangszone der Uferschwalbe (*Hirundo riparia*).



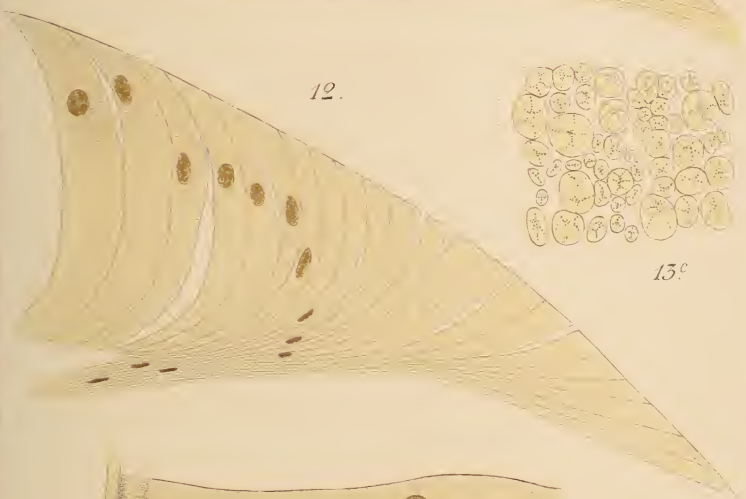
1.



h



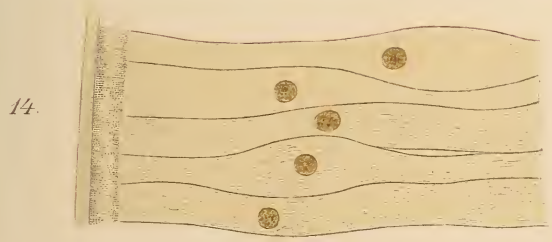
11.



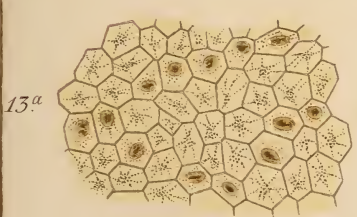
12.



13^c



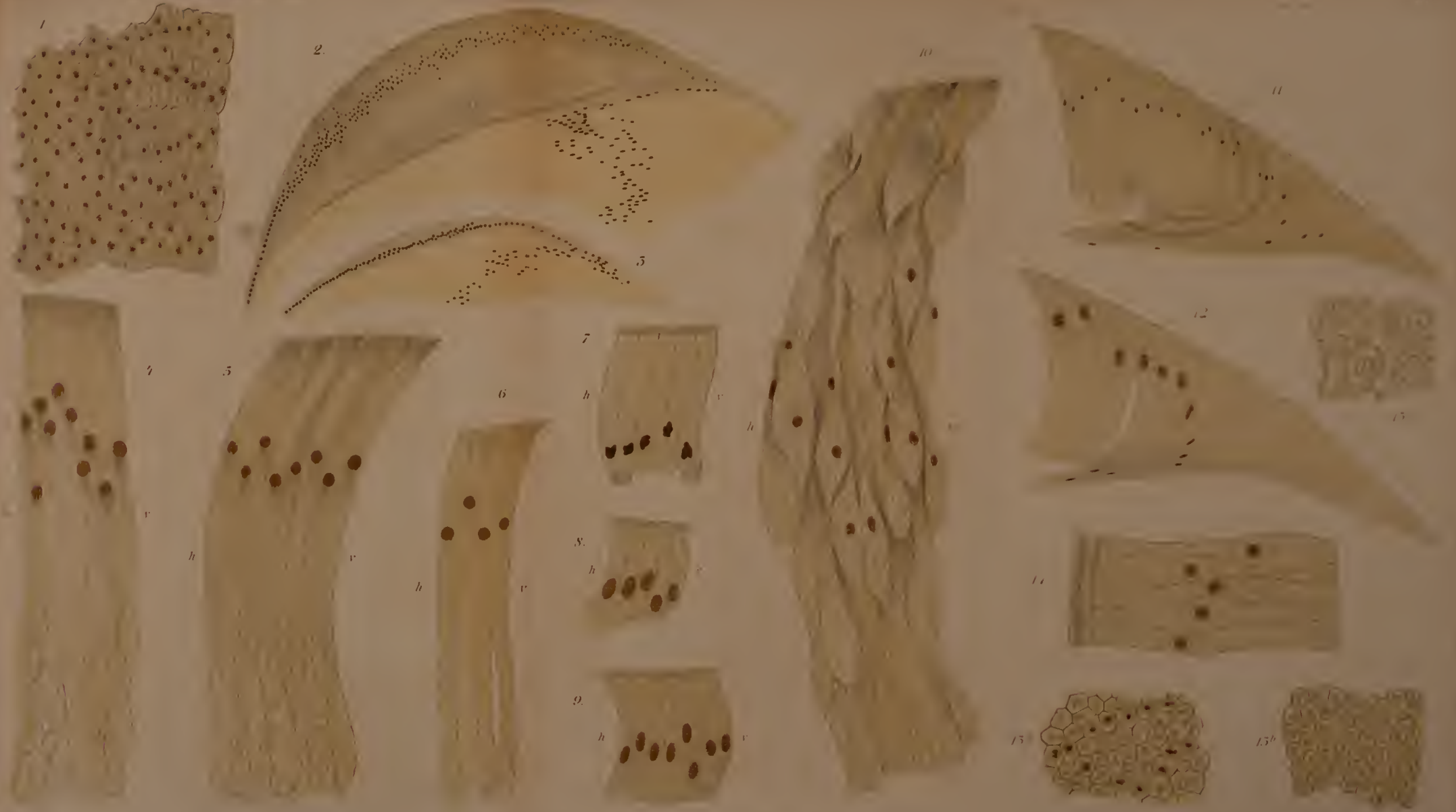
14.



