Das rudimentäre Auge der europäischen Blindmaus (*Spalax typhlus*).

Von

Dr. Victor Hanke,

Assistenten der Universitäts-Augenlinik des Hofrathes Prof. E. Fuchs in Wien.

Hierzu Taf. X, Fig. 1—12 und 5 Figuren im Text.

Die folgenden Untersuchungen betreffen das rudimentäre Sehorgan der Blindmaus (*Spalax typhlus*), eines vollständig entwickelten Säugethieres aus der Gattung der Nager.

Brehm (Säugethiere, II. Bd., S. 550) giebt nachstehende Charakteristik:

„Die Familie der Wurfmäuse (*Spalacidae*) besteht aus ungestalteten, hässlichen, unterirdisch lebenden Nagern. An die Maulwürfe erinnernd, besitzen sie alle unangenehmen Eigenschaften dieser Wühler, ohne deren Nutzen zu bringen. Der Leib ist plump und walzenförmig, der Kopf dick, breit, flachstirnig und breitschnäuzig; die Augen sind ausserordentlich klein und liegen gänzlich unter der äusseren Haut verborgen; die sehr kleinen Ohren entbehren äusserlich sichtbarer Muscheln; der Schwanz fehlt oder ist im Pelze versteckt. Um so mehr treten die fast gleichmässig entwickelten fünfzehigen Füsse hervor; alle sind mit sehr kräftigen Grabekrallen bewehrt. Alle Wurfmäuse gehören der alten Welt an; sie bewohnen meist trockene, sandige Ebenen und durchwühlen nach Art der Maulwürfe den Boden auf weite Strecken hin. Keine Art lebt gesellig, jede wohnt einzeln in ihrem Baue und zeigt auch das mürrische, einsiedlerische Wesen des Maulwurfs. Lichtscheu, verlassen sie nur höchst selten ihre unterirdischen Gänge, arbeiten auch hier hauptsächlich zur Nachtzeit. Mit ausserordentlicher Schnelligkeit graben sie, mehrere sogar senkrecht, tief in den Boden hinein. Auf der Erde ungemein plump und unbeholfen, bewegen sie sich in ihren unterirdischen Gängen vor- und rückwärts mit fast gleicher Geschwindigkeit. Ihre Nahrung besteht nur in Pflanzen. Die in kalten Gegenden wohnenden sammeln sich zwar Nahrungsvorräthe ein, verfallen aber nicht in einen Winterschlaf, sondern arbeiten rüstig weiter zum Nachtheile der Felder, Wiesen und Gärten. Glücklicherweise vermehren sie sich nicht sehr stark, sondern werfen blos zwei bis vier Junge.

Die bekannteste Art dieser Familie ist die Blindmaus (*Spalax typhlus*, *Marmota s. mus typhlus*, *Spalax mikrophthalmus*). Der Kopf ist stumpfschnäuzig und stärker als der Rumpf, der kurze, unbewegliche Hals so dick wie der schwanzlose Leib, die kurzen Beine zeigen breite Pfoten mit starken Zehen und Krallen. Die Augen haben kaum die Grösse eines Mohnkorns und liegen unter der Haut verborgen, können also zum Sehen nicht benutzt werden. Die Körperlänge beträgt 20 cm. . . . Ein dichter, glatt anliegender, weicher Pelz, welcher auf der oberen Seite etwas länger als auf der unteren ist, bekleidet den Körper; starre, borstenähnliche Haare bedecken die Kopfseiten von den Nasenlöchern an bis zur Augengegend und bilden eine büstenartige Haarkante. Im Allgemeinen ist die Färbung gelbbraunlich, aschgräulich überflogen.

Die Blindmaus findet sich im südlichen Europa, im westlichen Asien, zumal im südlichen Russland, an der Wolga, am Don, in der Moldau und einem Theile von Ungarn und Galizien, besonders häufig ist sie in der Ukraine.

Das Thier fügt dem Menschen im Ganzen geringen Schaden zu, obgleich ihm viel Böses nachgesagt wird. Ebenso wenig aber bringt es ihm irgend welchen Nutzen. Die Russen glauben, dass es dem Menschen besondere Heilkraft verleihen könne, indem derjenige, welcher Muth genug hat, es auf seine blossе Hand sich beißen zu lassen und es hierauf durch Erdrücken langsam umzubringen, später befähigt wäre, durch blosses Auflegen der Hand Drüsengeschwülste aller Art zu heilen. Darauf bezieht sich auch einer seiner Landesnamen, der so viel als ‚Drüsenarzt‘ bedeutet.“

Die erste Anregung zu den Untersuchungen verdanke ich der Liebenswürdigkeit des Herrn Prof. Dr. Frankl Hochwarth, welcher das Centralnervensystem des Thieres untersuchte und die Güte hatte, mir die ersten vier Bulbi in enucleirtem Zustande zu überlassen, und dem ich auch an dieser Stelle meinen ergebensten Dank dafür zum Ausdruck bringe.

Die weiteren sechs Bulbi entstammen Thieren, die ich mir lebend aus Ungarn kommen liess. — Es wurde an diesen genau die Topographie der Orbita studirt und sowohl der Orbitalinhalt in toto als auch sammt seiner knöchernen Umgebung fixirt und mikroskopisch untersucht. Bei der Section war keine Spur eines intracraniellen Opticus, Chiasmas und Tractus opticus zu sehen.

Allgemeine Topographie der Orbita.

Bei Betrachtung des lebenden Thieres fällt sofort der vollständige Mangel einer Lidspalte auf. Beim Abtasten lässt sich zu beiden Seiten des Nasenrückens in der Tiefe je ein ungefähr hanfkorngrosser, rundlicher, von der Umgebung durch etwas härtere Consistenz scharf abgegrenzter Körper fühlen, welcher schon nach seiner Lage den Verdacht hervorruft, es könnte sich um ein Rudiment

eines Augapfels handeln, welche Vermuthung durch die Section und mikroskopische Untersuchung bestätigt wird.

Wir wollen zunächst eine Uebersicht über die topographischen Verhältnisse der Orbita sammt ihrer Decke, der äusseren behaarten Haut, geben, wie sie sich aus den Schnittserien ableiten lässt, die einerseits in horizontaler Richtung, andererseits in verticaler und frontaler Ebene angefertigt wurden.

Der von den Knochen und Weichtheilen des Gesichtsschädels in typischer Weise begrenzte Orbitaltrichter wird nach vorn von der in continuo verlaufenden äusseren Körperdecke überspannt. Zwischen diesem äusseren Abschluss der Augenhöhle und ihrem eigentlichen Inhalte ist ein Schleimhautsack eingeschaltet, der, vollkommen in sich abgeschlossen, mit der Aussenwelt nur durch Vermittlung der Nasenhöhlen communicirt und in seinem temporalen oberen Rande die Ausführungsgänge der Orbitaldrüse aufnimmt.

I. Der Verschluss der Orbita nach aussen.

An ihm können wir vier Gewebslagen unterscheiden:

1. Die äussere, behaarte Haut: Sie besteht aus einer dünnen, verhornten Schicht, unter welcher mehrere Reihen von Epithelzellen liegen, von denen die obersten platt sind, während die tiefsten der cubischen Form sich nähern. Sie grenzen sich scharf gegen das aus lockerem Bindegewebe bestehende Corium ab, das flache, zu Gruppen vereinigte Papillen bildet, die durch tiefe Furchen getrennt sind. In und knapp unter den Papillen liegen Blutgefässschlingen, sowie ausserordentlich zahlreiche Haarbälge. Von diesen kann man zwei Typen unterscheiden. In der überwiegenden Mehrzahl sind sie handschuhfingerförmig oder pinselartig gruppirte. Aus ihnen entspringen feine honiggelbe, marklose Wollhärchen, deren über die freie Oberfläche der Haut ragender Theil eine dachziegelartig geschichtete Cuticula besitzt. Dazwischen liegen in weit geringerer Zahl solitäre mächtige Haarbälge, aus welchen dicke, borstenförmige Haare entspringen, deren deutlich erkennbare Marksubstanz abwechselnd aus braunschwarz pigmentirten und farblosen Schichten besteht. Der äussere Contour dieser Haare ist ebenfalls gezähnt. Beide Arten von Haarbälgen sind von quergestreiften Muskelfasern umspinnen. Drüsen sind nicht vorhanden, Fettläppchen in sehr geringer Anzahl.

