

Zur histologischen Entwicklungsgeschichte des Auges.

Von

Dr. C. Ritter aus Worpswede.

Hierzu Tafel I.

Als Gegenstand der folgenden Untersuchung hat mir ein Embryo gedient, welcher durch einen günstigen Zufall in meinen Besitz kam. Die betreffende Frau litt an einer Insufficienz der Mitralklappe und hatte schon dreimal einen Abortus gehabt; vor nicht ganz zehn Wochen war im regelmässigen Termine die Menstruation zum letzten Male bei ihr eingetreten, als sich ein beträchtlicher Blutfluss einstellte, welcher nach acht Tagen zum Abgang des Fötus führte. Erst einige Stunden später wurde ich wegen einer fast tödtlichen Blutung hinzugerufen. Der Embryo war in der Höhe des Nabels, 2 Mm. unterhalb der Arme durchgerissen; die untere kleinere Hälfte mit allen Baueingeweiden und den Eihüllen fehlte ganz. Die Länge des Restes betrug 16 Mm.; so konnte man den ganzen Embryo auf etwa 22 Mm. schätzen, ohne gross zu irren. Die Arme waren 6 Mm. lang, ihre Theilung in drei Abschnitte deutlich ausgesprochen und

ebenso die Einkerbung der Finger. Der Kopf war noch stark gekrümmt, die Bauchwand geschlossen und ebenso die Kiemenspalten, deren Anlage allerdings noch erkennbar war. Die Oberkieferfortsätze hatten sich schon völlig geschlossen und den grossen Mund von der Nasenöffnung getrennt, die Nase selbst liess sich nur mit Mühe erkennen. Beide Augenlider waren noch nicht vorhanden, doch wölbten sich ihre Ursprungsstellen etwas hervor. Nach diesem Befunde musste der Embryo ungefähr in die zehnte Woche gesetzt werden, und diese Annahme stimmt völlig mit dem letzten Tage der Menstruation zusammen, wenn man erwägt, dass derselbe durch den letzten Blutfluss etwas in seiner Entwicklung aufgehalten ist. In der Bestimmung des Alters, sowie auch in den folgenden Angaben über die gröbere Entwicklung habe ich mich nach Kölliker's Entwicklungsgeschichte gerichtet.

Bei diesem Alter des Embryo war für die äussere Entwicklungsgeschichte des Auges von der Untersuchung nichts mehr zu erwarten, da die Einstülpung der Linse und des Glaskörpers, sowie die Anlage der Sclerotica und Cornea schon im zweiten Monat vollendet werden. Es lag mir am nächsten, die Entwicklung der Gewebe aufzusuchen, und ich habe, um diesen Zweck bei der geringen Menge des Materials ausgedehnter verfolgen zu können, selbst die Gefässe des Auges gänzlich unberücksichtigt gelassen. Andererseits ergaben sich aber bei dem Fortschritt der Untersuchung aus der Histogenese einzelne Aufschlüsse über die gröbere Entwicklung der Membranen, so dass diese nicht allein zur Erläuterung benutzt werden musste, sondern auch umgekehrt nähere Erklärung empfing.

Der Durchmesser des Auges betrug 1 Mm. Der Sehnerv riss in beiden Augen dicht am Bulbus ab und liess sich später nicht wieder auffinden. Die Sclerotica

bildete eine völlig schliessende Membran um den Inhalt des Bulbus, nur ein punktförmiger Theil der vorderen Hälfte war durchsichtig. Fig. 1 zeigt die vordere Ansicht der Augen bei 16facher Vergrösserung; es schimmert das Pigment der Chorioidea an dem vorderen Ende derselben durch die Sclerotica hindurch, weil die Sclera hier am dünnsten ist und das Pigment in den späteren processus ciliare am stärksten abgelagert liegt; der innere Kreis umgiebt den bereits durchsichtigen Theil der Cornea. Ein senkrechter Durchschnitt stimmte mit kleinen Abweichungen mit Fig 142 der Entwicklungsgeschichte von Köl liker überein. Die Sclerotica ist nicht sehr dick und ziemlich fest mit der Chorioidea verbunden; das Pigmentepithel haftet an der Retina, welche mehrfach gefaltet noch weiter nach vorn reicht und grösseren Raum einnimmt, als aus der Zeichnung von Köl liker erhellt. Der Glaskörper ist sehr klein; die Linse hat viel geringere Durchmesser, als bei Köl liker, sie liegt der Cornea an, eine Iris existirt noch nicht.