13^a



13^b



5.

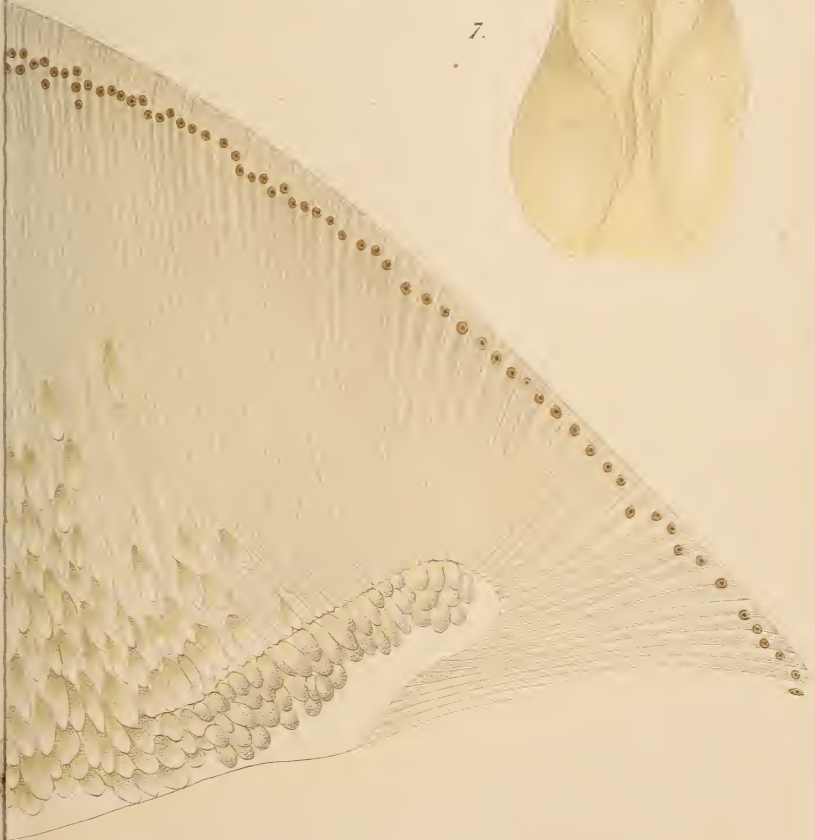