2. Das subcutane Gewebe: Lockeres Bindegewebe von reichlichen Gefässen durchzogen und von zahlreichen quer oder schräg getroffenen Bündeln quergestreifter Muskeln durchsetzt (vertical verlaufender Muskel).

3. Eine mächtige Lage eines quergestreiften, von oben nach unten verlaufenden Muskels.

4. Eine niedrige Schicht eines lockeren, wellig angeordneten, ziemlich kernreichen Bindegewebes. In ihr liegt ein an den Muskel fast unmittelbar angrenzendes plattenförmiges Gefässconvolut eingebettet, von dem Zweige zwischen die Muskelfasern ausstrahlen. Diese Schicht ist nichts anderes, als

ein submucöses Stratum, denn ihr liegt direct das Epithel des Schleimhautsackes auf, in welchem wir ein vollständiges Aequivalent des Conjunctivalsackes vor uns haben.

II. Der Bindehautsack.

Er ist ein Hohlraum, der am Durchschnitt spaltförmig erscheint. Während seine vordere und hintere Wand glatt ist, ist der periphere Theil stark gefaltet und ausgebuchtet, besonders in seinen oberen Partien. Seine Analogie mit dem ausgebildeten, nach aussen offenen Bindehautsacke ist u. a. dadurch gegeben, dass in seine hintere Wand der Bulbus eingefügt ist. Es wird hier das Schleimhautepithel direct zum Deckepithel der Cornea.

Der Bindehautsack des *Spalax typhlus* ist in allen Durchmessern beträchtlich kleiner als die Orbitalöffnung; der übrigbleibende Raum wird von der Fortsetzung des submucösen Stratums abgeschlossen, welches also hier die Rolle der *Fascia tarso orbitalis* vertritt, ohne deren festes Gefüge zu besitzen.

Das Epithel ist zwei- bis dreireihig und besteht aus cubischen oder polygonalen Zellen von annähernd gleicher Grösse und Form in allen Schichten.

Der Bindehautsack ist auf den meisten Präparaten collabirt, auf einzelnen Schnitten spaltförmig und enthält spärliche abgestossene Epithelien, sowie Detritus.

III. Der eigentliche Orbitalinhalt.

In dem aus quergestreiften Muskeln gebildeten Trichter liegt eine mächtige Drüse von acinösem Bau (Harder'sche Drüse), die im temporalen oberen Fornix des Bindehautsackes ausmündet. In den vordersten Theil derselben ist der Bulbus eingebettet.

Der Bulbus hat die Gestalt einer Kugel von ca. 2 mm Durchmesser. Seine hintere (proximale) Hälfte ist weisslich durchscheinend; im vorderen Abschnitt dagegen liegt an der Innenwand des Bulbus ein schiefergrau durchschimmerndes Band, das sich in seiner unteren Hälfte einerseits etwas verjüngt, andererseits in der frontalen Ebene vom vorderen Pol entfernt und spornartig gegen den hinteren Pol ausläuft. Die hintere Grenze dieses dunklen Bandes fällt (mit Ausnahme des Spornes) mit dem Aequator zusammen, während die vordere in einer $\frac{1}{2}$ mm hinter dem vorderen Pole gelegenen Frontalebene liegt. Es bleibt also bei der Ansicht von vorne ein mandelförmiger Bezirk von $\frac{1}{2}$ —1 mm Breite und $1\frac{1}{2}$ mm Länge pigmentfrei, dessen unterer Rand in einem mehr oder weniger spitzen Bogen gegen den Aequator zu gewendet ist (s. Fig. 1, 2 u. 3).

Der ganze Bulbus bietet somit den Anblick eines minimalen menschlichen Augapfels mit einem angeborenen Colobom der Iris nach unten.

Die mikroskopische Untersuchung des Bulbus ergab einen so complicirten Aufbau des Organs, dass fast jeder Schnitt für sich genau besprochen werden müsste, wodurch sowohl die Uebersichtlichkeit als auch das Interesse an dem Gegenstande wesentlich leiden müsste. — Es erscheint daher als das Zweckdienlichste, zunächst ein Uebersichtsbild zu geben, wie es aus der Reconstruction der mit schwacher Vergrößerung gesehenen Schnittserien gewonnen wurde, und hierauf jedes einzelne Gewebe bei stärkerer Vergrößerung im Detail zu beschreiben.

Fig. 1. Sagittalschnitt.
v. vorderer } Bulbuspol.
h. hinterer }
o = Opticus.
s = Sporn des pigmentirten Bandes.

Fig. 2. Frontalschnitt.

Fig. 3. Ansicht des
Bulbus von unten.
(o = Opticus.)

Die Bulbuskapsel besteht aus dichtgefügt, kernreichem, wellig angeordneten Bindegewebe; sie hat auf dem Durchschnitte überall gleiche Dicke und Structur, sowie eine kreisrunde Form (Taf. X, Fig. 2 und 3 *Bk*). Eine Corneoskleralgrenze fehlt mithin sowohl histologisch als auch makroskopisch. Der vordere Theil des Bulbus ist direct vom Bindehautepithel überzogen, er hat die Form eines Kreises, dessen Durchmesser ungefähr ein Drittel des ganzen Bulbusumfanges beträgt. Diese Partie entspricht der makroskopisch sichtbaren, durchsichtigen Cornea. Um die Bulbuskapsel liegt eine Schicht lockeren, gefäß- und nervenführenden Bindegewebes, das einerseits nach vorne continuirlich in das subconjunctivale Gewebe übergeht, andererseits in die den Bulbus umgebende Orbitaldrüse Ausläufer entsendet (Taf. X, Fig. 1*A*), die in das interacinöse Maschenwerk der Septen einstrahlen. — Die Innenfläche der Bulbuskapsel ist mit Ausnahme der dem makroskopisch sichtbaren Colobom entsprechenden centralen und unteren Partie der Cornealhinterfläche sowie der Einmündungsstelle des Augennstieles von einem schwarzbraun pigmentirten Gewebe überzogen. Dasselbe entspricht, wie die Untersuchung mit starken Vergrößerungen und das Studium entpigmentirter Schnitte

ergiebt, dem äusseren, pigmentirten Blatte der secundären Augenblase. Es tritt hier in doppelter Form auf:

1. als einfache Lage pigmentirter Zellen (entsprechend dem Pigmentepithel der menschlichen Retina) (Taf. X, Fig. 1 P u. 2 P_1). Wir wollen der Kürze halber diesen Theil die *Pars plana* nennen;

2. als mehrfache, krausenartig gefaltete (am Durchschnitte daher papillen- oder drüsenförmig aussehende) Zellschicht (Taf. X, Fig. 1, 2 u. 3 P_2), die im Gegensatze zu 1. *Pars plicata* genannt werden möge.

Die Vertheilung beider Arten dieses pigmentirten Gewebes im Inneren des Spalaxauges ist nun folgende:

Die *Pars plicata* entspricht dem makroskopisch sichtbaren dunklen Bande mit seinem Sporn, sie bekleidet mit Ausnahme des von ihr freien, colobomförmigen Theiles der hinteren Hornhautwand die Innenwand der ganzen vorderen Bulbushälfte, von der hinteren Bulbushälfte hingegen nur einen kleinen Theil, der die Gestalt eines Dreieckes besitzt, dessen Spitze am unteren Rande der Papille liegt, entsprechend dem Sporn. — Die übrige Innenfläche der hinteren Bulbushälfte ist von einer einfachen Pigmentzellenlage (*Pars plana*) bedeckt. — Denken wir uns jede Bulbushälfte für sich auf die Ebene des Papiers projicirt, so können wir uns oben beschriebenes Verhalten durch folgende Bilder veranschaulichen, wobei der dunkel gehaltene Theil der *Pars plicata*, der hellere der *Pars plana*, der weisse endlich dem freien Hornhautbezirke in der vorderen, der Papille in der hinteren Bulbushälfte entspricht:

Fig. 4.

aa_1 = Fig. 1. bb_1 = Fig. 2. cc_1 = Fig. 3 auf Tafel X.
(Die schwarze Kreislinie in der linksstehenden Zeichnung ist die Grenze der vom Conjunctival-Epithel überzogenen Bulbuspartie, entspricht also der Cornea.)