Sclerotica und Cornea bilden eine geschlossene Kugel, der grösste Theil der Cornea ist noch undurchsichtig, beide Membranen lassen sich also nicht von einander scheiden. Sie gehen nach den neuesten Untersuchungen aus den Kopfplatten hervor und umschliessen den Bulbus erst in der sechsten Woche. Ein Conjunctionalsack fehlt noch ganz, einen Ueberzug der Conjunctiva über die Sclera konnte ich nirgends finden. Die Sclerotica besteht nur aus jenen langen Zellen, aus welchen das Bindegewebe hervorgeht, und lässt so schon jetzt ihren späteren Charakter deutlich erkennen. Diese Zellen sind zum grossen Theil so lang, dass sie bei 300facher Vergrösserung auch ein grosses Sehfeld überragen; ihre Breite beträgt ca. $0,01''$. Meistens sind die Enden abgerissen, man findet sie nur an kleinen Zellen. Doch lässt sich mit Sicherheit behaupten, dass die Länge der

Zellen in sehr bedeutenden Unterschieden variirte. In der Mitte der Zelle liegt der längliche Kern nach der Richtung der Zellenaxe, er hat eine sehr wenig bestimmte Contour, ist aber gross, seine schmale Axe erfüllt die Zelle ganz, meistens lässt sich in ihm noch ein kleines Kernkörperchen nachweisen. Von dieser Mitte dehnt sich die Zelle nach beiden Seiten wellenförmig aus, indem sie langsam an Breite abnimmt und endlich ziemlich stumpf abgerundet endigt. Es scheinen die Zellen an ihren Spitzen verschmelzen zu können, da man zuweilen zwei Kerne in weitem Abstände innerhalb eines wellenförmigen Bündels findet (Fig. 3b.). In der Axe der Zellen, wenn sie nur eine etwas beträchtlichere Grösse erreicht hatten, lagen kleine glänzende Fettmoleculé perl-schnurförmig hintereinander (Fig. 3a.). Es deutet dies auf fettigen Zerfall eines flüssigen Inhaltes. Die Zellmembranen liessen in mehreren Zellen schon bestimmte Andeutungen von streifigen Fibrillen erkennen, und zuweilen spalteten sich die Enden der Zellen in zwei Theile. Durch Zusatz von Essigsäure verschwanden die Membranen ganz, aber auch der Kern wurde nicht deutlicher.

Es wurde auf diese Weise im höchsten Grade wahrscheinlich, dass nach einem fettigen Zerfall der geringen flüssigen Zellenbestandtheile die Membran sich in mehrere Fibrillenbündel auflöst; eine Vergleichung der späteren Fibrillenbündel mit den ursprünglichen Zellen führt ganz zu demselben Schlusse. Ueber das spätere Schicksal des Kerns kann ich nichts angeben, doch spricht die Schwäche seiner Contour durchaus gegen die Persistenz desselben. Von elastischen Fasern habe ich nichts gesehen.

Während sich in dieser Weise der hintere Abschnitt der Sclerotica zusammensetzt, wird der Befund im vorderen Abschnitt ein wesentlich anderer. Nach Köl liker

ist in der Mitte des dritten Monats die Cornea noch nicht angelegt, sondern wird erst im vierten gebildet, allein in diesem Falle, welcher noch vor die Mitte des dritten Monats zu setzen ist, lässt sich schon mit unbewaffnetem Auge erkennen, dass in der Mitte der vorderen Augenaxe eine helle durchsichtige Stelle liegt, deren Ausdehnung allerdings nur sehr gering ist (Fig. 1). Die Linse liegt an dieser Stelle der hinteren Wand an, doch besteht kein Zusammenhang zwischen Cornea und Linse. Das Gewebe der ausgebildeten Cornea ist auch unter dem Mikroskope völlig durchsichtig; das Epithel der vorderen Wand fehlt gänzlich und mit ihm die Bowmann'sche Membran, welche zu dem Epithel gehört. Es erweist sich hierdurch das Fehlen der Conjunctiva. Dagegen ist die Descemet'sche Membran schon angedeutet, wie sich aus einer feinen Verdoppelung der inneren Contour ergibt (Fig. 2b.). Die Grundsubstanz der Cornea gleicht völlig dem Gewebe der Glashäute, nirgends findet sich eine Spur sogenannter Lamellen, oder irgend eines Gefüges, sie ist völlig durchsichtig. Aber in dieser durchsichtigen Masse liegen hier und da nicht ganz regelmässig rundliche Kerne zerstreut. Nur selten sieht man in den Kernen ein kleines Kernkörperchen. Gegen den undurchsichtigen Theil der Cornea hin häufen sich die Kerne, während die Zwischensubstanz durchsichtig bleibt und nur mit der Zunahme der Kerne im Verhältniss an Masse sich vermindert. Weiter nach der Sclerotica hin liegt nur ein Gewirr von Kernen, deren zugehörige Zellen sich durch keine Manipulation isoliren lassen. Mit dem Uebergang auf die Sclerotica treten dann kleine langgestreckte Zellen auf mit länglich rundem Kern, und von diesen Zellen war dann allmählig ein Uebergang in die beschriebenen langen Zellen des hinteren Scleroticabschnittes zu verfolgen. Auf das durchsichtige Gewebe machte Essigsäure gar keinen Eindruck,

aber in dem Gewirre der Kerne trat um jeden einzelnen nun etwas durchsichtige Substanz hervor.