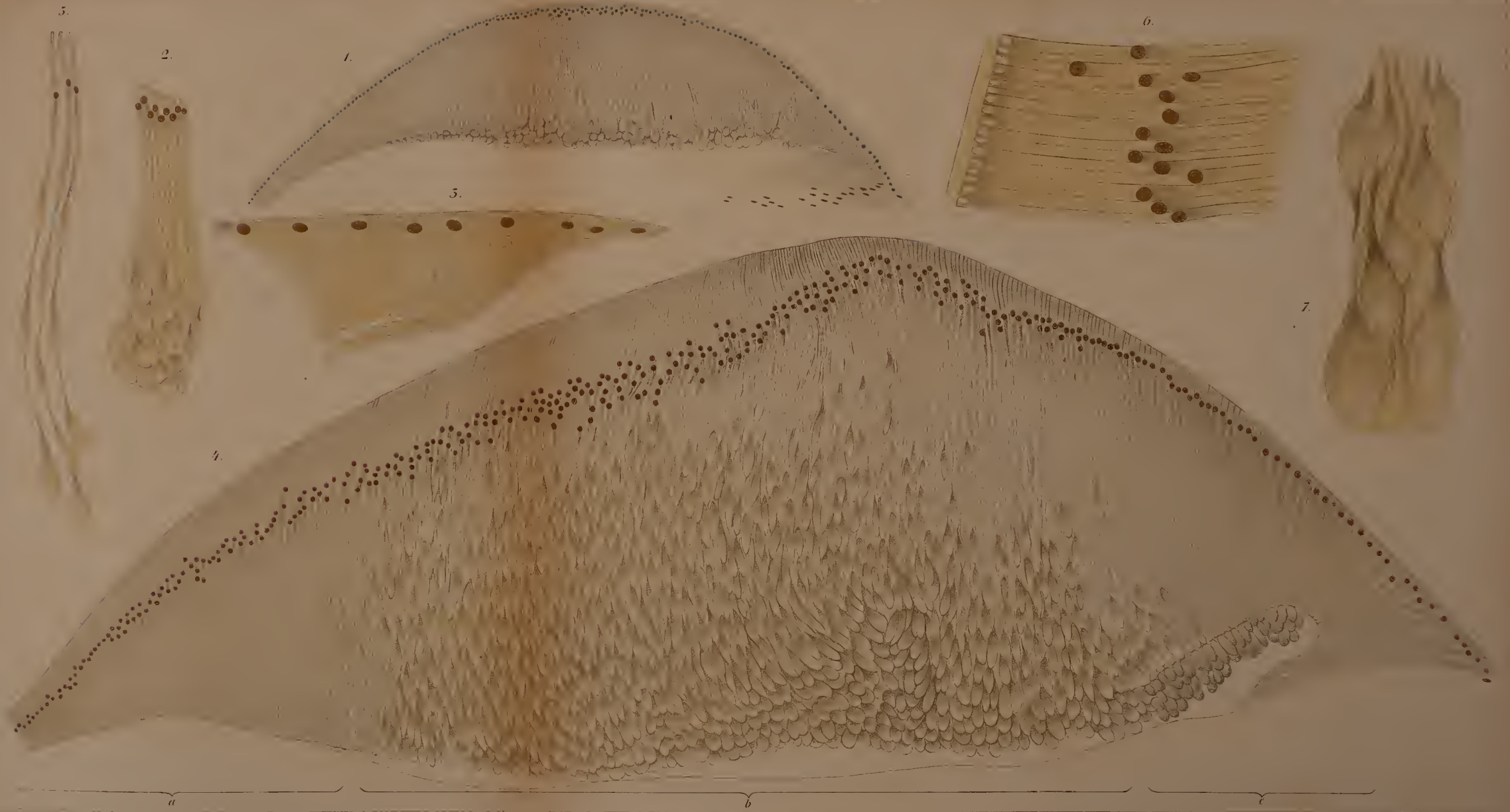
6.



7.



c



1.



2.