Nach innen zu folgt nun das innere Blatt der secundären Augenblase (entsprechend der eigentlichen Retina). Es zeigt ein dem menschlichen Bulbus analoges Verhalten. Im Bereiche der *Pars plana* als mehrschichtiges Gewebe entwickelt, bekleidet es die *Pars plicata* nur als einfache Reihe unpigmentirter Zellen, und fehlt im Bereiche des Opticuseintrittes.

Der noch restirende Innenraum des Bulbus wird zum grössten Theile von einem blasigen Gebilde eingenommen, welches, wie später ausgeführt werden soll, das Aequivalent der Linse darstellt.

Von der Papille ziehen Gefässe durch den zwischen ihr und der Linsenhinterfläche gelegenen kleinen Glaskörperraum zu letzterer hin.

Die Linse liegt mit ihrer Vorderfläche direct der Hornhauthinterfläche sowie dem vordersten Theile der Pars plicata an.

Es fällt also bereits bei schwacher Vergrösserung der vollständige Mangel einer vorderen Kammer sowie das Fehlen der Iris auf.

Schon aus dieser übersichtlichen Darstellung ist zu erkennen, dass wir es hier mit einem rudimentären Auge zu thun haben. Es enthält zwar fast alle Gewebe des höchst differenzirten Säugethierbulbus — des menschlichen —, doch sind sie mehr oder weniger auf einer Stufe der Entwicklung stehen geblieben, wie wir sie beim Menschen theils nur im Embryonalleben, theils bei Missbildungen zu sehen in der Lage sind. — Interessant ist dabei der Umstand, dass dieses Sehorgan vollständig ausgewachsenen Individuen einer relativ hochentwickelten Species der Säugethiere angehört. Die vollständige Gleichartigkeit der Befunde bei zehn Augen lässt den Gedanken an eine zufällige Entwicklungshemmung gar nicht aufkommen, sie beweist vielmehr, dass dies mit einer später ausführlich zu besprechenden Einschränkung (vgl. Capitel „Uvea“) ein typisches Stadium in der Genese des Sehorgans der Säuger ist, welches aus irgend einem Grunde — vielleicht durch Anpassung an die Lebensweise des Thieres bedingt — keine Weiterentwicklung durchmacht.

Zur näheren Beleuchtung der hier kurz angeführten Thatsachen möge die nun folgende ausführliche Beschreibung der einzelnen Gewebe des Bulbus dienen.

Cornea und Sklera.

Diese beiden, im vollständig ausgebildeten Auge histologisch differenzirten Gewebe können im vorliegenden Falle gemeinsam besprochen werden, da sie, wie schon oben angedeutet, einen im Allgemeinen gleichen Bau besitzen. Sie bestehen aus dichtgefügttem, leicht wellig verlaufenden, parallel-faserigen Bindegewebe mit spindeligen, meist tangential gerichteten Kernen. Es fehlt jede Andeutung eines Cornealfalzes, sowie einer Corneoskleralgrenze, es besteht vielmehr eine einheitliche kugelige Bulbuskapsel. Ebenso mangelt eine seröse (Tenon'sche) Hülle, die compacte Anordnung der Fibrillen wird allmählich nach aussen zu lockerer und geht ohne Grenze in das subconjunctivale und periglanduläre Gewebe über. Nur der vorderste Theil der Kapsel, entsprechend der Cornea, hat eine scharfe äussere Abgrenzung durch den Ueberzug des Bindehautepithels. Dasselbe ist zweibis dreireihig, cubisch, zeigt keine Einstülpungen und sitzt direct ohne Einschaltung einer homogenen Membran der Grundsubstanz auf. Ebenso wenig ist die Hinterfläche der Cornea von einer mit Endothel überzogenen homogenen Schicht gebildet; die tiefsten Parenchymlagen sind etwas dichter

gefügt, ihre Fasern gestreckter, deren Kerne länger und etwas stärker vortretend, so dass stellenweise endothelartige Bildungen vorgetäuscht werden. Die Cornea ist vollständig gefäss- und nervenlos. Ebenso wenig konnten elastische Elemente in ihr aufgefunden werden.

Die Sklera dagegen zeigt in ihren äusseren Partien spärliche Gefässe. Die mittleren und inneren, ebenso wie bei der Cornea fester an einander gereihten Lamellen besitzen weder Gefässe, noch Nerven. Elastische Fasern finden sich in den äusseren Schichten ziemlich zahlreich, besonders in der Gegend des hinteren Poles; sie verlaufen dicht verfilzt, sowohl äquatorial, als auch in meridionaler Richtung.

Wir haben hier somit Verhältnisse, wie sie bei mehrwöchentlichen, menschlichen Embryonen sich finden: eine cutane und sklerale Lage der Cornea (Waldeyer); die Membrana Descemetii und ihr Endothel, die ja ein Bildungsproduct derjenigen Zellen sind, welche beim Auftreten des Spaltes der Vorderkammer die Cornea gegen diesen Spalt hin begrenzen, sind hier nicht entwickelt; — ein Umstand, der ja durch das Fehlen einer Vorderkammer vollauf begründet ist. — Die Cornea und Sklera haben gleichen Bau, ohne genaue Orientirung der Faserzüge, der vordere Theil des Cornealgewebes geht in das gleich beschaffene Gewebe der Conjunctiva über, der stratificirte Theil in die Sklera.

Die Uvea.

Zwischen den innersten Lamellen der Sklera und der Pigmentepithelschicht findet sich eine einfache Lage feinsten capillaren und präcapillaren Gefässe, die in den verschiedensten Richtungen verlaufen. Sie sind in ein lockeres, unpigmentirtes Gewebe eingebettet. (Taf. X, Fig. 4.) Diese ganze Schicht ist so dünn, dass sie mit einiger Deutlichkeit nur an entpigmentirten Schnitten und an solchen Stellen sichtbar ist, an denen eine durch die Präparation und Härtung entstandene Ablösung des Pigmentblattes der secundären Augenblase entstanden ist. Die Lumina der Gefässchen springen nämlich ins Pigmentzellenlager vor und werden da von demselben wegen seines starken Pigmentgehaltes fast vollständig verdeckt.

Dieses Gefässstratum ist die einzige Andeutung eines Uvealgewebes, und zwar der Choriocapillaris.

Erscheint die Chorioidea wenigstens in Form eines Rudimentes, so ist von dem mesodermalen Theile der Iris und des Ciliarkörpers nur eine Spur vorhanden, daher auch die Bildung einer Vorderkammer unterblieb. Der epitheliale Antheil dieser Membran ist jedoch deutlich vorhanden, wie später bei Besprechung der (secundären Augenblase) Retina und des Pigmentepithels des Näheren aus einander gesetzt werden soll.

Bei der embryologischen Deutung dieser Verhältnisse haben wir von folgenden Ueberlegungen auszugehen:

Die Chorioidea, ebenso wie die Sklera ein Abkömmling des Kopfmesoderms, wird der Lage (aber nicht der typischen Ausbildung) nach

zuerst angelegt. Schon in Embryonen aus der Zeit der beginnenden Linsenbildung finden sich in dem Mesoderm Blutgefäße dicht an der äusseren Wand der secundären Augenblase. Erst später (beim Menschen nicht vor dem siebenten Embryonalmonate) beginnt die Pigmentbildung in den fixen Bindegewebszellen der Chorioidea (A. Rieke).