Offenbar lag hier der Beginn der Corneabildung vor, es schied sich die Cornea von der Sclera, deren ursprüngliches Bildungsmaterial aus ganz gleichen Zellen bestanden hatte. Es liess sich das Corneagewebe nicht anders deuten, als hervorgegangen aus verschmolzenen Zellenmembranen, in dieser Grundsubstanz, welche wegen der verschiedenen Grösse der Zellen auch verschieden angehäuft ist, bleiben die Kerne unregelmässig liegen und dienen wahrscheinlich auch noch fernerhin zur weiteren Secretion des glasigen Zelleninhaltes, d. h. der Grundsubstanz. In jeder Weise und auch in der chemischen Reaction stehen die Fibrillen der Sclera der Grundsubstanz der Cornea gleich. Dass später in diesem Verhältniss Aenderungen eintreten, hat gegenüber dem Beweise der Entwicklungsgeschichte kein Gewicht. Die Entstehung der Spalten in der Cornea lässt sich mechanisch erklären durch den intraocularen Druck und den Zug der Muskeln, während die bleibenden Kerne den letzten Grund liefern. Zur Entscheidung über die Bindegewebsfrage finde ich in diesem Befunde doch keinen sicheren Anhalt; denn gerade weil ich dem Kerne eine so bedeutende Wirkung beilegen muss, möchte ich doch die Frage offen halten, ob von ihm nicht später noch eine letzte Zellenmembran ausgeschieden wird, welche persistirt, während die frühere Zellenmembran sammt all ihrem Inhalt die Virchow'sche Inter-cellularsubstanz bildet. Dem einzelnen Falle gebührt es nur, das Material zu liefern.

In der Anlage von Sclerotica und Cornea lässt sich ferner noch ein allgemeines Bildungsgesetz für die Augenmembranen erkennen. Der hintere Augenabschnitt findet zuerst seine Entwicklung, und in dem vorderen liegt alles Bildungsmaterial, später beginnt auch in diesem

die Entwicklung und zwar am vorderen Pole, dann schiebt sich das Bildungsmaterial in die Mitte zwischen die weit grössere hintere Hälfte und den kleinen vorderen Abschnitt; wahrscheinlich bleibt es bis zuletzt in der Nähe der Iris. Natürlich schliesst dies ein Wachsthum der ausgebildeten Theile nicht aus. Den rechten Ausdruck findet dies Gesetz allerdings erst in der Entwicklung der Retina und hier liegt auch seine Ursache, aber das Gewebe der Sclerotica und Cornea ist so einfach, dass sich in ihm ein solches Gesetz auch am einfachsten und deutlichsten ausspricht.

Von der Chorioidea ist die Sclerotica noch nicht bestimmt geschieden, doch ist die Verbindung in diesem Falle nicht mehr so innig, wie Köl liker sie in jener Zeichnung angedeutet hat. Es bereitet sich die Trennung beider Membranen deutlich durch die Differencirung der Zelle vor, in einem nicht weit zurückgelegenen Stadium werden sich die Zellen beider Membranen ganz gleich verhalten.

Die Chorioidea haftet also noch fest an der Sclerotica; nur das Pigmentepithel scheidet sich ganz von ihr, es ist nicht mit der Chorioidea, sondern mit der Retina verbunden. Dies Verhältniss spricht mit voller Sicherheit gegen die Remak'sche Auffassung über die Entstehung der Chorioidea, dass sie aus dem äusseren Blatte der secundären Augenblase hervorginge; doch kann ich diesen Punkt hier nur andeuten und werde ihn erst bei der Betrachtung der Retina ausführlich erörtern. Vorläufig fasse ich die Chorioidea als Gefässhaut des Sclerotica auf, mit welcher sie gemeinschaftlich aus den Kopfplatten entsteht. Das Pigmentepithel ist in seiner Bildung schon am weitesten fortgeschritten, es wird am besten für sich erst später besprochen. Während in der Sclerotica die Zellenumhüllungen sich vor allen anderen Theilen der Zellen entwickelt hatten, ver-

folgten alle Zellen der Chorioidea ohne Ausnahme ein ganz anderes Princip, indem fast nur die Kerne ihrer Zellen sich entwickelt hatten und gerade diese die spezifische Bestimmung der Zellen ausdrückten. Die Kerne erfüllten die Zellen fast ganz oder dehnten wenigstens an der Stelle, wo sie lagen, die Zellen übermässig aus.