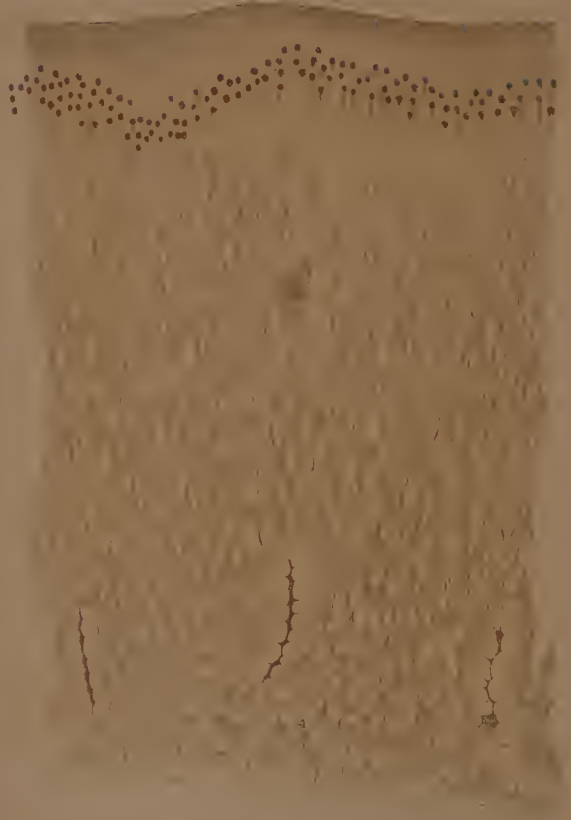
6.



5.



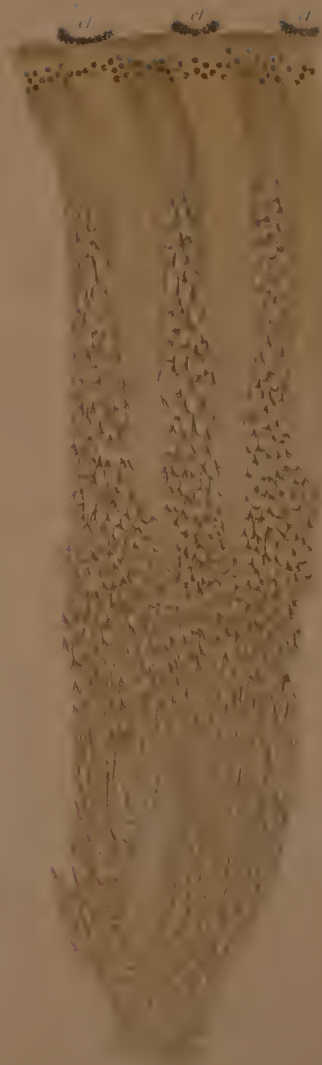
1. *cl* *cl*



2.



3. *cl* *cl* *cl*



4.



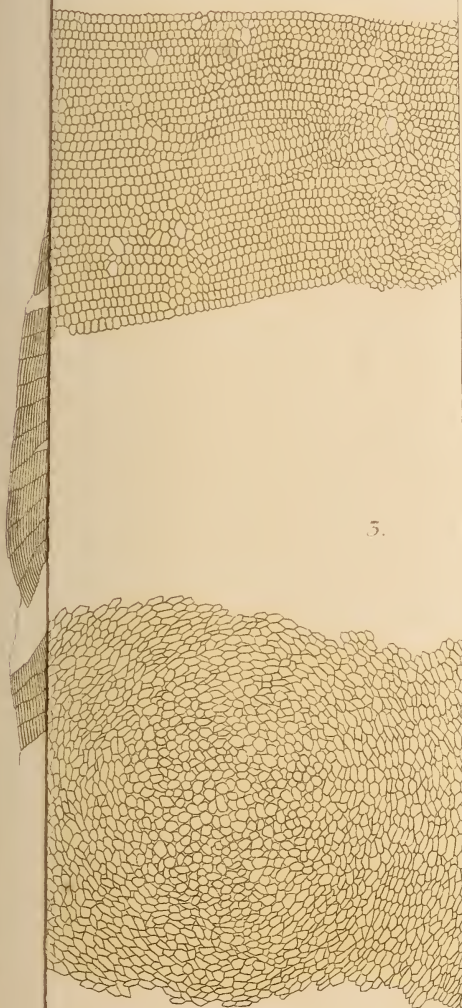
5.



6.



Zells



5.

C. F. F. F.