Nach vorne zu schiebt sich das Mesoderm keilförmig zwischen Epidermis und Linse vor, wird zur Anlage der Cornea und des bindegewebigen Antheiles der Iris. Die Trennung geschieht durch Auftreten eines Spaltraumes in dem vor der Linse liegenden Theile des Mesoderms (erste Anlage der Vorderkammer, achte bis neunte Embryonalwoche): Der gegen das Ektoderm zu gelegene Antheil wird zur Cornea, der linsenwärts befindliche zur Membrana pupillaris, und im Winkel, in dem sich diese beiden Theile vereinigen, liegt der mesodermatische Antheil der Iris auf dem Rande der Augenblase. In unserem Falle ist die Entwicklung des Auges nur so weit gediehen, dass zwar Sklera, Cornea und Chorioidea angelegt und mehr oder weniger ausgebildet wurden, die Differenzirung des vordersten Mesodermantheiles aber, die durch Bildung des Spaltes in demselben bewerkstelligt wird, ist unterblieben. Es liegt daher der mesodermale Theil der Cornea direct auf dem Rande der secundären Augenblase auf.

Die secundäre Augenblase (Netzhaut und Pigmentepithel).

I. Das äussere Blatt.

Dasselbe besteht auch hier aus pigmenthaltigen Zellen, unterscheidet sich jedoch bezüglich seines Aufbaues wesentlich von dem des vollständig entwickelten Bulbus. Wie bereits im allgemeinen Theile dieser Arbeit hervorgehoben, bekleidet es nur die hintere Bulbushälfte, mit Ausnahme eines Sectors, dessen Spitze in der Papille liegt, in Form einer einfachen Zelllage. In diesem Sector sowie in der ganzen vorderen Bulbushälfte erscheint es als gefaltete, intensiv schwarzbraune, krausenartige Bildung.

Während im ausgewachsenen Bulbus der Augenblasenrand bereits im vorgeschrittenen Embryonalstadium durch Eindringen des vorgeschobenen Kopfmesoderms zwischen Linse und Epidermis von der Corneoskleralkapsel sich weiter gegen die Medianlinie des Augapfels entfernt, ist hier die Umschlagstelle des äusseren in das innere Blatt nahezu in situ geblieben, was ja mit dem im früheren Capitel besprochenen Ausbleiben der Entwicklung des mesodermalen Irisantheiles zusammenhängt. Gleichwohl liegt sie noch eine Strecke

weit an der Hinterfläche des mit Epithel überzogenen vorderen Bulbusabschnittes, also der Hornhaut, und dieser Randtheil des Augenblasenbechers ist es, welcher bei makroskopischer Betrachtung als Iris imponirte. — Die colobomähnliche Bildung erklärt sich jetzt ungezwungen dadurch, dass nach unten zu die Ränder der ursprünglich hier offenen secundären Augenblase einander immer näher treten, bis sie sich endlich kurz vor dem Aequator, entsprechend dem unteren Hornhautrande vereinigen, also der Ueberrest der fötalen Augenspalte, aber nur mehr vorhanden in dem umgeschlagenen vordersten Theile derselben. Es besteht also de facto ein wahres Colobom des Augenbecherandes, oder, da aus letzterem durch Streckung durch das hineinwachsende Mesoderm die Iris wird, deren epithelialer Theil im vorliegenden Falle (vergleiche später) deutlich angelegt ist, ein Colobom der Irisanlage, der rudimentär vorgebildeten Iris. — Es ist dies eine Thatsache, die höchste Beachtung verdient, da sie dem Auge der Blindmaus eine Sonderstellung in der ganzen Reihe der Säugethieraugen anweist; denn dadurch weicht das in Rede stehende Sehorgan, das ja sonst in allen seinen Theilen auf embryonaler Stufe stehen geblieben ist, von einem typischen fötalen Auge ab; es giebt ja in der normalen Entwicklung des Säugethierauges kein Stadium, welches diesem ähneln würde; die Iris wächst doch nach Schluss der Augenspalte allseitig durch Streckung des vorderen Randes der Augenblase gegen die sagittale Bulbusachse. Hier aber ist zugleich mit, oder besser gesagt, in Folge unterbliebenen Verschlusses des vordersten Abschnittes der Augenspalte, die Anlage der Iris nicht erfolgt, und das ist kein Ausnahmefund, keine zufällige Missbildung, sondern in allen untersuchten Spalax-Augen beobachtet, die sowohl jungen als auch ausgewachsenen Thieren der Familie angehörten, bildet also für den Spalax die Norm.

Der flache Theil des äusseren Blattes¹⁾ der secundären Augenblase besteht aus einer einfachen Lage cubischer, im Flachschnitte polygonaler, mosaikartig an einander gereihter Zellen, deren Protoplasmaleib gleichmässig dicht von bräunlichgelben, gleich grossen Pigmentkörnchen durchsetzt ist. Der Kern der Zellen ist etwas oval und gut färbbar, von homogener Structur. Die Zellen liegen direct der rudimentären Choriocapillaris auf.

Die Pars plicata des äusseren Blattes der secundären Augenblase.

In der Gegend des Aequators, sowie an der Grenze des oben näher beschriebenen Sectors in der unteren Hälfte des hinteren Bulbusabschnittes

¹⁾ Für die nun folgenden detaillirten Beschreibungen mussten die Schnitte wegen des enormen Pigmentgehaltes der in Rede stehenden Gewebe vom Pigment befreit werden (Methode von Fick).

beginnen die Zellen der Pars plana grösser zu werden, und allmählich in zwei- und mehrfacher Schicht aufzutreten. Diese mehrreihige Zelllage verläuft nun nicht mehr glatt über der Choriocapillaris, sondern erhebt sich von der Unterlage in Form steiler Falten. (Taf. X, Fig. 7.) Von der Choriocapillaris und den innersten Sklerallamellen gehen feinste Fäserchen mit oblongen Kernen ab, dringen, sich dendritisch verzweigend, in die gefaltete Epithelmasse ein und geben so gleichsam die Matrix für die papillenartigen, von Epithel besetzten Gebilde ab. (Taf. X, Fig. 7f.) Zunächst dem bindegewebigen Stroma so einer Falte oder Papille liegen unregelmässig rundliche, grosse, blasige Zellen mit mächtigen, blassen Kernen und gekörntem Protoplasma; auf diese folgen runde, kleinere Zellen, die perlschnurartig an einander gereiht sind; ihre Kerne sind gut gefärbt und etwas kleiner, als die der darunter liegenden Zelllage. Diese ganze Bildung wird überzogen von einer gleichmässigen Lage flacher Zellen mit etwas vorspringenden oblongen Kernen. Letztere lässt sich nach rückwärts in die Retina verfolgen und entspricht der Pars ciliaris retinae des Menschen (vgl. später). Die papillenartigen Bildungen stehen dicht neben einander, sind vielfach gekrümmt, manchmal verzweigt, auf den Schnitten oft abgekappt und dann am Querschnitt rosettenförmig oder als Masse blasiger Zellen mit eingestreuten kleineren, stark gefärbte Kerne enthaltenden Zellen imponierend.

Die Aussenseiten zweier benachbarter Papillen stossen entweder dicht an einander, oder es sind dazwischen mehr oder weniger breite und tiefe Furchen vorhanden. In diesen fällt stellenweise eine radiäre Streifung auf, die dadurch hervorgerufen ist, dass die Zellen der oberflächlichsten Lage eine dütenförmige, am Querschnitt dreieckige Gestalt annehmen; die Contouren der Zelleiber rufen dann die oben erwähnte Zeichnung hervor. (Taf. X, Fig. 7v.) In diesen Zellen sieht man häufig bläschenförmige Hohlräume, sowie netzartige Structur des Protoplasmas. Diese Faltenbildung reicht nach vorne bis an den Rand des Augenbeckers, bis zur Umschlagstelle ins innere Blatt, welches hier jedoch nicht mehr unpigmentirt ist, sondern als eine Schicht platter Zellen erscheint, die mehr oder weniger reichlich von den gleichen Pigmentkörnchen durchsetzt sind.

II. Das innere Blatt der secundären Augenblase.

(Die eigentliche Retina.)

Entsprechend dem differenten Aussehen des äusseren Blattes, zeigt auch das innere Blatt der secundären Augenblase einen verschiedenen Aufbau. Ueber der Pars plana und genau in deren Ausdehnung sehen wir eine in ihrem Aufbau an die vollentwickelte Retina erinnernde Membran, an welcher, von innen nach aussen gezählt, folgende Schichten sich unterscheiden lassen:

1. *Membrana limitans interna* (homogene Glashaut).
2. Eine plexiforme Schicht mit spärlichen eingestreuten Zellen. Diese besitzen ein homogenes Protoplasma und runde, grosse Kerne und sind in die Maschen eines äusserst zarten Netzwerkes eingebettet. Ausläufer konnten an den Zellen nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden.