Es hat in diesem Stadium, wie schon erwähnt, die Differencirung der Chorioideazellen begonnen und lässt sich die spätere Bestimmung jeder einzelnen mit Sicherheit erkennen. Diese Sicherheit wird hauptsächlich durch die Entstehung des Pigmentes in den Pigmentzellen des Stromas begründet. Während das Pigment des Epithels schon sehr früh, in der vierten Woche nach Kölliker, erscheint, muss es in den Stromazellen weit später auftreten, denn offenbar war in diesem Falle erst vor kurzer Zeit der Anfang damit gemacht. Es fanden sich nämlich in den Pigmentzellen des Stromas stets nur einige Pigmentkörnchen, in einzelnen sogar noch gar keine. (Fig. 4.) Alle Pigmentzellen zeichneten sich durch den ausserordentlichen Glanz ihrer Kerne aus und schon durch diesen allein wurden sie von allen übrigen Zellen unterschieden, so dass es leicht war, die späteren Pigmentzellen auch ohne Ablagerung von Pigment zu erkennen. Es glichen ihnen hierin annäherungsweise nur die Linsenzellen, welche aber durch die Zellenform leicht von ihnen zu scheiden waren. Die Membran oder äussere Schicht des Kerns war in der Contour dunkelschwarz und an ihr hingen an vielen Stellen kleine und grössere Pigmentpartikelchen, welche sowohl in der Peripherie lagen, als auch platt auf der Membran dem Beschauer gegenüber. Hierdurch konnte auf den ersten Blick der Schein entstehen, als läge ein Theil des Pigmentes innerhalb des Kerns, allein dies ist niemals der Fall. Zuweilen liess sich in dem Kerne ein kleines gelbliches Kernkörperchen erkennen. Die Form des Kerns ist immer ganz rund.

Gegenüber dem glänzenden Kern, welcher durch Essigsäure gar nicht verändert wird, verschwindet der eigentliche Zellenkörper fast ganz; dieser wird nur bei grosser Aufmerksamkeit und sehr genauer Einstellung sichtbar. Wenn schon mehrere Pigmentpartikelchen sich von der Kernmembran, d. h. seiner äusseren Schicht, losgelöst haben und frei in der Zelle liegen, dann lässt sich der Umfang der Zelle leichter bestimmen, da sie sich bald vom Kern entfernen und in die Zellenbuchtungen eintreten. Man kann sich also später nach dem freien Pigment richten, um die äussere Contour der Zelle zu finden. Die Substanz der Zelle ist also fast durchsichtig, ihre Contour sehr schwach. Oft ist die Zelle nur nach einer Seite vom Kerne ab ausgedehnt (Fig. 4a); meistens aber nach zwei gegenüberliegenden Seiten hin (Fig. 4b), in beiden Fällen endigt sie abgerundet, zuweilen kann man aber deutlich die Anlage von vier spitzen Aesten erkennen (Fig. 4c).

Es unterliegt nach diesem Befunde keinem Zweifel, dass das Pigment der Chorioidea ein Product der Kerne in den Pigmentzellen ist. Die einzelnen Pigmentpartikelchen lagern sich ab auf der Membran oder äusseren Schicht der Kerne, wie Krystalle jenseits einer Membran, welche ein Gefäss mit Lösung eines krystallisirbaren Stoffes schliesst. Der wunderbare Glanz des Kerns, die schwarze Farbe seiner Membran beweisen die Lösung der Pigmentstoffe in ihm. Die Pigmenttheilchen entstehen jenseits der Kernmembran fest an ihr haftend und scheinen hier bis zu einer gewissen Grösse zu wachsen, denn, während die freien Partikelchen eine gewisse gleiche Grösse haben, höchstens überschreiten, sind die dem Kern anhaftenden Körnchen sehr verschieden gross, von kaum bemerkbarer bis zur Grösse der freien Partikelchen. In dem Wachsthum der Körnchen beruht auch wahrscheinlich der Grund, dass sie sich von dem Kerne

loslösen. Da später der Kern jenen beschriebenen Glanz und die schwarze ausgeprägte Contour ganz verliert, so liegt hierin einmal ein weiterer Beweis für die Pigmentbildung aus dem Kerne und zweitens der Beweis, dass in späteren Zeiten der Kern seine chemische Zusammensetzung ändert und ihm dadurch jene Function genommen wird. Dass ich in der Pigmentbildung weit mehr eine Krystallisation durch Exosmose sehe, habe ich in der Darstellung schon angedeutet; es beweist sich dies dadurch am sichersten, dass die Pigmentkörnchen immer ausserhalb des Kerns sitzen, also seinen vitalen Eigenschaften nicht mehr unterworfen sind. Der erste Grund für die Entstehung des Pigmentes ist also die Aufnahme chemischer Stoffe in den Kern, welche ihm jenen Glanz und die schwärzliche Contour verleihen; dadurch entsteht eine derartige exosmotische Strömung zwischen Kern- und Zelleninhalt, dass die Pigmentkörnchen, deren Bestandtheile vorher im Kern aufgelöst waren, sich auf dessen äusserster Schicht auskrystallisiren. Sobald die Körnchen eine gewisse Grösse erreicht haben, hört die Attraction des Kerns auf zu überwiegen; sie müssen ihrem Gewicht folgen, werden frei vom Kern, d. h. sie entfernen sich von demselben. Als ein zweites Product dieses Vorganges sehe ich die Ausdehnung und Formbildung der Zelle an. Unentschieden blieb mir die Frage, ob das Kernkörperchen sich activ bei der Pigmentbildung theilnimmt; die gelbe Farbe desselben in allen Kernen, wo er deutlich hervortrat, hat mich geneigt gemacht, dies zu glauben, indem man vielleicht annehmen könnte, dass er durch seine chemische Composition den Grund, das Ferment für den Diffusionsstrom abgäbe, dessen Resultat die Pigmentbildung um den Kern ist. Doch fehlt mir jeder weitere Anhalt für diese Hypothese.

Die pigmentlosen Stromazellen in der Chorioidea zeigen insofern eine den Pigmentzellen ähnliche Entwickelung.

lung, als auch in ihnen zu dieser Zeit der Kern verhältnissmässig überwiegt, gegenüber der Zelle selbst; doch erreicht der Kern nicht völlig die Grösse des Kerns in den Pigmentzellen, natürlich besitzt er auch dessen Glanz nicht, aber er enthält immer ein kleines, sehr deutliches Kernkörperchen. Der Kern ist etwas länglich, seine längere Axe liegt in der Längenaxe der Zelle, er füllt die Zelle in ihrer Mitte völlig aus und erweitert sie noch beträchtlich. Die Zelle selbst verräth ihren Charakter als Spindelzelle sehr deutlich, ihre beiden Aeste schliessen sich an den Kern, wie zwei schmale, spitz zu laufende Endigungen, sie sind sehr unscheinbar und lassen sich leicht übersehen, ihre Membran ist so wenig rigide, dass sie meist krumm und quer gebogen sind. (Fig. 5.) Essigsäure macht die Zellenäste verschwinden, ändert die Kerne nicht. Es gleichen diese Stromazellen der Chorioidea ganz genau den Adventitiazellen neugebildeter Corneagefässe, so bewahrt die Chorioidea ihren Charakter als Gefässhaut, nur wechselt sie später das zu ernährende Organ, welches anfangs die Sclerotica und später Glaskörper, vielleicht auch die Linse ist.

Von einer eigentlichen Iris, welche zwischen Linse und Cornea eine Scheidewand errichtet, findet sich zu dieser Zeit nur eine Andeutung vor den processus ciliares, deren Anlage durch die stärkere Pigmententwicklung in dem Epithel deutlich zu erkennen ist. Der Bau dieser Iris unterscheidet sich von dem der Chorioidea in keinem wesentlichen Punkte, sie besteht aus denselben Stroma — aus denselben Pigmentzellen, nur sind die Zellen vielleicht noch nicht soweit in ihrer Entwicklung vorgerückt, als in der Chorioidea.

Das Pigmentepithel bedarf nicht seines histologischen Baus, sondern seines anatomischen Verhaltens wegen einer besonderen Berücksichtigung. Die einfache Zel-

lenlage, welche dies Epithel immer zusammensetzt, besteht aus Zellen, deren Ausbildung schon weiter fortgeschritten war, als wir es in den Pigmentzellen des Chorioidealstromas fanden, sonst stimmten sie ganz mit diesen überein. (Fig. 6.) Dieser höhere Grad von Entwicklung bestätigt die Beobachtung von Köl liker, welcher in einem vierwöchentlichen Fötus das Pigmentepithel der Chorioidea schon angelegt fand. Die Zellen des Epithels besaßen alle noch den glänzenden Kern mit schwarzer Contour, welcher die Zellen des Stroma auszeichnete. Dem Kerne haften Pigmentkörnchen an, die Pigmentbildung hatte also noch nicht aufgehört. Dagegen sind die Zellen selbst schon zu einer viel bedeutenderen Grösse entwickelt und enthalten bedeutend mehr Pigmentkörnchen als die Stromazellen. Das Pigment liegt aber in der Zelle noch nicht in der späteren Anordnung, sondern in grösseren Haufen zusammen, erfüllt aber beinahe die ganze Zelle. Die äussere Form der Zelle verräth schon deutlich den sechseckigen Bau, indem zwei schmale gegenüberliegende Seiten durch zwei schwach gebogene circa doppelt so lange Seiten verbunden werden. Ein sehr stumpfer Winkel trennt nicht selten diese langen Seiten in zwei gleiche Theile. Dann sind nur noch die Winkel von dem späteren Sechseck der Zelle unterschieden, und dieser Unterschied wird durch weitere Ausdehnung der Zelle aufgehoben. Häufig lässt sich in dem Kerne ein gelbliches Kernkörperchen bemerken. Die Bildung des Pigmentes in den Epithelzellen geht demnach in derselben Weise vor sich, wie in den Pigmentzellen des Stroma; in der ersten Anlage sind vielleicht beide Zellenformen völlig gleich und die Differenz tritt erst mit weiterer Ausbildung der Zelle hervor.

Die Epithelschicht haftet in den ersten Monaten fest der Retina an, mit welcher es aus einem Bildungsmaterial hervorgeht; erst in späterer Zeit, vielleicht erst gegen

das Ende der Fötalperiode, wenn durch das Wachsthum des Glaskörpers die Retina ausgedehnt wird und der Chorioidea glatt anliegt, verschmilzt das Epithel mit der Chorioidea und zwar wahrscheinlich durch die von H. Müller entdeckte Glaslamelle, welche nach aussen von ihm liegt und als ein Secretionsproduct desselben aufzufassen ist. Jedenfalls existirte in beiden von mir untersuchten Augen diese Glaslamelle nicht.