3. Eine Lage dicht an einander stehender, runder Kerne von sehr starker Tinctionsfähigkeit; bei sehr dichter Aneinanderlagerung erscheinen sie etwas abgeplattet, wobei die Längsachse senkrecht auf die innere Oberfläche der Membran steht. Zellprotoplasma nicht sichtbar. (Es ist diese Schicht offenbar ein Aequivalent der inneren Körnerschicht.)

4. Nicht gleichmässig entwickeltes (meist ganz fehlendes) Stratum, in dem die Kerne wie in 3. gestaltet sind, nur nicht so dicht stehen (Zwischenkörnerschicht).

5. Schicht äusserst eng an einander liegender, sehr stark tingirter, runder Kerne, deren Grösse hinter denen der dritten Schicht etwas zurücksteht. Keine regelmässige Anordnung, auch keine Abplattung (äussere Körnerschicht).

6. *Limitans externa*.

7. Stäbchenförmige, sehr undeutliche Gebilde, die meist in einzelne Plättchen oder körnigen Detritus zerfallen.

Gefässe und Nervenfasern sind in der Retina absolut nicht nachweisbar. An die innere Oberfläche legen sich einzelne Aeste der Glaskörpergefässe an.

Beim Uebergange der Pars plana in die Pars plicata verschmelzen die beiden Körnerschichten (3. und 5.) in eine einzige, die, immer dünner werdend, schliesslich als einfache Lage cylindrischer Zellen mit stäbchenförmigen Kernen die Pars plicata palissadenartig überzieht. In den steilen Thälern zwischen den einzelnen Papillen der Pars plicata zeigen sie die Formveränderungen, deren optischer Ausdruck die oben beschriebene Radiärstreifung ist.

In den vordersten Theilen, also gegen die Umschlagstelle des äusseren in das innere Blatt der secundären Augenblase, zeigt der eine rudimentäre Fortsetzung der Retina darstellende einfache Zellbesatz der Pars plicata eine mehr oder weniger ausgesprochene Pigmentirung, die auch an nach der Fick'schen Methode entfärbten Schnitten nicht ganz verschwindet.

Dieser Theil ist wohl zweifellos als eine Andeutung der Pars iridica retinae aufzufassen; es ist somit der epitheliale Theil der Iris in der Anlage wenigstens in Spuren vorhanden in Form einer doppelten Lage pigmentirter Zellen, die Abkömmlinge beider Blätter der secundären Augenblase darstellen. Die starke Faltung dieser Partie ist wohl am einfachsten dadurch zu erklären, dass die normaler Weise erfolgende Streckung durch Vorwuchern des eingeschobenen Kopfmesodermanteiles hier in Folge totalen Mangels desselben unterblieben ist, resp. nicht hat stattfinden können.

Die Netzhaut des *Spalax typhlus* zeigt, wie wir oben gesehen haben, zwar schon eine deutliche Schichtung, doch lässt sich ihr Stehenbleiben auf embryonaler Entwicklungsstufe nicht verkennen.

Die Körnerschicht, die eigentliche Keimschicht der Retina, nimmt den weitaus grössten Theil des Querschnittes ein, ist aber

noch nicht durchwegs in eine innere und äussere Lage mit eingeschalteter Zwischenschicht differenzirt. Noch weniger ist die innere granulirte Schicht ausgebildet. Die Körnerschicht grenzt vielmehr an eine Lage plexiformen Gewebes mit eingestreuten grossen Zellen, es ist dies die Anlage der Ganglienzellenschicht, der ältesten Tochtergeneration, der sich von aussen nach innen durch mitotische Vermehrung aus dem inneren Blatte der secundären Augenblase bildenden Retina. — An sie schliesst sich direct die *Limitans interna* an, so dass von einer Nervenfaserschicht nicht einmal eine Andeutung vorhanden ist.

Auffallend ist die wenigstens in Rudimenten vorhandene Stäbchenschicht, eine Thatsache, die in bemerkenswerthem Gegensatze zu der allgemein herrschenden Theorie steht, dass die Zapfen und Stäbchen sich bei blindgeborenen Thieren, wie z. B. Katzen und Kaninchen, erst einige (acht bis neun) Tage post partum, kurz vor Eröffnung der Lidspalte, nachweisen lassen. Allerdings kann hier auch noch nicht von wohl ausgebildeten Stäbchen und Zapfen die Rede sein, aber man sieht deutlich nach aussen von der *Limitans externa* zapfenförmige Auswüchse, die sich in reihenweise angeordnete korn- oder plattenförmige Gebilde auflösen, oft nur solche zwischen *Limitans externa* und Pigmentepithel.

Die Linse.

Sie stellt einen hohlen Sack dar, der fast das ganze Bulbusinnere ausfüllt. Vorne legt er sich direct der Hornhauthinterfläche an (nur auf ganz wenigen Schnitten ist er von ihr durch einen capillaren Spalt getrennt, der eine homogene Masse enthält); seitlich reicht er bis an die Kuppen der Falten der *Pars plicata*, und rückwärts berührt er grösstentheils die allerdings an sämmtlichen Präparaten offenbar durch die Härtung abgehobene Retina. In Folge dieser Anpassung an die Umgebung hat die Linse auch keine constante Form, doch lässt sich im Allgemeinen eine mehr oder weniger kugelige Gestalt annehmen.

Die äussere Begrenzung der Linse wird in der vorderen Hälfte von einer stark lichtbrechenden, dünnen, homogenen, glasigen Membran gebildet, die nach der Lichtung des Sackes zu von einer einfachen Lage platter Zellen bedeckt ist. (Taf. X, Fig. 5 E.)

An der hinteren Oberfläche des Linsensackes lässt sich eine homogene Kapsel nicht deutlich beobachten. Die Abgrenzung gegen den Glaskörper bildet vielmehr ein dichtes Netz feinsten Capillarröhrchen, deren Wand von einem einschichtigen, platten Endothel gebildet ist, und die sich so mannigfach verflechten, dass auf Flachschnitten das Bild eines Pilzmycels nachgeahmt wird. (Taf. X, Fig. 5 c u. 6.) Es ist dies die nur im Embryonalleben vorfindliche gefässhaltige Linsenkapsel, die von den Endverzweigungen der *Arteria hyaloidea* gebildet wird; thatsächlich können wir auch hier diese

Capillaren in die Aeste des Gefässes verfolgen, das vom Augensstiele aus den Glaskörperraum durchzieht. Der vordere Theil der gefässhaltigen Linsenkapsel, die Membrana pupillaris, fehlt in unserem Falle, wie oben beschrieben, vollständig, was ja beim Fehlen einer bindegewebigen mesodermalen Irisanlage selbstverständlich wird.

Das einschichtige, wohlausgebildete Epithel, das die vordere homogene Linsenkapsel bekleidet, wird in der Aequatorgegend in Form und Grösse unregelmässig und vielschichtig. Die Zellen quellen auf, ihre Leiber werden unregelmässig zackig und spindelig, in ihrem Protoplasma treten Vacuolen auf, so dass „bläschenzellen“-artige Gebilde entstehen, die Kerne werden grösser, von netzförmiger Structur, blass und sind oft ganz geschwunden. (Taf. X, Fig. 5 r.) Gegen die Lichtung des Sackes löst sich die ganze Zellmasse in Detritus auf. Es ist dies ein Bild, das lebhaft an die cataractös degenerirte menschliche Linse erinnert. Von Linsenfasern oder beginnendem Auswachsen der Zellen zu Spindeln und Fasern ist auch nicht eine Andeutung vorhanden. Wir haben also hier ein Stadium der Entwicklung vor uns, wie es nur in den ersten Zeiten des Embryonallebens beobachtet wird.

Der Glaskörper.

Der zwischen Retina und hinterer Linsenfläche gelegene Raum ist von einer structurlosen Masse ausgefüllt, die von der Arteria hyaloidea und ihren Zweigen durchzogen wird, und in welcher sehr spärliche Zellen verstreut liegen, die den Charakter der embryonalen Bindegewebszellen tragen und in der Umgebung der Gefässe zahlreicher, oft mantelartig angeordnet sind. (Taf. X, Fig. 9 g u. 10 g.)