Die Linse hat beim menschlichen Embryo nicht das grosse Volumen, welches Köllicker vom Kalbsembryo gezeichnet hat, sie bietet der Untersuchung die wenigsten Schwierigkeiten dar. Ihre Kapsel ist als feine Glaslamelle schon angedeutet, die Substanz der Linse selbst besteht ganz aus Zellen, welche eben ihre Weiterentwicklung zu Linsenfasern beginnen. Die Zellen enthalten alle einen glänzenden rundlichen Kern mit deutlichem Kernkörperchen. Der Körper der Zelle dehnt sich nach zwei gegenüberliegenden Seiten vom Kern aus, doch nicht so gleichmässig, dass der Kern in der Mitte der Zelle läge, sondern meistens nach einer Seite sehr überwiegend. (Fig. 7.) An den beiden schmalen Seiten endigt die Zelle scharf abgeschnitten mit zwei rechtwinkligen Ecken; die beiden langen Seiten verlaufen fast ganz parallel in ziemlich gleichem Abstände von einander. So ist die Form der Zelle ungefähr ein Rechteck, dessen grösste Seite $0,03'''$ — $0,05'''$, die kleinste ca $0,006'''$ maass. Die Längenaxe des Kerns entspricht der Längenaxe der Zelle. Durch chemische Reagentien ist ein Inhalt in den Zellen nicht darzustellen, obgleich er jedenfalls vorhanden ist und der Zelle den charakteristischen Glanz verleiht; die Membran der Zelle ist ganz glatt, daher hängen die Zellen noch nicht so fest aneinander, wie die ausgebildeten zackigen Linsenfasern. Durch weiteres Längenwachsthum gehen die Fasern aus den Zellen hervor, von einem Zusammenwachsen zweier Zellen habe

ich nichts entdecken können und unter dieser Bedingung wäre die Frage, ob die Linsenfasern einen oder mehrere Kerne haben, nach der Entwicklungsgeschichte dahin zu entscheiden, dass nur einer vorhanden ist.

Der Glaskörper verschwand wegen seiner geringen Masse als Untersuchungsobjekt fast völlig. Er umschliesst in dieser Zeit einige Gefässe, welche von Spindelzellen (Fig. 8) eingefasst wurden. Sie enthielten einen länglichen Kern und halten zwei spitze Aeste. Sonstige Elemente konnte ich nicht finden.

Die Retina entsteht als Theil des Hirns aus der primären Augenblase, welche durch Einstülpung zur secundären wird. Beide Blätter dieser secundären Blase vereinigen sich zur Retina, das äussere wird zur Stäbchenschicht und zum Pigmentepithel der Chorioidea, das innere zu den übrigen Retinaschichten, Dieser zwischen Hushke und Remak vermittelnden Ansicht von Kölliker muss ich durchans beistimmen, so weit es der vorliegende Fall vermag. In der zehnten Woche ist die Vereinigung beider Blätter schon so vollkommen, dass kein Merkmal derselben zu sehen ist. Die Retina bildet eine faltige Masse, welche bei weitem den grössten Theil der Bulbushöhle erfüllt, zwei Falten erheben sich besonders von den Seiten und berühren sich in der Mitte. Dass die Retina die Hauptsache, ja die Bedingung des Auges ist, wird durch die Entwicklungsgeschichte am deutlichsten bewiesen. Sie entsteht zuerst, um sie herum bilden sich zum Schutz, zur Vervollständigung ihrer Function die übrigen Membranen. Ihre Entwicklung schreitet am raschesten vorwärts und erst nach ihrer völligen Anlage verlegt sich die Entwicklungsmasse in den vorderen Augenabschnitt. Die Falten der Retina liessen sich nicht ausbreiten, so dass es leider unmöglich war, senkrechte Durchschnitte zu machen. Bis zu der Periode, wo der Glaskörper durch seine stärkere Entwicklung die Re-

tina ausdehnt, wird dies überhaupt unmöglich bleiben. Gegenüber der Behauptung von Ammon*) liessen sich die Elemente aller Schichten mit Ausnahme der Limitans ganz genau erkennen, einzelne hatten sogar ihre normale Grösse fast erreicht, aus später zu erwähnenden Gründen ergab die Untersuchung über die Nervenfaserschicht ein zweifelhaftes Resultat.