Die Papille.

Die äusserst complicirten und von der Norm in vielen wesentlichen Punkten abweichenden Verhältnisse dieser wichtigsten Stelle des Bulbus lassen sich nur dann richtig auffassen und dem Verständnisse des Lesers zuführen, wenn sie von Schnitt zu Schnitt genau verfolgt werden. Es soll daher zunächst eine Serie von Horizontal- und Verticalschnitten durch die Papille im Detail beschrieben und hierauf versucht werden, durch Zusammenstellung der Einzelbefunde ein Uebersichtsbild zu entwerfen.

Wir beginnen mit einer Aufeinanderfolge von Horizontalschnitten, und beschreiben dieselben in der Reihenfolge von oben nach unten.

Schnitt 1 (unmittelbar oberhalb der Papille). Sklera und einschichtige Lage von Pigmentepithel verlaufen in continuo. Die Netzhaut haftet an umschriebener Stelle medial vom hinteren Pole am Pigmentepithel und ist sonst in toto bis zum Beginne der Pars plicata abgehoben. An der Anheftungsstelle fehlt die Stäbchenschicht.

Schnitt 2. Die Sklera zeigt medial vom hinteren Pole des Bulbus einen Defect, dadurch gebildet, dass ihre innersten Lamellen scharf, wie abgeschnitten, aufhören, die äusseren jedoch nach rückwärts umbiegen und in die äussere Umhüllung des Augensstieles übergehen. (Taf. X, Fig. 8.) Das die innere Oberfläche der Sklera überziehende Pigmentepithel weist ebenfalls eine Unterbrechung auf, die an der temporalen Seite früher beginnt,

als das Loch in der Sklera, nasalwärts mit dessen Rande zusammenfällt. Die Reihe der Pigmentepithelzellen geht jederseits in die Netzhaut direct über in der Art, dass die Zellen allmählich ihr Pigment verlieren, immer mehr cylindrische Form annehmen. Am Scheitel der Umschlagstelle sind sie in mehrfacher Lage vorhanden, werden wieder mehr rundlich, sehr protoplasmaarm und stehen dicht gedrängt und werden so in sehr kurzem Uebergang zur breiten Körnerschicht der Retina. Die Membrana limitans externa, sowie die stäbchenförmigen Gebilde endigen an der Umschlagstelle. Die plexiforme Schicht der Netzhaut wird gegen die Sklera zu immer mächtiger und zellreicher, so dass die Membrana limitans interna der temporalen und der nasalen Seite bereits eine Strecke oberhalb des Skleralniveaus zur Berührung kommen und als solche noch bis zum Sklerallocke zu verfolgen sind. Dieses selbst ist ausgefüllt von einer durch Vereinigung beider plexiformen Schichten gebildeten Zellmasse: in einem äusserst zarten Reticulum liegen Zellen mit grossen, blassen, oblongen Kernen. Nach dem Durchtritt durch die Sklerallücke lässt sich dieser Zellcomplex eine Strecke weit nach rückwärts in den Augensiel verfolgen, wobei er immer schmaler wird. Nasal von ihm treten im Augensiele die Kuppen einiger arterieller Gefässe in Erscheinung.

Schnitt 3. Der Uebergang des Pigmentepithels in die Retina wie am vorigen Schnitte.

Die Sklera zeigt zwar keinen Defect ihrer inneren Oberfläche, wohl aber liegt knapp unter derselben in ihrer Substanz ein ovaler, scharf abgegrenzter Hohlraum, der von dem gleichen plexiformen Gewebe ausgefüllt ist, wie das Sklerallock im Schnitt 2. Hier ist offenbar der im Augensiel liegende Zellcomplex (Schnitt 2) abgekappt. Im Augensiele erscheint wie der der axiale Zellstrang, diesmal aber ohne Zusammenhang mit der Ausfüllungsmasse des Skleralhohlraumes; nasal von ihm ebenfalls Gefässquer- und Schiefschnitte.

Schnitt 4. Zeigt im Allgemeinen dieselben Verhältnisse wie Schnitt 3; nur ist der von der Fortsetzung der vereinigten plexiformen Schichten erfüllte Hohlraum in der Sklera kleiner, die vor ihm liegende Skleralbrücke breiter. Im Augensiele selbst keinerlei Fortsetzung der Zellmasse mehr zu finden, dagegen zahlreiche Quer- und Längsschnitte von arteriellen und venösen Gefässen.

Schnitt 5. Die Sklera bildet in ihrer vollen Dicke die hintere Bulbuswand. Das Pigmentepithel zeigt denselben Defect und geht ebenso in die Netzhaut über. Die plexiforme Schicht ist viel dünner, als auf den früheren Schnitten, und endet noch oberhalb des Skleralniveaus. Zwischen der Limitans interna des temporalen und nasalen Netzhautursprungs liegt die Sklera in einer beträchtlichen Strecke vollständig frei gegen den Glaskörperraum und hat hier etwas lockereres Gefüge. (Taf. X, Fig. 9.) In der Mitte dieses Bezirks sind in der Sklera Arterien und Venen sichtbar, welche einerseits nach rückwärts in den Augensiel zu verfolgen sind, andererseits über die freie Oberfläche des Bulbusinneren heraustretend in zahlreiche kleine Aeste sich auflösen, an die Hinterfläche der Linse gelangen und daselbst zur gefässhaltigen Linsenkapsel werden. Um die Gefässe herum sind besonders in der Nähe der Sklera einzelne mit Ausläufern versehene Glaskörperzellen sichtbar.

Schnitt 6. Zeigt die gleichen Verhältnisse, nur weniger Gefässe im freiliegenden Skleralbezirke.

Schnitt 7. Das Pigmentepithel überzieht die innere Oberfläche in continuo, zeigt jedoch entsprechend dem in den früheren Schnitten freigelegenen Skleralbezirke einen Pigmentmangel. (Taf. X, Fig. 10.) Ueber dieser Partie liegt eine zweite Schicht cubischer, unpigmentirter Zellen, die jederseits in die Körnerschicht der Retina übergeht. Ueber ihr liegt eine schmale Zone plexiformen Gewebes. Natürlich ist hier kein Uebergang des Pigmentepithels in die Körnerschicht der Retina mehr sichtbar, wie auf Schnitt 2—7.

Schnitt 8. Derselbe Befund.

Schnitt 9. Die unpigmentirte Partie des Pigmentepithels ist wesentlich kürzer, sonst wie auf Schnitt 7 und 8.

Schnitt 10 und 11. Die unpigmentirte Partie wird immer kürzer, hat welligen Verlauf, die einzelnen Zellen cylindrisch, die Kerne näher dem inneren Rande.

Schnitt 12. Entsprechend der Mitte des hinteren Bulbusabschnitts tritt die Pars plicata des äusseren Blattes auf, über ihr liegt eine einfache Lage cylindrischer Zellen (Pars ciliaris retinae). Zu beiden Seiten eine kurze Strecke einschichtigen Pigmentepithels, darüber ausgebildete Retina.

Schnitt 13 u. ff. Die Pars plicata nimmt zu auf Kosten der beiderseitigen Partes planae.

Verticalschnitte durch die Papille.

(Die Serie beginnt nasal, am Rande der Papille.)

Schnitt 1 und 2. In der oberen Bulbushälfte reicht die Pars plicata bis ungefähr zum Aequator, in der unteren Hälfte dagegen ist sie nahezu dreimal so lang und wird plötzlich zu einer einfachen Lage unpigmentirter Zellen, um dann annähernd in der Horizontalebene in die pigmentirte Pars plana der oberen Bulbushälfte überzugehen. Kurz vor Beginn der Pars plana wird die Pars ciliaris retinae zur mehrschichtigen Retina.

Schnitt 3. Enthält bereits den nasalen Rand der Papille. Die mehrfach gewellte Lage des Pigmentepithels in der unteren Bulbushälfte wird einschichtig, die Zellen verlieren allmählich das Pigment, werden cylindrisch und gehen, wieder der cubischen Gestalt sich nähernd, vor dem unteren Papillenrande direct im Bogen in die Körnerschichten der Netzhaut über (ähnlich wie früher auf den Horizontalschnitten). Auf der oberen Seite schlägt sich die einfache Pigmentepithellage ebenfalls direct in die Netzhaut um. Zwischen der oberen und unteren Umschlagstelle liegt die Sklera eine kurze Strecke weit bloss.

Schnitt 4. Die Pars plicata rückt immer näher an den unteren Papillenrand heran, das blossliegende Stück der Sklera wird grösser. Im Augenstiele kommen gewundene Arterien und Venen zum Vorschein, die sich bis in die oberflächlichsten (innersten) Sklerallamellen verfolgen lassen und daselbst, nach beiden Seiten umbiegend, in der Sklera sich verzweigen. Die plexiforme Schicht der Retina zeigt an der oberen Seite des freiliegenden Skleralbezirks eine Anschwellung.

Schnitt 5. Der untere Papillenrand weist den gleichen Befund auf.

Am oberen Rande geht die in Schnitt 4 beschriebene Anschwellung der plexiformen Schicht in die Sklera hinein, welche hier eine Unterbrechung ihrer Continuität aufweist. Diese Lücke ist jedoch nur in ihrer oberen Hälfte von dem plexiformen Gewebe ausgefüllt, in der unteren liegt ein Gefässconvolut, die Fortsetzung der Augenstielgefässe, von denen einige kleine Aestchen durch die Netzhaut hindurchtreten. (Taf. X, Fig. 11.)

Schnitt 6. Im Augenstiel sieht man dorsal von den Gefässen eine nach rückwärts dünner werdende Fortsetzung der plexiformen Schicht.

Schnitt 7. Die Sklera liegt zwischen den beiden Umschlagstellen der secundären Augenblase nicht mehr frei, sondern sie ist von einer am Durchschnitt dreieckigen Zellmasse bedeckt, welche die Structur der plexiformen Netzhautschicht zeigt und auch mit dieser oben zusammenhängt. (Nach unten von der Papille ist ja, wie schon bei Schnitt 4 erwähnt, nur mehr Pars plicata und Pars ciliaris retinae vorhanden.) Von dieser Zellmasse geht ein Fortsatz eine ziemliche Strecke weit in den Augenstiel hinein, wo er dorsal von den Gefässen liegt.

Schnitt 8. Das Loch in der Sklera ist von einigen Fasern der innersten Lamellen überbrückt. Die kolbige Anschwellung der plexiformen Schicht ist mächtiger, ihr Fortsatz im Augenstiele etwas schwächtiger, aber länger.

Schnitt 9. Der intra- und extraoculare Fortsatz der plexiformen Schicht durch die in continuo verlaufende Sklera geschieden. Im Augenstiele keine Gefässe mehr sichtbar.

Schnitt 10. Von der dorsalen Umschlagstelle entwickelt sich eine vollschichtige Retina, die aber bald eine Wucherung der Körnerschichten mit Höhlenbildung zeigt und einen grossen Zellballen bildet, der, im Glaskörper liegend, in die Körnerschicht der oberen Retinalhälfte übergeht. Die ganze Zellmasse ist sowohl auf der dem Glaskörper, als auch der der Sklera zugewendeten Seite von einer schmalen plexiformen Schicht überkleidet. Hier geht sie in eine Anhäufung derselben über, welche bis zum Skleralniveau reicht und zwischen den Skleralfasern hindurch einen kurzen Fortsatz in den Augenstiel entsendet.

Schnitt 11. Wie Schnitt 1.

Der Augenstiel.

Derselbe stellt, wie sich aus den Längsschnitten, die gleichzeitig mit der Papille besprochen wurden, und den Querschnitten ergibt, ein strangförmiges Gebilde dar, dessen bindegewebige Hülle in die äusseren Skleralschichten continuirlich übergeht. (Taf. X, Fig. 12.) Innerhalb derselben liegt ventral ein Bündel arterieller und venöser Gefässe (Fig. 12g), dorsal eine Masse grosser, ovaler, in lockeres, zart netzförmiges Gewebe eingebetteter Zellen, die sich direct in die innerste Netzhautschicht verfolgen lassen. (Taf. X, Fig. 12o.) Dieser Zellstrang, der nur im distalen Theile des Augenstiels auffindbar ist, stellt zweifellos einen Rest des embryonalen zelligen Opticus, resp. des primären hohlen Augenblasenstiels dar, der so wie die an ihn anschliessende Retina jeder Nervenfaserverwicklung entbehrt.

Reconstruiren wir aus der Schnittserie ein Bild der Eintrittsstelle des Augenstiels und ihrer Umgebung, so ergibt sich folgende Figur.

Die eigentliche Papille besteht aus zwei über einander liegenden, histologisch vollständig differenten Abschnitten: dorsal tritt der embryonale Opticus durch ein Loch in der bindegewebigen Bulbuskapsel ins Augeninnere (*a*) und geht da in die innersten Netzhautschichten über, ventral dringen die Centralgefäße als selbständiges, in sich abgeschlossenes Bündel zwischen den Skleralfasern (*b*) in den Glaskörperraum ein, durchziehen denselben und endigen, in ein Netz feinsten Capillaren aufgelöst, als gefäßhaltige hintere Linsenkapel.

Fig. 5.

Wir haben also hier zunächst ein Colobom des Opticus vor uns.

Ventral von der Papille liegt in einem schmalen Bezirke die Sklera vollständig frei (*c*) und grenzt unmittelbar an den Glaskörper. — Nach unten zu folgt eine sichelförmige Partie *d*, in welcher das äussere Blatt der secundären Augenblase pigmentlos oder sehr pigmentarm ist, die daher ophthalmoskopisch als „Sichel nach unten“ erscheinen würde. Sie ist ringsum von dem Ende der spornartigen Fortsetzung des Ciliarkörpers (der Pars plicata mit der sie bedeckenden rudimentären Pars ciliaris retinae) umschlossen, während die eigentliche Papille sowie das ventral an sie grenzende freiliegende Skleralstück im Gebiete der normal differenzierten Augenblase liegt¹⁾.

Somit liegt hier eine weitere Missbildung vor, nämlich der unterbliebene Verschluss des proximalsten Theiles der fötalen Augenspalte, es ist in der secundären Augenblase eine Lücke dauernd offen geblieben, die nur von der bindegewebigen Bulbuskapsel bedeckt ist.

Eine dritte angeborene Bildungsanomalie endlich besteht in der „Sichel nach unten“, einem Befunde, der sich mit dem von Salzmann am menschlichen Auge erhobenen im Wesentlichen deckt. Die von ihm gegebene Erklärung wird durch unsere Präparate, die wohl mit Recht die Bedeutung embryologischer beanspruchen können, entschieden gestützt, wenn nicht zur Gewissheit erhoben, da sie die einzig mögliche Deutung der Verhältnisse giebt. Sie sei daher an der Hand unserer Befunde kurz recapitulirt.

Salzmann fand, dass der „Sichel nach unten“ ein Defect des

¹⁾ Irrthümlicherweise reicht auf der Textfigur die schwarz wiedergegebene Partie, welche dem Ende des Sporns entspricht, nur bis an den unteren Rand der „Sichel nach unten“, während sie, wie aus dem Texte ersichtlich, die ganze Sichel umfassen soll.