Die Stäbchen stellten sich als blasse Cylinder dar, welche insofern schon eine Scheidung in zwei Theile zeigten, als bald die innere, bald die äussere Hälfte etwas bauchig geschwellt war. (Fig. 9.) Jedenfalls war diese Scheidung nur eine Folge der Chromsäuremaceration. Ihre Länge betrug etwas über die Hälfte der späteren, ihre Breite vielleicht ein Drittel. Innerhalb der bauchigen Hälfte liessen sich zuweilen kleine Pünktchen erkennen und in seltenen Fällen war ein centraler Faden ziemlich deutlich zu bestimmen. Das innere Ende der Stäbchen hatte nicht den scharfen Rand, welcher es später bezeichnet; doch hörte die Contour nach innen in gleicher Höhe auf und liess aus seiner Mitte einen feinen Faden austreten. Rückwärts liess sich dieser Faden in schönen Präparaten weit in das Stäbchen hinein verfolgen; hier endigte er an einem jener erwähnten Pünktchen, welches sich durch seine Grösse und bestimmte Contour vor den anderen auszeichnete und nicht anders, als der Kern des Stäbchens gedeutet werden konnte. In den inneren Schichten der Retina verlor sich dann der ausgetretene Faden. Es zeigen also schon in dieser frühen Periode die Stäbchen alle späteren Bestandtheile. Denn auch beim Menschen enthalten die Stäbchen centrale Faden, wie bei allen von mir bis jetzt darauf untersuchten Thieren; es findet sich in verschiedenen Thierklassen nur der Unterschied, dass bei vielen

*) Dieses Archiv IV. 1.

die Marksubstanz, welche beim Frosche so massenhaft angehäuft ist, mehr zurücktritt, ja wie beim Menschen ganz fehlen kann. Nach diesem Befunde glaube ich, dass die Stäbchenschicht aus einer einfachen Zellenlage hervorgeht: die Zellenmembran persistirt als Stäbchenhülle und der Kern als Endigung oder Knopf des centralen Fadens. Zur völligen Lösung dieser Frage muss freilich erst noch nachgewiesen werden, wie der centrale Faden entsteht.

In der Körnerschicht liessen sich keine Unterabtheilungen machen, da ihre Elemente sich im Ganzen sehr glichen. Es waren fast nur runde Körper mit mässig scharfer Contour, welche der Form nach völlig den späteren äusseren Körnern entsprachen und nahezu selbst die Grösse derselben erreicht hatten. (Fig. 10 a.) Die Masse dieser Körner war zur Masse der Retina eine ausserordentlich grosse, wenn man das spätere Verhältniss im Auge hat. An den beiden Enden des Korns, welche nach aussen und nach innen gerichtet waren, wurde die Contour etwas schwächer, an dem einen Ende, wahrscheinlich dem äusseren, in grösserer Ausdehnung als an dem anderen. Es ist dies die Andeutung der Depression. Von diesen beiden Enden sah man deutlich feine Faden abgehen, deren Schwäche nur selten zwei Contouren hervortreten liess. (Fig. 10 c.) Nur selten erreichten die Faden eine grössere Länge, noch seltener fand sich im weiteren Verlauf ein zweites, dem ersten ganz gleiches Korn. Mit dem Faden verlief zuweilen eine feine Punktirung (Fig. 10 b.) Keins von diesen runden Körnern enthielt einen Kern. Ausser ihnen fanden sich auch noch längliche Körner, deren Axe nicht in der Axe des an beiden Seiten abgehenden Fadens lag, diese enthielten zuweilen einen Kern, doch war die Unterscheidung derselben von Nervenzellen nicht mit Sicherheit möglich. In Zusammenhang mit Stäbchen habe ich die Körner

niemals gefunden, nur einmal hing ein Korn mit einer zweifelhaften Nervenzelle (Fig. 10 c.) zusammen, ohne Zweifel sind die Faden so schwach und so wenig cohärent, dass sie leicht zerreißen. Einmal sah ich die von zwei Körnern ausgehenden schwachen Faden sich zu einem stärkeren vereinigen. (Fig. 10 d.) Gegenüber der neueren Kritik der Retina muss auf diese so weit fortgeschrittene Entwicklung der Körner zu einer so frühen Periode besonderes Gewicht gelegt werden.

Von der granulösen Schicht lässt sich nach den Zerzupfungspräparaten nur sagen, dass zwei Bestandtheile derselben vorhanden waren, einmal die Faden, welche von den Körnern abgingen, und zweitens die äusseren Aeste der Nervenzellen. Ein sicheres Kriterium dieser Schicht fehlt noch.

Die Nervenzellen (Fig. 11) waren noch ziemlich klein, aber doch deutlich zu erkennen, da sie durch ihre eckige Form und die Zahl der Fortsätze gleich in das Auge fielen. Sie waren ungefähr doppelt bis dreifach so gross, als die Körner, sie hatten eine dreieckige Form und von jeder Ecke ging ein doppelt contourirter Ast ab, welcher allerdings nur selten weiter verfolgt werden konnte. An keiner Zelle habe ich mehr als drei Aeste gesehen. Am stärksten war die Zellenmembran entwickelt, der Kern war viel unbestimmter, wie er sich in den ausgewachsenen Zellen findet, ein Kernkörperchen war nicht deutlich erkennbar. Dagegen fehlte der krümmlichte Inhalt der Zelle ganz und gar; gerade hierdurch wurde auch ein etwas verändertes Aussehen der Zellen bedingt, denn die äussere Contour war viel glatter und nicht so winkelig ausgebuchtet, und man konnte selbst in Zweifel gerathen, wenn nur zwei Aeste an entgegengesetzten Seiten von der Zelle abgingen, ob man eine Nervenzelle oder eins jener erwähnten länglichen Körner vor sich habe (Fig. 11 b.) Während also die Zelle in ihrem Zusam-

menhang mit den benachbarten Schichten völlig ausgebildet war, fehlte noch ihr Inhalt, an welchen die Function derselben wesentlich gebunden scheint. Theilung von Zellen oder andere Andeutungen über eine mögliche spätere Vermehrung derselben habe ich niemals gefunden; auch die Körnerschicht verrieth nichts der Art.