Pigmentepithels zu Grunde liege, der durch eine Duplicatur der Netzhaut ausgefüllt wird, und zwar zeigt das umgeschlagene Stück der Netzhaut rudimentäre Entwicklung seiner natürlich verkehrt liegenden Schichten, sowie Uebergang derselben in das Pigmentepithel, wie er sich treffend ausdrückt: ein Ektropium des inneren Blattes der secundären Augenblase, denn er erklärt diese Anomalie durch eine bei länger bestehendem Offenbleiben der Augenspalte erfolgende Verschiebung des inneren Blattes gegen das äussere. Diese der ganzen Deutung zu Grunde liegende Hypothese des unterbliebenen Schlusses der fötalen Augenspalte ist in unserem Falle durch das Colobom des Opticus und die zwischen ihn und die Sichel nach unten intercalirte freiliegende Skleralpartie unwiderleglich sicher gestellt. Ebenso deckt sich aber der Befund Salzmann's mit unserem, *mutatis mutandis*. Während dort die Sichel an normal ausgebildete Netzhaut grenzte, liegt sie hier in einem vorgeschobenen Sporn des Ciliarkörpers, welcher von der zu einer einschichtigen Zelllage umgewandelten Retina bedeckt wird. Wir sehen dementsprechend die im Bereiche der Sichel vorhandene Lücke des Pigmentepithels von dieser modificirten Fortsetzung der Retina gedeckt. Das umschriebene Fehlen des Pigmentepithels bei normaler Ader- und Netzhaut wurde von Pause in einem anatomisch untersuchten Falle von Colobom der Iris und des Ciliarkörpers in den der Spaltbildung entsprechenden Meridianen gefunden und als partielle Leukosis des Pigmentepithels bezeichnet. Manz wies jedoch darauf hin, dass dies der geringste Grad von Spaltbildung des Augapfels sei, aus der frühesten Entwicklung des Auges stamme und zwanglos die Fälle erkläre, in denen bei Coloboma chorioidea kein Ausfall im Gesichtsfelde zu finden sei. — Wir könnten demgemäss die in unserem Falle an einen effectiven Spalt der Augenblase grenzende Sichel als Andeutung eines Coloboms auffassen, das durch Wucherung des inneren Blattes ausgefüllt ist und den daran anschliessenden Fortsatz der Pars plicata mit der einfachen Deckschicht der Pars ciliaris retinae als Rudiment eines Coloboms deuten, dessen Ausfüllung durch eine Wucherung des äusseren Blattes erfolgte. Für das zwischen der Sichel und dem Bündel der Centralgefässe freiliegende Skleralstück fehlt in der Literatur ein äquivalenter Befund; eine gewisse Aehnlichkeit damit zeigen jedoch die ophthalmoskopischen Beobachtungen Salzmann's und Brixia's. Diese beruhen im Wesentlichen darauf, dass im Anschluss an eine Sichel nach unten die Netzhaut, wie sich aus dem Verlaufe von Gefässen,

besonders Venen, ergab, eine Tasche bildete. Es war also am Grunde dieser Tasche die Sklera von der Nervenfaserschicht bekleidet; in unserem Falle ist diese Schicht überhaupt nicht zur Entwicklung gelangt, die Sklera somit ganz freigelegt.

Zum Schlusse wollen wir noch versuchen, den spornartigen Fortsatz der Pars plicata nach rückwärts gegen die an den unteren Papillenrand grenzende Sichel zu erklären. Wir müssen da zunächst der Befunde Erwähnung thun, die Bock (Die angeb. Colobome des Augapfels) und jüngst auch Hess (Arch. f. Augenheilk. XLI. 1) an missgebildeten menschlichen und Schweinsaugen erhoben und abbilden. Eine gleiche Zeichnung, sowie das dazu gehörige mikroskopische Präparat befinden sich in der Sammlung des Herrn Hofrathes Prof. Fuchs. In allen diesen Fällen zeigt der Ciliarkörper in den Meridianen, in welchen das Colobom der Iris und der Chorioidea liegt, eine spornförmige, nach rückwärts gegen das Aderhautcolobom spitz zulaufende Verlängerung, also ein dem unseren höchst ähnliches, wenn nicht mit ihm identisches Verhalten.

Es scheint uns nun die Annahme viel Wahrscheinlichkeit für sich zu haben, dass diese Anomalie dadurch entsteht, dass bei unterbliebener Vereinigung der vordersten Theile der einander zugekehrten Augenspaltenränder zur Deckung des Defects die Umschlagstellen des Augenspalten- in den Augenbecherrand herbeigezogen wurden, was natürlich nur dadurch möglich war, dass diese nach rückwärts gezogen werden. — So würde sich einerseits die nach unten spitz zulaufende Form des Augenbecherrandes (in der Vorderansicht), andererseits auch der Sporn des Ciliarkörpers zwanglos erklären.

Dass endlich durch die vorliegenden Untersuchungen die in letzterer Zeit namentlich durch Hess' Arbeiten schwer gefährdete „Entzündungstheorie“ der Colobome ad absurdum geführt ist, bedarf wohl keines ausführlicheren Beweises.

Wien, Juni 1900.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. X, Fig. 1—12.

Fig. 1. Verticalsechnitt durch den Bulbus und seine nächste Umgebung (seitlich von der Papille, entsprechend der Linie *aa*, auf Textfigur 2).

A = Ausstrahlung der Bulbuskapsel in das subconjunctivale Bindegewebe.

*A*₁ = Ausstrahlung der Bulbuskapsel in die Septen der Orbitaldrüse.

Bs = Bindehautsack.

Cj = Conjunctivalepithel.

Co = Cornea.

Dr = Orbitaldrüse.

- $\left. \begin{array}{l} P_1 = \text{Pars plana} \\ P_2 = \text{Pars plicata} \end{array} \right\} \text{ des äusseren Blattes der secundären Augenblase.}$
 $R = \text{Retina.}$
 $L = \text{Linse.}$
 $S = \text{Sklera.}$
- Fig. 2. } Horizontalschnitte durch den Bulbus. (Die Schnittebenen entsprechen
 Fig. 3. } den Linien bb_1 und cc_1 auf Textfigur 1.)
 $Bk = \text{Bulbuskapsel.}$
 $\left. \begin{array}{l} P_1 = \text{Pars plana} \\ P_2 = \text{Pars plicata} \end{array} \right\} \text{ des äusseren Blattes der secundären Augenblase.}$
- Fig. 4. Pigmentepithel (Pars plana) mit darunter liegender rudimentärer Chorio-
 capillaris theilweise entpigmentirt.
 Fig. 5. Theil des Linsenbläschens.
 $E = \text{Epithel und Linsenkapsel.}$
 $Ae = \text{Aequator; daselbst Uebergang des regelmässigen Epithels in die degene-}$
 rirten Zellen an der Rückwand des Linsenbläschens, einige davon mit
 Vacuolen (V).
 $C = \text{Capillaren der gefässhaltigen hinteren Linsenkapsel.}$
- Fig. 6. Flächenschnitt durch den hinteren Linsenpol. Capillaren mit dazwischen
 gelagerten Zellen.
 Fig. 7. Pars plicata und Irisanlage. (Entpigmentirter Schnitt.)
 $Li = \text{Linse.}$
 $Sc = \text{Sklera.}$
 $f = \text{feinste Bindegewebssäserchen, welche von der Sklera in die Falten der}$
 Pars plicata ausstrahlen. (Rudiment des bindegewebigen Stromas des
 Ciliarkörpers und der Iris.)
 $I = \text{Anlage der Iris.}$
 $r = \text{radiäre Streifung in den Thälern der Pars plicata.}$
 $p. c. r. = \text{Pars ciliaris retinae.}$
- Fig. 8. Horizontalschnitt durch die Papille (entspricht Schnitt 2 der Serie).
 $Sc = \text{Sklera.}$
 $P = \text{Pigmentepithel.}$
 $Z = \text{Rudimentäre Stäbchen- und Zapfenschicht.}$
 $Le = \text{Limitans externa.}$
 $K = \text{Körnerschicht.}$
 $pl = \text{plexiforme Schicht.}$
 $Li = \text{Limitans interna.}$
 $O = \text{embryonaler Opticus.}$
 $G = \text{Gefässe des Augenstieles.}$
- Fig. 9. Horizontalschnitt durch die Papille, entsprechend dem freiliegenden Skleral-
 bezirke (Schnitt 5 und 6).
 Fig. 10. Horizontalschnitt durch die „Sichel nach unten“. — (Schnitt 7 und 8.)
 Fig. 11. Verticalschnitt durch die Papille und die Sichel nach unten. (Schnitt 5
 der Serie.)
 Fig. 12. Querschnitt durch den Augenstiel.
 $o = \text{embryonaler Opticus (dorsal).}$
 $g = \text{Querschnitte durch das Bündel der Centralgefässe (ventral).}$
 In Zeichnung 7 (Tafel X) ist irrthümlicherweise einmal statt r ein n .