Ueber die Nervenfasern kann ich nichts weiter aussagen, als dass sie offenbar vorhanden sein mussten, da die Nervenzellen nach allen Seiten Fortläufer ausschickten. Aber sie boten noch keine Varicositäten dar und liessen sich daher in keiner Weise von den äusseren Fortsätzen der Zellen unterscheiden. Auch wenn sie sich frei getrennt von der Zelle fanden, war kein sicheres Merkmal zu bestimmen, durch welches sie sich von den Radialfasern geschieden hätten. — Von allen Schichten der Retina blieb allein die Limitans der Untersuchung verborgen, aber es ist auch nicht zu verwundern, wenn zu einer Periode, in welcher alle Glasmembranen zum Theil eben im Entstehen, zum Theil, wie die Bowmann'sche Membran und die der Chorioidea noch gar nicht in irgend einer Andeutung vorhanden sind, die Limitans ebenfalls noch nicht angelegt ist.

Die Retina ist also allen Augenmembranen in ihrer Entwicklung bedeutend vorangeschritten; alle übrigen Bestandtheile des Auges geben zu dieser Periode eben die ersten Andeutungen ihrer künftigen Bestimmung, indem sich die Zellen der späteren Function nach zu entwickeln beginnen, in der Retina allein ist die Ausbildung der ganzen Membran vollendet, alle Schichten angelegt und die einzelnen Elemente der späteren Form ganz gleich und in der Weise mit einander verbunden, wie es zur Ausübung ihrer Function nothwendig ist. Dies Ergebniss konnte schon nach der gröberen Entwicklungsgeschichte erwartet werden, da die Retina den letzten Grund zur Entwicklung des Auges bildet und

schon einige Wochen vor der ersten Andeutung der übrigen Augenmembranen aus dem Hirn hervorsprosst. Die Faltenbildung der Retina, nachdem sie durch Bildung der secundären Augenblase zusammengesetzt ist, beweist dann bis an das Ende des Fötallebens, dass die Retina noch immer den übrigen Membranen in der Entwicklung voraus ist.

Als histologisches Ergebniss muss aber aus dieser Beobachtung hervorgehoben werden, dass alle zu dieser Zeit angelegten Elemente der Retina nothwendig dem Nervensystem angehören, denn noch sind die bindegewebigen Theile des Körpers nirgends in dieser Weise entwickelt. Hauptsächlich hebe ich in dieser Beziehung die Körnerschicht und die Radialfasern hervor, da sich die neuere Kritik der Retina an die Stäbchen noch nicht recht gewagt hat. Gerade die Körner und Radialfasern sind fast noch mehr entwickelt, als die übrigen Elemente, und beweisen dadurch vollständig ihren Ursprung aus dem Hirne. Ob übrigens später noch ein Bindegewebsgerüst in der Retina entsteht, kann natürlich diese Beobachtung nicht entscheiden. — Doch erlaube ich mir hier im Voraus zu erwähnen, dass mehrjährige, noch nicht vollendete Untersuchungen über die Retina des Wallfisches, welche besonders auf diesen Punkt gerichtet waren, mir das Resultat ergeben haben, dass die Limitansfasern nicht mehr jenseits der granulösen Schicht zu entdecken sind und sicherlich der grösste Theil der Radialfasern zum nervösen Apparat zu rechnen ist. Die Retina des Wallfisches ist besonders zur Untersuchung dieser Frage geeignet, da in ihr die Limitans und ihre aufsteigenden Fasern ausserordentlich stark sind.

Worpswede, im December 1863.

Dr. C. Ritter.

Erklärung der Tafel.

- Fig. 1.** Vordere Ansicht des Auges (Vergr. 16.)
a. durchsichtige Cornea,
b. durchscheinende processus ciliares.
Alle übrigen Figuren mit Vergr. 290.
- Fig. 2.** Durchsichtige und undurchsichtige Cornea,
a. vordere Wand,
b. Descemet'sche Membran.
- Fig. 3.** Scleroticazellen.
- Fig. 4.** Pigmentzellen des Chorioideastromas.
- Fig. 5.** Spindelzellen aus der Choriodea.
- Fig. 6.** Zellen des Pigmentepithels.
- Fig. 7.** Linsenzellen.
- Fig. 8.** Zellen aus dem Glaskörper.
- Fig. 9.** Stäbchen.
- Fig. 10.** Körner und Radialfasern.
- Fig. 11.** Nervenzellen.
-

